

مجلة جامعة البعث

سلسلة العلوم الهندسية البترولية والكيميائية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 46 . العدد 2

1445 هـ - 2024 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مدير مكتب مجلة جامعة البعث

د. إبراهيم عبد الرحمن

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

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

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

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

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

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

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
36-11	م. حلا المصطفى د. زياد سفور د. خلدون يوسف	دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل و مقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة
58-37	د. عدنان الشيخ حمود	استنتاج عامل الاحتكاك الطولي للأنايب باستخدام مفاهيم إحصائية
96-59	د. رمضان عطرة د. بدور عجب م. علي دردر	دراسة الشروط المثلى لتصنيع اللبن الرائب بإضافة حليب الفول السوداني
122-97	د. عدنان الشيخ حمود	دراسة التأثير الهيدروليكي للزوجة المحلول البوليميري على إنتاجية جهاز الغزل بالنفخ
150-123	د. محمد تركاوي د. زياد سفور م. مروه سيفو	دراسة إمكانية استخدام بعض المواد الرابطة لإنتاج قماش غير منسوج

دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل و مقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة

م. حلا المصطفى¹

د. م. زياد سفور²

د.م. خلدون يوسف³

- 1- طالبة دكتوراه- قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية الهندسة الكيميائية والبترولية-جامعة البعث
- 2- استاذ مساعد -قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية الهندسة الكيميائية والبترولية- جامعة البعث
- 3- استاذ مدرس- قسم هندسة الغزل والنسيج- كلية الهندسة الكيميائية والبترولية- جامعة البعث

ملخص البحث

المعالجات النهائية للمنسوجات من أهم العمليات التي تعمل على تحسين مواصفات القماش ولكنها تؤثر في الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة المنسوجة. في هذه الدراسة تم تحضير محلول معالجة ضد اللهب ومستحلب من شمع البرافين لمقاومة البلل وتطبيقها على أصناف متعددة من الأقمشة القطنية باستخدام آلية (عمر- تجفيف- تعتيق) ودراسة تأثير هذه المعالجات في بعض الخواص الفيزيائية (المسامية، السماكة،...) والميكانيكية (الاحتكاك، التمزق، قوة الشد، الصلابة...) للأقمشة. أظهرت النتائج انخفاض نفوذية الهواء للأقمشة المعالجة (مقاومة للبلل ومقاومة للهب) مقارنة مع القماش المرجعي (مبيض مزال النشاء من دون معالجة). إضافة إلى ازدياد سماكة وصلابة الأقمشة المعالجة ضد البلل وضد اللهب مقارنة مع القماش المرجعي.

أظهرت النتائج أيضاً ازدياداً في مقاومة الأقمشة للاحتكاك بالنسبة للقماش المعالج ضد البلل وانخفاضها بالنسبة للقماش المعالج ضد اللهب، وكذلك ازدياد مقاومة الأقمشة للتمزق بالنسبة للأقمشة المعالجة ضد البلل وانخفاضها بالنسبة للأقمشة المعالجة ضد اللهب مقارنة مع القماش المرجعي، إضافة إلى انخفاض في قوة شد للأقمشة المعالجة ضد البلل وضد اللهب مقارنة مع القماش المرجعي.

كلمات مفتاحية: المعالجة النهائية، مقاومة البلل، مقاومة اللهب ، الأقمشة

القطنية ، الخواص الفيزيائية والميكانيكية

Study of the Effect of Some Finishing Processes to Fabrics (Water Replent and Flame Retardant) on Some Physical and Mechanical Properties of Fabrics

Hla almostafa

Dr.Ziad saffour

Dr.khaldon yousef

Abstract

The finishing processes of textile is one of some important processes that improve the Properties of fabrics, but it effects on the physical and mechanical properties of Woven fabrics. In this study, A flame retardant solution and paraffin wax emulsion were prepared, and applied on different types of Cotton woven fabric by using the (pad-dry-cure) technique, and studying the effect of this finishing process on physical (porosity, thickness...) and mechanical properties (friction, tearing, tensile, stiffness ...) for fabrics.

The results showed a decrease in the porosity of the finished process fabrics (water repellent, flame retardant), compared with the reference fabric (bleach and desired without treatment). In addition to increase in the thickness and the stiffness of the water repellent and flame retardant fabrics compared with the reference fabric. The results also showed an increase in the resistance of the fabrics to friction for the water replant fabrics and decrease on flame retardant fabrics, as well as the increase in resistance of fabrics to tearing in water replant fabrics and a decrease for flame retardant fabrics compared with the reference fabric. In addition a decrease in tensile strength in water replant fabrics and flame retardant fabrics compared with the reference fabric

Keyword: Finishing Processes, Water Repellent, Flame Retardant, Cotton Fabrics, Physical and Mechanical Properties.

1- مقدمة :

تعتبر المعالجة النهائية واحدة من أهم العمليات المطبقة على المنسوجات فهي تمنح الأقمشة مظهرها النهائي وخواصها المطلوبة. خلال تاريخ البشرية كان تطور المعالجة النهائية للأقمشة ووظائفها كبيراً، وحالياً فإن التحسن في معايير الحياة يتطلب إنتاج أقمشة بوظائف جديدة نظراً للاحتياجات المتغيرة مثل تأمين الراحة الفيزيولوجية للإنسان خلال ظروف العمل الصعبة كما في ملابس العمل الخارجي ولباس الرياضة، وكذلك تطوير أقمشة قادرة على التحكم بالحرارة وأقمشة ذاتية التنظيف ومقاومة للبلل ومؤخرة للهب وغيرها. تتضمن المعالجة النهائية للمنسوجات عمليات المعالجات الميكانيكية مثل الصقل، القص (shearing)، تلميع وغيرها [1]، كذلك تتضمن المعالجات النهائية بعض المعالجات الكيميائية كتطبيق بعض المواد الكيميائية التي تتناسب القماش كمقاومة للبلل والبقع. تعمل كل هذه العمليات على تحسين نوعية القماش، وتضفي عليه مظاهر خاصة و تجعله مناسباً للاستخدام، وكذلك مقاوم لمختلف العوامل كالغسيل المتكرر والعصر وغيرها [2].

قام الباحثون S Faheem, V Baheti وآخرون بتطوير منسوجات مثبتة للهب للوقاية من إصابات الحروق من الدرجة الثانية، حيث تم تطبيق تراكيز مختلفة من معلق الكازين على الأقمشة القطنية و تم فحص خصائصها الحرارية والسلوك المثبط للهب بالإضافة إلى الراحة الفيزيولوجية. أظهرت النتائج أنه لا يوجد انخفاض كبير في نفوذية الهواء عند تركيز منخفض للكازين وعند زيادة تركيز الكازين تم انخفاض النفوذية بنسبة من 70 إلى 80%، إضافة إلى ازدياد صلابة القماش مع ازدياد تركيز الكازين، وازدادت قوة الشد كما انخفضت قوة القص للقماش المعالج [8].

في عام 2023 قام كلا من الباحثين S Kim, JE Kim, DE Song باستخدام أنواع مختلفة من طاردات الماء التي تعتمد على الفلور والشمع والسيليكون وتطبيقها على

الأقمشة القطنية ودراسة مقاومة البلل والخواص الفيزيائية والميكانيكية مثل السماكة، الوزن، قوة الشد، الاستطالة، الصلابة للأقمشة القطنية المعالجة، وتوصلوا إلى أنه تزداد السماكة والوزن والصلابة بازدياد عدد طبقات المادة الطاردة للماء مما يقلل الراحة. وفقاً لهذه الدراسة ازدادت هذه الخصائص بشكل طفيف بالنسبة للعامل الطارد المعتمد على الفلور والسليكون بينما ازدادت بشكل كبير بالنسبة للعامل الطارد المعتمد على الشمع [10].

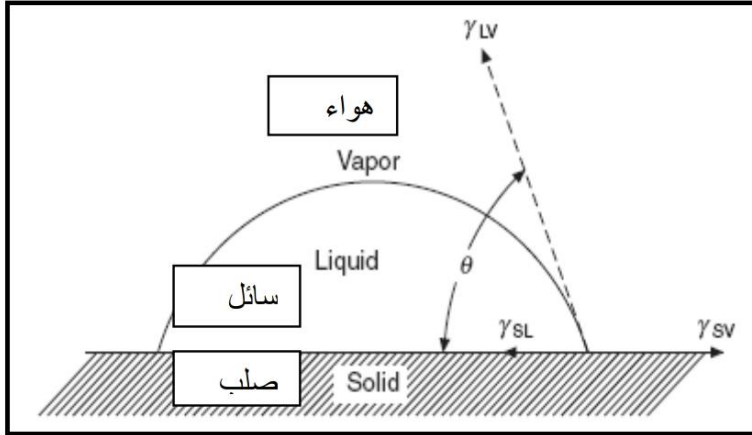
حصل العامل الطارد المعتمد على الشمع على أعلى قدرة على طرد الماء من السيليكون والفلور. أما بالنسبة للاستطالة تزداد مع ازدياد طبقات الفلور والسيليكون وتزداد بالنسبة للشمع حتى ثلاث طبقات وبعدها تتخفف.

تم التركيز في هذا البحث على إنتاج أقمشة مضادة للماء ومؤخرة للهب ودراسة تأثير عمليات المعالجة على الخصائص الفيزيائية (سماكة ، مسامية...) والخصائص الميكانيكية (التمزق، الشد، الاحتكاك...) [5] [7].

1-1- آلية مقاومة البلل :

يمكن توضيح آلية مقاومة البلل كما يلي: عندما لا تتمكن قطرة من السائل من الانتشار على سطح صلب فإن القطرة سوف تظهر ثابتة وينتج عنها زاوية θ المسماة بزاوية التماس. تحدد الزاوية θ العلاقة المتبادلة الخاصة على السطح البيني، وبالتالي تستخدم زاوية التماس كمؤشر لقابلية الجسم الصلب للبلل بواسطة السائل [2]. يبين الشكل (1) إن القوى عند السطوح البينية بين السائل والبخار، السائل والصلب، الصلب والبخار تتشارك جميعاً في تحديد ما إذا كان السائل سوف ينتشر أم لا على سطح صلب ناعم. يقوم التوازن الناشئ بين هذه القوى بتحديد زاوية التماس θ .

حيث γ التوتر السطحي الموجود بين مختلف المكونات (الصلب، السائل، البخار). وتشير S و L و V إلى الصلب والسائل والبخار على التوالي، أما θ زاوية التماس عند التوازن.



الشكل (1): حالة التوازن لقطرة سائل على سطح صلب [2] [9]

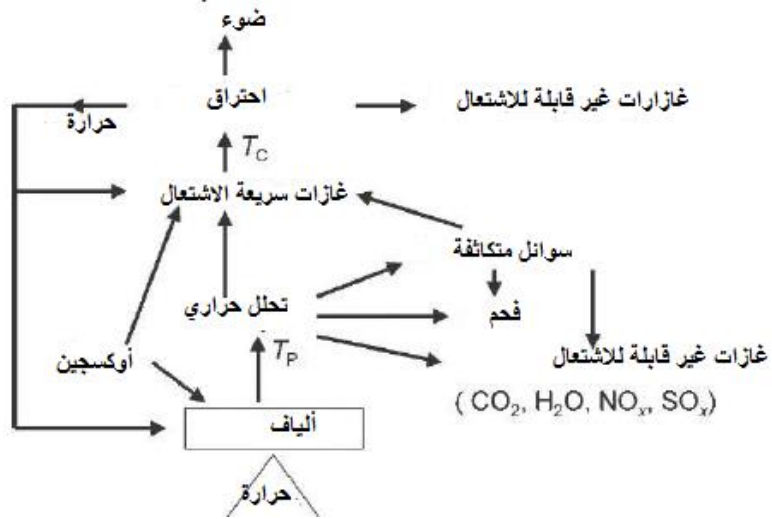
تصنف المعالجة النهائية لمقاومة البلل إلى نوعين:

1. الصاد للماء (water proof): حيث يكون القماش المقاوم هو عبارة عن قماش مغطى بطبقة كثيفة تشكل حاجزاً أمام مرور الماء. يتم باستخدام مواد مختلفة كالمطاط والبولي يوريثان وغيرها، وهي تملأ فراغات القماش وتسد المسامات.
2. المقاوم للماء (water repellent): في هذا النوع من المعالجة يتم معالجة القماش بطريقة تؤخر امتصاص واختراق الماء، يتم من خلال تغطية القماش بواسطة فيلم رقيق من مركبات كارهة للماء مثل السيلكون تجعلها أكثر مقاومة للماء، هذه الطريقة لا تؤثر على الفراغات بين الخيوط [12] [3].

1-2- مقاومة اللهب:

آليات تثبيط اللهب: تكمن الأهمية في المعالجة النهائية ضد الحريق لتقليل قدرة القماش على الاحتراق. من أجل فهم آليات مثبطات اللهب الفعالة بشكل أفضل، فإنه يجب أولاً توضيح آلية الاحتراق. الاحتراق تفاعل ناشر للحرارة وهو عملية تتطلب ثلاثة مكونات هي الحرارة والأكسجين والوقود المناسب. عند إزالة أي عنصر من هذه العناصر سوف ينطفئ اللهب .

يوضح الشكل (2) رسم تخطيطي لدورة احتراق الألياف:



الشكل (2) دورة احتراق الألياف [12]

لكي تشتعل أي مادة صلبة يجب تسخينها أولاً إلى درجة حرارة معينة، حيث تتحلل بالحرارة إلى منتجات ثانوية غازية قابلة للاشتعال، إن درجة الحرارة اللازمة للقيام بذلك تعرف بدرجة التحلل الحراري (T_P)، وتختلف درجة التحلل الحراري هذه باختلاف طبيعة الألياف مثال الصوف والتي بطبيعتها تكون أكثر مقاومة للاشتعال من السليلوز و الأسيئات.

بينما ألياف النايلون والبولستر تتلدن بالحرارة لها نقاط انصهار بحيث تكون قابلة للانصهار، لا يجب على درجة الانصهار أن تصل إلى درجة التحلل الحراري T_P بحيث لا تنتج غازات قابلة للاشتعال ولا يحدث اشتعال.

تعتمد المعالجة النهائية لتأخير اللهب على المعالجة بمواد كيميائية تقاطع دورة الاشتعال، على سبيل المثال استخدام عناصر الفوسفور والنتروجين في المعالجة النهائية لألياف السيللوز تمنع تشكيل وقود الاشتعال من خلال تغييرها لتفاعل الاحتراق وبالتالي تمنع استمرار الاشتعال [6] [12].

2- هدف البحث :

تعتبر خاصية مقاومة اللهب والبلل من أهم الخصائص الوظيفية المطلوبة للمنسوجات.

وبالتالي يهدف البحث إلى:

- استخدام بعض أنواع المعالجة النهائية (معالجة ضد اللهب - معالجة ضد البلل) وتطبيقها على الأقمشة المصنعة من القطن وبتركيب نسيجية مختلفة.
- دراسة تأثير نوع المعالجة النهائية على بعض خواص القماش الفيزيائية والميكانيكية.

3- مواد وطرق البحث:

3-1 الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث:

1. ميزان حساس.
2. سخان مخبري.
3. فرن التجفيف
4. جهاز الفولار.
5. جهاز قياس التمزق
6. جهاز قياس الاحتكاك
7. جهاز قياس سماكة الأقمشة.
8. جهاز قياس قوة الشد
9. أدوات زجاجية ومخبرية مختلفة.

3-2 خطة البحث

- 1- تجهيز الخامات النسيجية للمعالجة.
- 2- تحضير أوساط المعالجة المختلفة لمقاومة البلل واللهب

دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل و مقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة

3- تطبيق أوساط المعالجة النهائية على القماش

4- إجراء اختبارات مقاومة البلل والهب

5- إجراء بعض الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية للقماش قبل وبعد المعالجة

3-3 المواد المستخدمة في البحث:

1- أقمشة قطنية خام ذات تراكيب نسيجية مبرد و سادة بكثافات مختلفة ونمر

خيوط مختلفة مصنعة من قبل شركة نسيج اللاذقية . مواصفات هذه الأقمشة

موضحة في الجدول (1).

الجدول(1): مواصفات عينات القماش المستخدم

رقم القماش	1	2	3	4	5	6
التركيب النسيجي	مبرد3/1	مبرد3/1	سادة(ممتد بالسداء) 2/2	سادة(ممتد بالسداء) 2/2	مبرد 2/1	مبرد 2/1
طبيعة المادة الخام	قطن 100%	قطن 100%	قطن 100%	قطن 100%	قطن 100%	قطن 100%
وزن المتر المربع المجهز g/m ²	269	245	358	378	258	262
كثافة خيوط السداء في cm	30	27	28	28	36	36
كثافة خيوط الحدف في cm	16	16	13	16	18	19
نمرة خيوط السداء Ne	12	12	7	7	16	16
نمرة خيوط الحدف Ne	12	12	7	7	12	12
نوع الغزل لخيوط السداء	توربيني	توربيني	توربيني	توربيني	مسرح	مسرح
نوع الغزل لخيوط الحدف	توربيني	توربيني	توربيني	توربيني	توربيني	مسرح

3-4 التجارب:

3-4-1 تبييض وتجهيز القماش القطني الخام:

أجريت عملية تبييض القماش القطني الخام وإزالة النشاء بهدف إزالة الشوائب و التخلص من النشاء الموجود أثناء تشكيل القماش وكذلك زيادة هيدروفيليتها (أفتها للماء) باستخدام هيدروكسيد الصوديوم (4%) والماء الأوكسجيني (8%) وبضع قطرات من مثبت الماء الأوكسجيني نسبة الحوض (20:1). تم رفع درجة الحمام المائي حتى (100°C) واستمرت عملية التجهيز عند درجة الغليان لمدة ساعة. تشطف العينات بعدها وتعديل بحمض الخل يعاد شطف العينات بالماء العادي وتترك لتجف بدرجة حرارة المخبر [2].

3-4-2 تطبيق وسط المعالجة ضد البلب على القماش:

تم تحضير مستحلب شمع البارافين وذلك بتسخين (50gr) من الشمع. عند الوصول إلى درجة حرارة (65°C) تضاف (150ml) من البننانول مع التحريك المستمر حتى ذوبان الشمع بعدها يترك ليبرد ويصبح لون المستحلب حليبي [2].

تم تحضير الحوض من (مستحلب الشمع) وتمديده بالماء، حيث تضاف (50%) من وزن العينة مستحلب الشمع ويمدد بالماء الساخن حتى (500ml) والتسخين حتى درجة (85°C). تثبت درجة الحرارة لمدة ربع ساعة بعد وضع العينات في الحوض. بعد إخراج العينات من الحوض يتم العصر باستخدام جهاز الفولار لإزالة الكمية الزائدة من الشمع. تجفف العينات في فرن التجفيف بدرجة حرارة (80°C) لمدة خمس دقائق.

3-4-3 تحضير وسط معالجة ضد اللهب

يبين الجدول (2) متطلبات المعالجة ضد اللهب

• حمض الفوسفور H_3PO_4

• اليوريا $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$

• ثلاثي الكلور الإنتمون SPCL3

• ماء H2O

الجدول (2): نسب المواد المستخدمة لتأخير اللهب

نسبة الحوض (وزن المادة النسيجية إلى حجم المحلول)	ثلاثي كلور الإنتمون	يوريا	حمض الفوسفور
1:124	50gr/l	50gr/l	كل 100ml ماء يضاف لها 14ml حمض الفوسفور

تم تطبيق وسط المعالجة ضد اللهب على القماش كما يلي:

- تم أخذ (100ml) من الماء المقطر ووضع فيه (5gr) من ثلاثي كلور الإنتمون وأضيف (5gr) من اليوريا ثم (14ml) من حمض الفوسفور وقمنا بالتسخين حتى الانحلال التام مع الانتباه لتغطية العينة.
- بعد إخراج العينات من الحوض يتم العصر باستخدام جهاز الفولار لإزالة الكمية الزائدة من المحلول، ثم تجفف العينات في فرن التجفيف بدرجة حرارة (80°C) وتعنى عند الدرجة (100°C) لمدة خمس دقائق [2].

3-5- اختبار قياس زاوية تماس القطرة مع سطح القماش:

زاوية تماس قطرة الماء هي إحدى الطرق الشائعة لقياس قابلية سطح أو مادة للتبلل. يتم من خلال هذا الاختبار توصيف فيما إذا كان القماش المعالج كاره للماء [11].

تم الاختبار حسب المواصفة الصينية (GB/T30693-2014) بواسطة جهاز مصنع من قبل طالبة دراسات عليا جامعة البعث. وذلك بإسقاط قطرة من الماء بشكل يدوي على سطح القماش الجاف ومن ثم تم تصوير القطرة على سطح القماش

باستخدام كاميرا موبايل نوع (Samsung Galaxy grand prime) بدقة (8 M pixel) ومن ثم معالجة الصور باستخدام برنامج ImageJ باستخدام الدالة (Drop analysis- LB-ADSA). تم إجراء ثلاث قياسات لكل عينة وأخذ المتوسط الحسابي.

3-6 تحديد خصائص مقاومة اللهب:

تم تحديد خصائص مقاومة اللهب حسب اختبار ساندرس، يتم تنفيذ الاختبار من خلال تقريب شعلة لمدة ثلاث ثوان من عينة اختبار أبعادها (3.5*10) إنش معلقة بشكل عمودي ويتم اعتبار أن العينة قد اجتازت الاختبار إذا كان:

- طول الاحتراق المتوسط (في حال الانصهار أو الاحتراق) لا يتجاوز (17.5cm)
 - لا يوجد عينة تحرق بطول كامل
 - ألا يتخطى زمن الاحتراق الثانوي (RFT) لكل عينة مفردة 10 ثواني [1]
- [2].

3-7- قياس نفوذية الهواء للأقمشة

تم تحديد نفوذية الهواء بواسطة جهاز اختبار نفوذية الهواء جامعة حلب، من خلال تثبيت عينة دائرية بقطر (3cm²) على الماسك الدائري ويشد القماش بشكل مناسب، ومن ثم ضخ الهواء في أحد وجهي القماش، عندها سيبدأ هبوط الضغط على الطرف الآخر من القماش، تم التحكم بضغط الهواء المطلوب حتى حدوث فرق بالضغط والمعادل لقيمة معينة على المانومتر، عندها يسجل جريان الهواء بعد دقيقة واحدة من الزمن. يعاد الاختبار بمواضع مختلفة خمس مرات ومن ثم يؤخذ المتوسط، أجريت الاختبارات على جهاز قياس نفوذية الهواء مصنع حسب المواصفة القياسية السورية 1732 [4].

3-8- قياس سماكة القماش جهاز ميسدان:

يتم الاختبار بواسطة جهاز قياس السماكة جامعة حلب وفق المواصفة القياسية (ASTM-D1777-96)، يتم تحديد سماكات مختلف أنواع الأقمشة بدقة (0.01mm) من خلال تطبيق قرص تحميل (400Kpa) على سطح القماش على بعد 1/10 من عرض القماش في ثلاث مواضع ومن ثم يؤخذ متوسط القراءات بـ mm [13].

3-9- قياس الصلابة:

تم إجراء الاختبار بشكل يدوي بعد تصنيع الزاوية مع المستوي الأفقي حسب المواصفة القياسية (ASTM D1388-2002)، حيث كانت أبعاد العينات (2.5*20cm)، توضع العينات على مستوي أفقي بحيث يتطابق حرف العينة مع حافة المستوي الأفقي، ثم توضع مسطرة مدرجة فوق عينة الاختبار وفق الشكل (3)

تدفع المسطرة للأمام وتتدفع معها العينة نستمر بالدفع حتى يلتقي حرف العينة مع الخط المائل بزاوية (41.5°) ثم نسجل قراءة المسطرة بعد زمن يتراوح بين (6-8sec)

قراءة المسطرة هي طول الثني للعينة.

تحسب صلابة القماش وفق العلاقة الأتية:

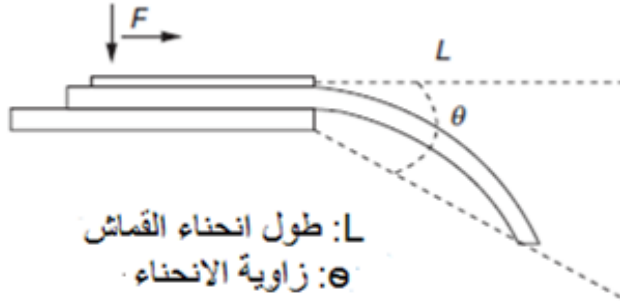
$$G = \cos^{1/2} \theta / \tan \theta \cdot c^3 \cdot w$$

حيث G: صلابة القماش (g.m)

c: طول الثني (m)

W: وزن المتر المربع (g/m²)

k: ثابت $\cos^{1/2} \theta / \tan \theta$



الشكل (3) اختبار صلابة القماش

3-10- قياس مقاومة الاحتكاك:

تم تنفيذ الاختبار على جهاز Martindale وفق المواصفة القياسية (ASTM D4966) [14]. تم تحديد مقاومة التآكل للأقمشة النسيجية باستخدام جهاز اختبار الاحتكاك ، تشير مقاومة التآكل إلى مقاومة القماش للمواد الأخرى في عملية الاحتكاك المتكرر مع مواد نسيجية أخرى كالصوف أو القطن. يتم قص العينات ووضعها في الأماكن المخصصة لها على الجهاز ويتم تشغيل الجهاز بعدد دورات محدد وثقل محدد (9kpa) وتحديد تأثير الاحتكاك على الوزن.



الشكل (4): جهاز قياس الاحتكاك

3-11- قياس قوة التمزق

تم تنفيذ الاختبار على جهاز قياس قوة التمزق وفق المواصفة القياسية (BS 1993-4303). يحتوي الجهاز على مجموعة من الأوزان مما يجعلها مناسبة لاختبار عينات مختلفة مثل الورق والأفلام والأغلفة والبلاستيك. وهو جهاز دقيق القياس وله عامل أمان أثناء الاختبار، يتم اختبار عينات بأبعاد $(100*63)mm$ والحمل الأولي (32N) لعينات المبرد والسادة.

3-12- قياس قوة الشد

تم تنفيذ الاختبار على جهاز قياس قوة الشد جامعة البعث كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، حسب المواصفة القياسية (ASTM D5035-95) بأبعاد للعينة $(5*20cm)$ وبمعدل تحميل $(100mm/min)$ ونسجل قوة القطع .

4- النتائج والمناقشة :

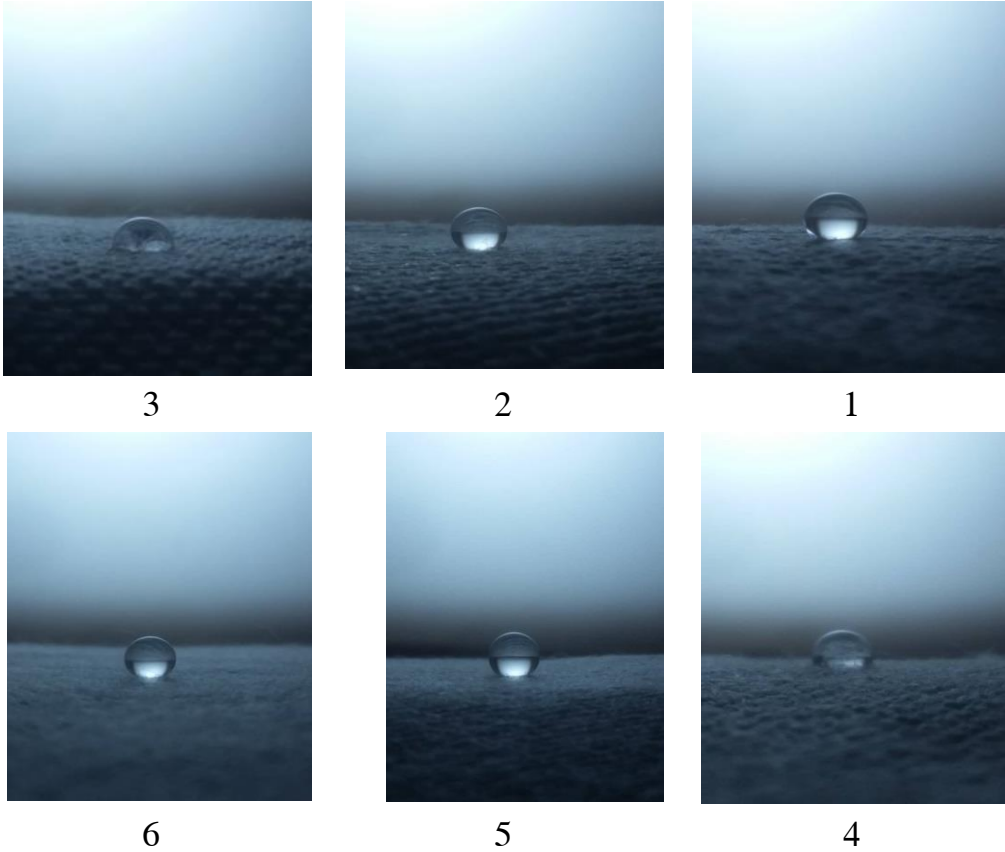
4-1- قياس زاوية تماس القطرة مع سطح القماش (contact angle)

عند وضع قطرة الماء على سطح القماش القطني غير المعالج ، انتشرت القطرة وتم ترطيب السطح بالكامل بحيث لا يمكن قياس زاوية تماس قطرة الماء مع سطح القماش، وبالتالي يمكن اعتبار القماش القطني فائق المحبة للماء لأن $(WCA < 10^{\circ})$.

زادت زاوية تماس القطرة مع سطح القماش وذلك حسب مواصفات كل نوع من القماش حسب الجدول التالي

الجدول(3):قياس زاوية تماس القطرة مع سطح القماش المعالج بشمع البرافين لكل تركيب نسيجي:

رقم الصنف	التركيب النسيجي	قياس زاوية القطرة(درجة)
1	مبرد 3/1	141 °
2	مبرد 3/1	139 °
3	سادة(ممتد بالسداء) 2/2	98 °
4	سادة(ممتد بالسداء) 2/2	112 °
5	مبرد 2/1	148 °
6	مبرد 2/1	147 °



الشكل(4): صور توضح اختلاف توضع القطرة على سطح الأقمشة المختلفة

نلاحظ أن استخدام الشمع أدى إلى تحسين خاصة مقاومة البلل من خلال زيادة زاوية تماس بين القطرة والقماش بالمقارنة مع العينات المرجعية (الأقمشة غير المعالجة)، حيث لوحظ أن التركيب النسيجي المبرد الموضح في الصورة (1,2,5,6) مقاوم للبلل بشكل أكبر ويعود ذلك لمساحة السطح الفعال (البنية مترصة والفراغات أقل) الذي هو أكبر في التركيب النسيجية المبرد لكلا النوعين مقارنة بالسادة وكانت الأقمشة ذات كثافة خيوط أكبر أكثر مقاومة للبلل وكانت العينة الرابعة أكثر مقاومة للبلل من العينة الثالثة بالنسبة للتركيب السادة لأن كثافة الخيوط في العينة الرابعة أكبر وبالتالي حجم الفراغات أقل نتيجة زيادة عدد الخيوط في واحدة المساحة.

4-2- نتائج مقاومة اللهب:

إن نتائج اختبار ساندرس لمقاومة اللهب موضحة في الجدول التالي :

الجدول (4): نتائج الاختبار ضد اللهب للعينات المعالجة بالبوراكس :

العينة	زمن الاحتراق (ثانية)	طول الاحتراق (mm)	نتيجة الاختبار
١	صفر	0.5	مقبولة
٢	صفر	0.5	مقبولة
٣	صفر	0.4	مقبولة
٤	صفر	0.1	مقبولة
5	صفر	0.5	مقبولة
6	صفر	0.5	مقبولة

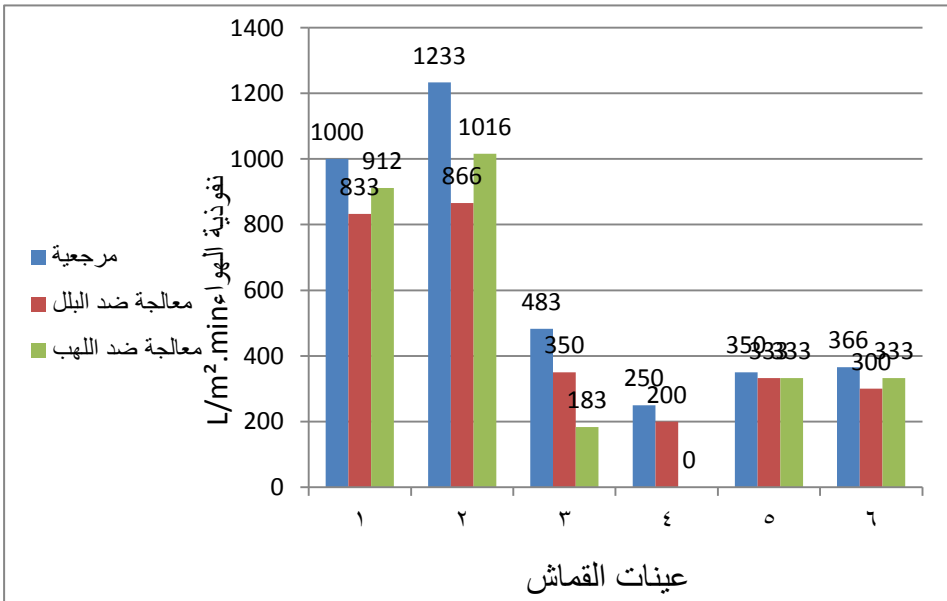
من الجدول أظهرت النتائج أن معالجة عينات القماش بمواد ضد اللهب كانت ناجحة لأنها منعت حدوث الاشتعال، وكان طول الاحتراق قليل ومقبول لجميع العينات.

4-3- نتائج نفوذية الهواء:

تم قياس نفوذية الهواء عند ضغط (200pa) لعينات المبرد وضغط (300pa) لعينات السادة من خلال قراءة قيمة تدفق الهواء وذلك لأن عينات السادة لم يحصل فيها نفوذ هواء عند الضغط (200pa) يجوز تغيير في حال لم يحصل نفوذية في الهواء نزيد الضغط للتأكد ما إذا كانت العينة كثيمة بشكل نهائي أو نفوذة عند ضغط أعلى

المخطط (1): قيم نفوذية الهواء للعينات المرجعية والمعالجة للقماش المبرد عند

ضغط (200pa) والسادة (4,3) عند ضغط (300pa)



من المخططات يلاحظ انخفاض نفوذية الهواء في العينات المعالجة (ضدالبلل وضد اللهب) مقارنة مع العينات المرجعية، و كانت العينات المعالجة ضد اللهب أكثر نفوذية للهواء مقارنة مع العينات المعالجة ضد البلل بالنسبة لعينات المبرد (1,2,5,6)، أما بالنسبة للنسيج السادة (3,4) كانت العينات المعالجة ضد البلل أكثر نفوذية للهواء من

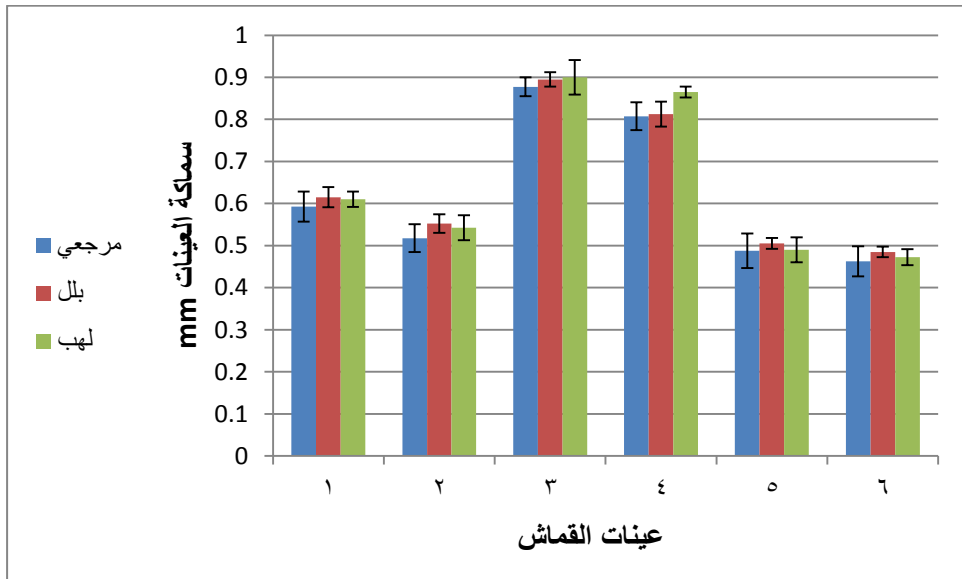
دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل و مقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة

العينات المعالجة ضد اللهب، في للأقمشة المعالجة ضد البلل يعود ذلك لأن الشمع شكل فيلماً على السطح وتغلغل بين فراغات القماش أدى لانخفاض حجم الفراغات وبالتالي انخفاض مسامية القماش وكان ذلك أكبر بالنسبة للنسيج المبرد مقارنة بالقماش السادة، في القماش المعالج ضد اللهب كانت امتصاصية القماش السادة أكثر من القماش المبرد لذلك انخفضت نفوذية الهواء في القماش السادة المعالج ضد اللهب أكثر من القماش المبرد المعالج ضد اللهب، اختلفت نفوذية الهواء حسب كثافة القماش فكانت أقل بالنسبة للقماش الأكثر كثافة لكلا النوعين السادة والمبرد. تم إجراء 5 قراءات لكل عينة في مواضع مختلفة وكانت القيمة نفسها وبالتالي الإنحراف المعياري صفر لأنه لم تتغير قيمة النفوذية عند إعادة التجربة عدة مرات. [4]

4-4- نتائج اختبار سماكة الأقمشة:

أعطت العينات المختبرة على جهاز ميسدان النتائج التالية:

المخطط (2): سماكة العينات المختبرة



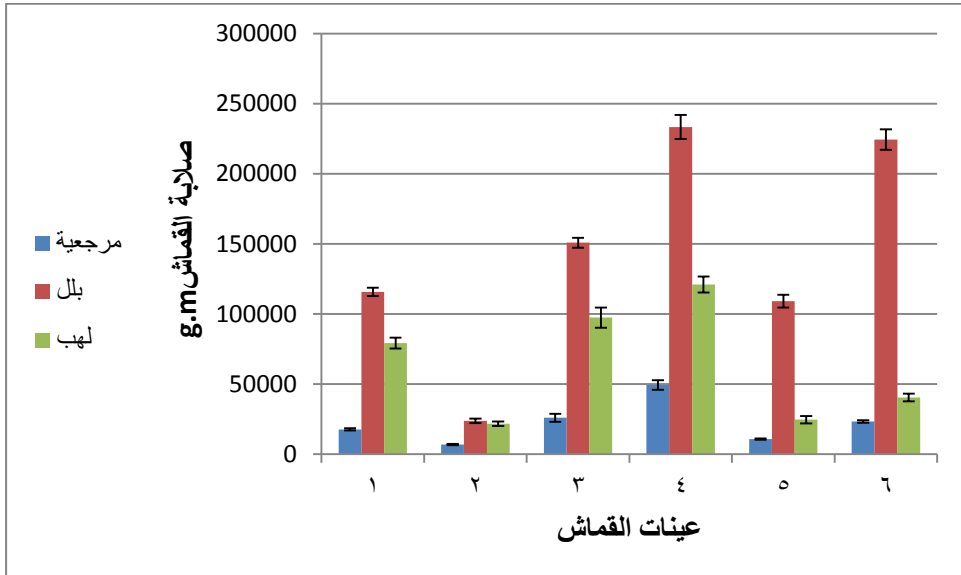
يلاحظ من المخطط ازدياد سماكة الأقمشة المعالجة ضد البلل والمعالجة ضد اللهب قليلاً مقارنة مع العينات المرجعية، لكلا النوعين السادة والمبرد، فكانت سماكة عينات

المبرد المعالج ضد البلل أكبر من العينات المعالجة ضد اللهب وذلك لتوضع الشمع على شكل فيلم على السطح فأدى لزيادة السماكة، أما بالنسبة للقماش السادة كانت العينات المعالجة ضد اللهب أكثر سماكة من العينات المعالجة ضد البلل حيث كانت امتصاصية القماش لمحلول المعالجة ضد اللهب أكثر من نسبة تحميله للشمع، واختلفت سماكة العينات حسب نمرة الخيط ووزن المتر المربع ونوع الخيوط المستخدمة فكان القماش المكون من خيوط غزل توربيني (القماش 5) أكثر سماكة من القماش المكون من خيوط غزل حلقي (القماش 6) لأن بنية الخيط التوربيني تسمح بنسبة تحميل أكثر من الحلقي كذلك كلما كان القماش ذو وزن المتر المربع الأكبر ونمرة الخيط Ne الأقل كلما كان القماش أسمك .

4-5- نتائج اختبار الصلابة

تم تنفيذ الاختبار خمس مرات وتم أخذ المتوسط والانحراف المعياري وهناك قيم متكررة والمخطط التالي يبين النتائج

المخطط (3): صلابة العينات المرجعية والمعالجة ضد البلل وضد اللهب



دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل و مقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة

من المخطط يلاحظ ازدياد صلابة العينات المعالجة بمستحلب الشمع ومحلول المعالجة ضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية، السبب وراء زيادة صلابة الأقمشة القطنية المعالجة بالشمع هو أن الشمع في الحالة الصلبة له حجم جسيمات كبير وبالتالي يتم ترسيب كمية كبيرة من الشمع بشكل كثيف على القماش في الحالة الصلبة وشكل فيلم على السطح وبالتالي أعطى صلابة أكثر. وازدادت الصلابة بشكل متناسب زيادة الألياف والخيوط وزيادة نقاط التقاطع بين الخيوط، بينما كان حجم جزيئات المواد المؤخرة للهب أقل وبالتالي تغلغل أكبر للجسيمات وزيادة وزن القماش وبالتالي تقليل من طول الانحناء.

4-6- نتائج اختبار مقاومة الاحتكاك

تم تنفيذ الاختبار عند عدد دورات أقل 1000 و 2000 دورة وكان الفاقد بالوزن منخفض جداً لذلك تم إجراء الاختبار عند 3000 دورة هو عدد الدورات الذي ظهر عنده الضياع في الوزن مع استمرار عدد الدورات يؤدي إلى اهتراء العينة يوضح الجدول (5) نتائج مقاومة الاحتكاك للعينات المعالجة ضد البلل مقارنة مع العينات المرجعية.

الجدول (5): الفاقد بالوزن للعينات المختبرة

الفاقد بالوزن عند 3000 دورة %		
العينة	المرجعية	المعالجة ضد البلل
1	7.41%	0.67%
2	5.8%	0.43%
3	1.5%	0.15%
4	1.6%	0.66%
5	1.74%	0.76%
6	2.21%	1.25%

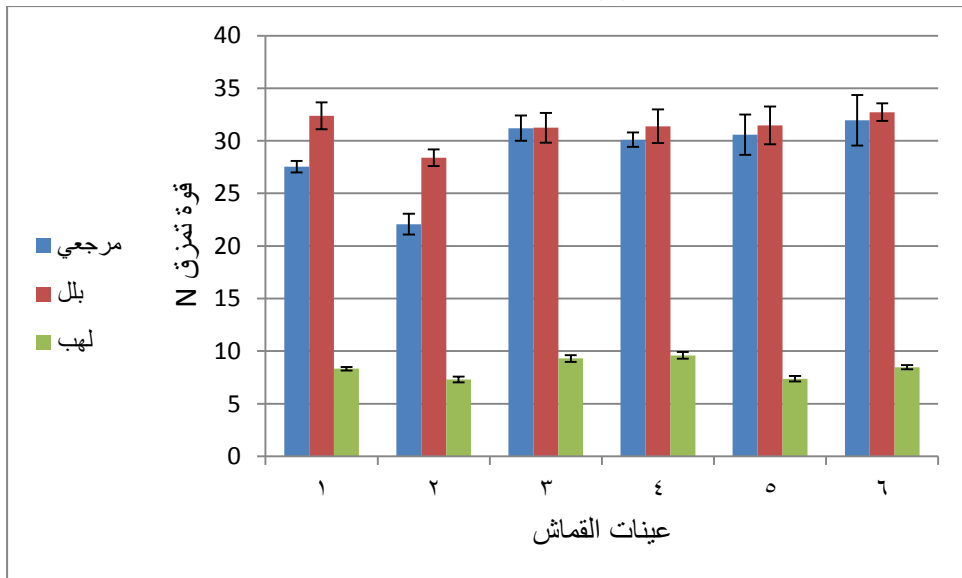
من الجدول يلاحظ انخفاض الفاقد بالوزن للعينات المعالجة ضد البلل مقارنة مع العينات المرجعية، كما نلاحظ تحسن الخصائص السطحية للقماش المعالج ضد البلل نتيجة إضافة الشمع مما جعله أكثر مقاومة للاحتكاك والحببة حيث كان الفاقد بالوزن أكبر بالنسبة للعينات ذات الكثافة الأكثر بسبب زيادة سطح تلامس العينة مع سطح الاحتكاك لكلا النوعين السادة والمبرد، أما بالنسبة للعينات 6,5 كان الفاقد بالوزن أكبر بالنسبة للعينات المكونة من غزول حلقيه 6 مقارنة مع العينة 5 التي تحتوي على خيط توربيني لأن مقاومة الخيوط التوربينية للاحتكاك أعلى بسبب الشعيرات الملتهقة التي تمتلك قابلية الحركة حول نواة الخيط وبالتالي تجنبت الكشط نتيجة الاحتكاك وتبقى محجوزة ضمن القماش.

معظم العينات المعالجة ضد اللهب اهترأت عند عدد دورات منخفض 100 دورة باستثناء العينات 3,4 التي بدأت بالاهتراء عند 200 دورة وذلك بسبب استخدام حمض الفوسفور في عملية المعالجة الذي يؤثر على الأقمشة القطنية.

4-7- نتائج اختبار التمزق

يوضح المخطط (3) نتائج اختبار التمزق للعينات المعالجة ضد البلل وضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية

المخطط(4): قوة التمزق للعينات المختبرة

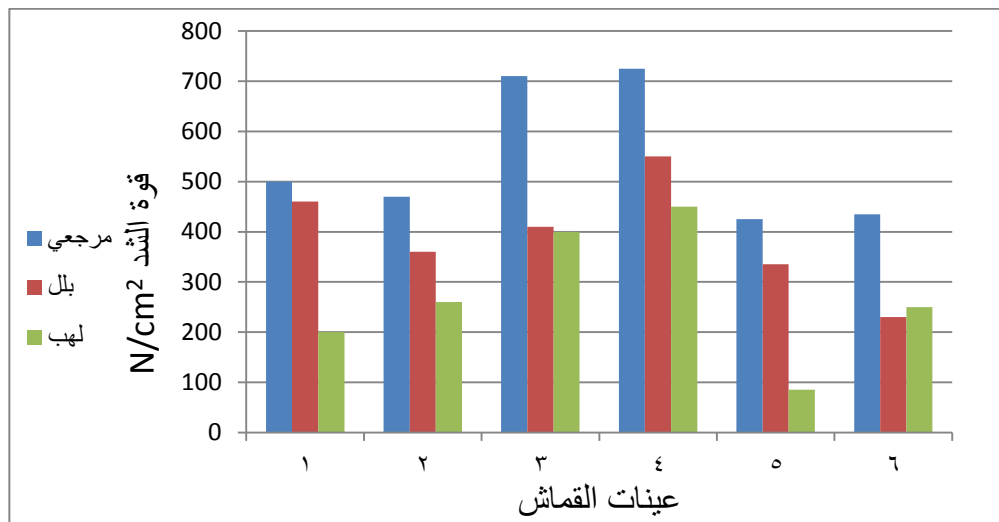


يلاحظ من الجدول أن المعالجة بمستحلب الشمع أدت لتحسين خصائص مقاومة التمزق بشكل بسيط مقارنة مع العينات المرجعية، حيث تختلف قوة التمزق حسب كثافة الخيوط ونوع الخيوط، فكانت قوة التمزق أكبر في العينات الأكثر كثافة لكلا النوعين السادة والمبرد، أما بالنسبة للعينات 5,6 فكانت قوة التمزق أكبر بالنسبة للعيونة المكونة غزول حلقيه مقارنة مع العينة المكونة من خيوط غزل توربيني - حلقي، بينما معالجة العينات ضد اللهب أدت تدهور خاصية مقاومة التمزق بسبب تأثير حمض الفوسفور السليبي على الألياف القطنية.

4-8- نتائج اختبار الشد

تم تنفيذ الاختبار لمرة فقط لبيان التغير في قوة الشد للعينات المرجعية والمعالجة يوضح المخطط (5) نتائج اختبار قوة الشد للعينات المعالجة ضد البلل وضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية

المخطط (5) نتائج اختبار قوة الشد للعينات



يلاحظ من المخطط انخفاض قوة الشد للعينات المعالجة بمستحلب الشمع ومحلول المعالجة ضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية لكل العينات السادة والمبرد ويعود ذلك إلى أن طبقة الشمع المتوضعة على الألياف في العينات المعالجة بمستحلب الشمع أدت لتقليل الاحتكاك بين الخيوط وبالتالي تسهيل انزلاقها أثناء عملية الشد المحوري، أدى استخدام الحمض إلى انخفاض قوة الشد بالنسبة للعينات المعالجة ضد اللهب .

5- الاستنتاجات والتوصيات

5-1- الاستنتاجات

في هذه الدراسة تمت معالجة لأقمشة القطنية بتراكيب نسيجية مختلفة (السادة والمبرد) ضد البلل وضد اللهب من خلال عمليات بسيطة وآمنة ودراسة تأثيرها على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة فكانت النتائج كالتالي:

1. يلاحظ انخفاض في نفوذية الهواء للعينات المعالجة ضد البلل وضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية فكانت النفوذية أقل كل كلما ازدادت كثافة الخيوط وازدادت نمره الخيط
2. ازدياد في سماكة الأقمشة المعالجة ضد البلل وضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية، حيث ازدادت مع زيادة وزن العينة ونمره الخيط ونوعيته فالغزل التوربينية أكثر سماكة من الخيوط الحلقية.
3. ازدياد في صلابة الأقمشة المعالجة ضد البلل وضد اللهب، حيث ازدادت الصلابة في مع ازدياد الكثافة ونمره الخيط وفي الغزل الحلقية كانت الصلابة أكثر من الغزل التوربيني.

4. انخفاض الفاقد بالوزن نتيجة الاحتكاك بالنسبة للعينات المعالجة ضد البلل وازدياد الفاقد بالوزن بالنسبة للعينات المعالجة ضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية، فكانت الأقمشة المكونة من الخيوط التوربينية أقل فقد للوزن مقارنة مع الحلقية ويزداد الفاقد مع زيادة كثافة الخيوط ونمرة الخيط.

5. ازدياد قوة التمزق بشكل طفيف بالنسبة للعينات المعالجة ضد البلل وانخفاضها بالنسبة للعينات المعالجة ضد اللهب مقارنة مع العينات المرجعية فكانت العينات الأكثر كثافة وذات نمرة خيط أكبر أكثر مقاومة للتمزق والخيوط الحلقية أكثر مقاومة من الخيوط التوربينية.

6. انخفاض قوة الشد للعينات المعالجة ضد اللهب و ضد البلل مقارنة مع العينات المرجعية فكانت أقل في العينات الأقل كثافة ونمرة خيط أقل وفي النسيج المبرد أقل من السادة

تم تلخيص النتائج وفق الجدول (6):

الجدول(6): يوضح تأثير المعالجات النهائية على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة

العينات المعالجة ضد اللهب						العينات المعالجة ضد البلل						خصائص
6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	القماش
انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	النفوذية
ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	السماعة
ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	الصلابة
انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	قوة التمزق
انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	ازدادت	مقاومة الاحتكاك
انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	انخفضت	قوة الشد

وبالتالي يمكن القول أن المعالجة ضد البلل قد حسنت الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة باستثناء قوة الشد والنفوذية

بينما أدت المعالجة ضد اللهب إلى تأثير سلبي على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة باستثناء الصلابة و سماكة القماش

5-2 التوصيات:

1. استخدام طرق أخرى للمعالجة كالأمواج فوق الصوتية أو المايكرويف ودراسة تأثيرها على خواص الأقمشة لتحديد الطريقة الأمثل.
2. استخدام أصناف أخرى من الأقمشة بمواد خام مختلفة وطريقة بناء مختلفة.
3. إجراء صور عن طريق المجهر الالكتروني لتحديد ماهية توضع المادة على سطح النسيج

6- المراجع

- 1- أ. بكر، حسين، المعالجة النهائية للمنسوجات- الجزء النظري، الطبعة الأولى، منشورات جامعة البعث ،حمص،2010
- 2- النجار، عهد،رسالة دكتوراه، دراسة إضافة خاصية مقاومة للبلل على الأقمشة وتأثيرها على خصائص القماش مع إمكانية دمجها بمعالجات نهائية أخرى،2019
- 3- النجار ،عهد، رسالة ماجستير، دراسة إمكانية إنتاج أقمشة قطنية مقاومة للبلل ومؤخرة للهب،2014
- 4- عمر، ربيع، رسالة ماجستير ، دراسة تأثير نوعية الخيط والنسيج على نفوذية الأقمشة للهواء، حلب 2011
- 5- Ahmad, S., Rasheed, A., Afzal, A., & Ahmad, F. (Eds.). (2017). *Advanced textile testing techniques*. CRC Press (158-172)
- 6- Behery, H. (Ed.). (2005). *Effect of mechanical and physical properties on fabric hand*. Elsevier(289-371)
- 7- Ehrmann, A., & Blachowicz, T. (2017). *Examination of Textiles with Mathematical and Physical Methods*. Springer
- 8-Faheem, S., Baheti, v., N., Tunak, M., Wiener, J., & Militky, J. (2019). Flame retardancy, physiological comfort and durability of cacein treated cottonfabrics. *Fiber and polymer*,20, 1011-1020
- 9-Jone , T. Williams , Water proof & water repellent textile and clothing Elsevier_ Pages 331-601,2018
- 10-Kim,S.,Kim, J.,Song,D.E.,Cho, S. Y., Hwang, Y.,& Chae, Y.(2023). Effects of household water-repellent agents and number of coating layers on the physical properties of cotton woven fabrics. *Plos one*, 18(4), e0283261
- 11-P.Dolz,O.vermeersch . *Advanced Characterization and Testing of Textiles* 2018.
- 12-Schindler,W.D.& Hauser, P.J (2004). Chemical finishing of textiles.Elsevire_ p (115-170)
- 13-Adum, B. F.,& Gao, J. (2022). Comfort related woven fabric transmission properties made of cotton and nylon. *Fashion and Textiles*, 2022, 9.1:1-10
- 14-Hu, J.(Ed.). (2008). *Fabric teasting*, 90-124

استنتاج عامل الاحتكاك الطولي للأنابيب

باستخدام مفاهيم إحصائية

د. عدنان الشيخ حمود

كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة البعث

خلاصة :

يظهر هذا البحث المعادلة الجديدة المستنتجة المهمة لتصميم وتشغيل خط أنابيب نقل السوائل وللتنبؤ بمعدل التدفق. اذ انه من أجل التنبؤ بمعدل التصريف يجب التحديد الدقيق لفاقد الحمولة بسبب الاحتكاك والضيعات في الأنابيب. ومع ذلك، تواجه معادلات معامل احتكاك في الأنابيب الحالية صعوبات في الحصول على المتغيرات الرئيسية أو تلك التي تنطبق فقط على الأنابيب ذات الشروط المحددة. وهكذا في هذه الدراسة تم تطوير معادلة جديدة للتنبؤ بمعاملات احتكاك الأنابيب باستخدام مفاهيم إحصائية (statistically based concepts) والتي تستخدم حاليا في مجالات مختلفة. يمكن الحصول بسهولة على المعلومات الموجودة في المعادلة المقترحة وبسهولة تقديرها.

تتطلب الصيغ الحالية لحساب معامل احتكاك الأنابيب فاقد حمولة الاحتكاك ورقم رينولدز. وعلى عكس الصيغ الموجودة، تتطلب المعادلة المقترحة فقط مواصفات الأنابيب وقيمة الإنتروبيا ومتوسط السرعة. يمكن للمعادلة المطورة التنبؤ بمعامل الاحتكاك باستخدام الخصائص المعروفة ومتوسط السرعة ومواصفات الأنابيب. تظهر نتائج المقارنة مع البيانات التجريبية لـ نيكورداس أن قيم R^2 و RMSE كانت 0.998 و 0.000366 في الأنابيب الملساء، ومن 0.979 إلى 0.994 أو 0.000399 إلى 0.000436 في الأنابيب الخشنة، وتظهر نتائج تحليل نسبة التناقض أن دقة كلا النتائج في الأنابيب الناعمة والأنابيب الخشنة قريبة جداً من الصفر. ستمكن المعادلة المقترحة من تقدير أسهل لمعدلات التدفق.

الكلمات المفتاحية: مفهوم الخصائص العشوائية، عامل الاحتكاك الطولي، التدفق في الأنابيب.

The friction factor Equation for pipes using statistical concepts

Abstract:

In general, this new equation is significant for designing and operating a pipeline to predict flow discharge. In order to predict the flow discharge, accurate determination of the flow loss due to pipe friction is very important. However, existing pipe friction coefficient equations have difficulties in obtaining key variables or those only applicable to pipes with specific conditions. Thus, this study develops a new equation for predicting pipe friction coefficients using statistically based entropy concepts, which are currently being used in various fields. The parameters in the proposed equation can be easily obtained and are easy to estimate. Existing formulas for calculating pipe friction coefficient requires the friction head loss and Reynolds number. Unlike existing formulas, the proposed equation only requires pipe specifications, entropy value and average velocity. The developed equation can predict the friction coefficient by using the well-known entropy, the mean velocity and the pipe specifications. The comparison results with the Nikuradse's experimental data show that the R^2 and RMSE values were 0.998 and 0.000366 in smooth pipe, and 0.979 to 0.994 or 0.000399 to 0.000436 in rough pipe, and the discrepancy ratio analysis results show that the accuracy of both results in smooth and rough pipes is very close to zero. The proposed equation will enable the easier estimation of flow rates.

Keywords: Statistical entropy concept, friction factor, pipe flow, pipe friction coefficient.

1 . المقدمة :

غالباً ما يكون القطر وسرعة التدفق مهم جداً من أجل تحديد معدلات التدفق بدقة في تدفق الأنابيب والاقنية المكشوفة، ولكن أيضاً يكون فاقد الحمولة بسبب الاحتكاك في الأنابيب مهم أيضاً. وكذلك، فإن العامل الأكثر أهمية في حساب فقدان التدفق في الأنابيب هو معاملات الاحتكاك. ان المعادلات الحالية محدودة في التنبؤ الدقيق بعوامل الاحتكاك بسبب خصائص المواد المختلفة المستخدمة في نقل الموائع. لذلك تم التوجه لإيجاد معادلات أكثر شمولاً .

تم إجراء دراسات مع تجارب مختلفة لحساب معامل الاحتكاك. وقد اقترح جونز [1] رقماً جديداً لرينولدز باستخدام معامل الاحتكاك المطبق في الجريان الصفحي من خلال مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من تجربتي تدفق القناة المستطيلة الناعمة وتدفق الأنابيب الدائرية. كما اقترح جونز طريقة للتنبؤ بمعامل الاحتكاك للقناة المستطيلة باستخدام نفس الطريقة المستخدمة للأنبوب الدائري. اما جارسيا وآخرون [2] أشاروا إلى خطأ التنبؤ بمعامل الاحتكاك للتدفقات بدون قوة القص من خلال تحليل المقارنة النسبية بين الطرق المختلفة للتنبؤ بالتدفقات غير النيوتونية في التدفقات المضطربة. قام سو وجودموندسون [3] بقياس هبوط الطاقة من خلال تجارب تدفق الأنابيب المختلفة لتحليل هبوط الطاقة في الجريان لجدار افقي. قام سو وجودموندسون بحساب معامل الاحتكاك من معادلة فاقد الحمولة وقوى الاحتكاك المحسوبة من سرعة الاحتكاك بالقرب من جدار الأنبوب، والتي تحدها نظرية الطبقة الحدية. بالإضافة إلى ذلك، قدم سو وجودموندسون طريقة للتنبؤ بمعامل الاحتكاك من خلال البحث التجريبي.

وقد تم إجراء دراسات التحليل العددي من قبل العديد من الباحثين. روميو وآخرون [4] اقترح طريقة جديدة للتنبؤ بمعامل الاحتكاك بدقة عن طريق تكرار معادلة كولبروك وايت،

مع المعلومات المقدره من الطرق المتعدده غير الخطية. ماكيون وآخرون [5] جمعت بيانات الاحتكاك المتعلقة برقم رينولدز واقترحت معادلة معامل احتكاك جديدة لتدفق رقم رينولدز العالي من خلال تحليل معامل الاحتكاك في الجريان المضطرب. بالإضافة إلى ذلك، اقترح تشينغ [6] معادلة معامل الاحتكاك لمنطقة الانتقال بين الأنايب الملساء والخشنة في التدفقات المضطربة وقام بتعديلها لتطبيقها في تدفق القناة المفتوحة من خلال مقارنات مع نتائج التجربة التي أجراها نيكورادس. اشتق ترينه [7] علاقة بلاسيوس التجريبية لعوامل احتكاك في الجريانات المضطربة ضمن الأنايب . وامتدت إلى سوائل قانون الطاقة غير النيوتونية. كالومينو وآخرون [8] بحث في الدراسة التجريبية والعديية للتدفقات السطحية الحرة في الأنايب الموجهة.

تم تطوير ودمج الدراسات باستخدام أساليب الكمبيوتر. اقترح توني [9] طريقة للتغلب على الطبيعة التكرارية لمعادلة عامل احتكاك أنبوب Colebrook باستخدام خيارات حل (VBA)

Visual Basic for Applications المتوفرة في Microsoft ExcelTM. يتم عرض حاسبة عامل الاحتكاك التي تغطي نظام تدفق السوائل بأكمله معاً ويتم التحقق من صحة النتائج من خلال مقارنة النتائج من مخطط عامل الاحتكاك Moody. كما تم تقديم طريقة حل للمعادلة المضطربة الصريحة لـ Swamee-Jain من خلال استخدام وظائف Microsoft Excel [9] باديلا وآخرون [10] قام بتوضيح حساسية معامل الاحتكاك بسبب التغيرات في التدفق ودرجة الحرارة من خلال التجارب التي تم إجراؤها في نموذج أولي لخط أنابيب بلاستيكي. نيهجوك وآخرون [11 و12 و13] أجريت دراسات حدودية حسابية لإظهار أن عامل الاحتكاك للأنايب الخشنة هو وظيفة خطية للمسامية.

زاده نجف وآخرون [14] طور معادلة نموذجية بمعلومات، مثل القطر ومتوسط السرعة والخشونة الوسطية، من أجل التنبؤ بدقة بمعاملات الاحتكاك وتحسين النماذج الحالية التي تتطلب رقم رينولدز والخشونة النسبية. ميشرا وآخرون [15] قدر كفاءة وقابلية تطبيق صيغ عامل الاحتكاك الحالية. اقترح دياز - داماسيلو، بلاسينسيا [16] صيغة واضحة جديدة لتقدير عامل الاحتكاك باستخدام ستة خصائص. وفقا لبيريز بوبو وآخرون [17]، تم إجراء مراجعة للارتباطات الواضحة لعامل الاحتكاك بما في ذلك 48 معادلة.

على الرغم من تطوير برامج وأساليب حاسوبية مختلفة لتقدير فاقد احتكاك الأنابيب، فقد وُجد أن الأبحاث غير كافية لحساب معامل احتكاك الأنابيب بشكل دقيق. ولكل حالة مادية قيمة احتكاك تتراوح قيمتها مع قيمتها الخاصة. ومع ذلك، في بعض الأحيان تكون قيم الاحتكاك هذه قديمة أو تم حسابها بشكل خاطئ. المعادلات السابقة الخاصة بمعامل الاحتكاك لها حدود معينة لخشونة الأنبوب أو الجريان. لذلك، من أجل تقدير معامل احتكاك الأنابيب في أي نوع من الخشونة وفي الجريان الصفحي والمضطرب، كما ذكرنا في هذه الدراسة، تم اقتراح معادلة باستخدام الانتروبيا العشوائية لتقدير فاقد الاحتكاك.

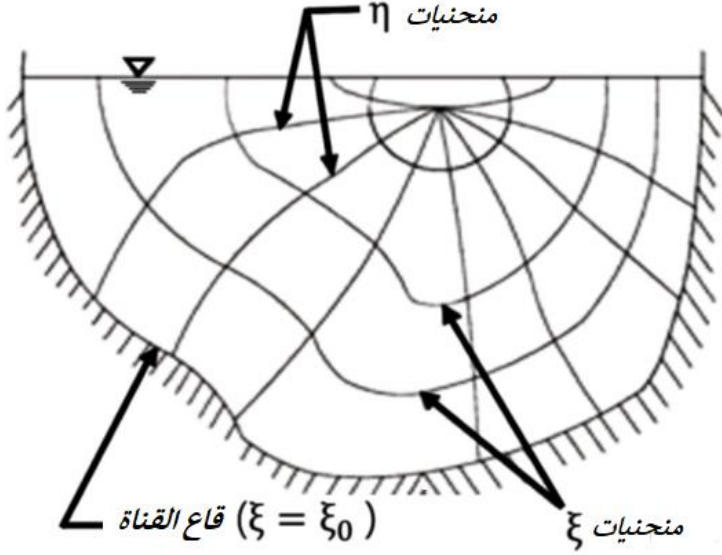
2. المنهجية Methodology :

2.1. سرعة جريان تشيو ومعادلة دارسي - وايسباخ :

قام تشيو [18,19] بتطبيق معادلة الإنتروبيا العشوائية لحساب السرعة المتوسطة والمعادلة المقترحة (1) ، على النحو التالي :

$$u = \frac{u_{max}}{M} \ln \left[1 + (e^M - 1) \frac{\xi - \xi_0}{\xi_{max} - \xi_0} \right] \quad (1)$$

حيث u هي السرعة و u_{max} هي السرعة القصوى، ($0 \leq \xi \leq 1$) هي الإحداثيات المكانية عندما تكون السرعة u ، ξ_0 هي القيم الدنيا لـ ξ التي تحدث عند الطبقة الحدودية للقناة ($u = 0$)، ξ_{max} هي القيم القصوى لـ ξ التي تحدث عند u ، M هي عامل الإنتروبيا العشوائي (انظر الشكل 1)



الشكل (1) $\eta - \xi$ للقناة المكشوفة [ξ و η] هي الاحداثيات المكانية ، تشيو [18]-

[19]

$$K(M) = \phi(M) \cdot M = \frac{M(e^M - e^{M+1} + 1)}{(e^M - 1)} \quad (2)$$

$$\phi(M) = \frac{(e^M - e^{M+1})}{(e^M - 1)} \quad \text{حيث :}$$

$$u = \frac{\bar{u}}{K(M)} \ln \left[1 + (e^M - 1) \left(\frac{y - y_0}{y_{max} - y_0} \right) \right] \quad (3)$$

حيث \bar{u} هي السرعة الوسطية و y هو مستوى الماء بالنسبة لك ، y_0 هو الحد الأدنى لمستوى الماء ، y_{max} هو الحد الأقصى لمستوى الماء.

في ميكانيك الموائع تستخدم معادلة دارسي- وايسباخ لتقدير معامل الاحتكاك والذي يظهر في المعادلة (4) .

$$h_L = f \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

حيث h_L هو فقدان الحمولة و f هو معامل الاحتكاك و D هو قطر الأنبوب و V هي السرعة و g هو تسارع الجاذبية . وتم تقدير معامل الاحتكاك باستخدام المعادلة الخاصة بسرعة الاحتكاك كما هو موضح في المعادلة (5)

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \sqrt{\frac{8}{f}} \quad (5)$$

حيث : u_* هي سرعة القص

2.2 . تقدير فاقد حمولة الاحتكاك Estimation of the Friction Head Loss

:

في هذا الجزء، تم استخدام معادلة لحساب فاقد حمولة (رأس) الاحتكاك باستخدام معادلة توزيع السرعة ومعادلات فاقد حمولة الاحتكاك . فإذا تم مفاضلة المعادلة (3) فيما يتعلق بتدرج السرعة ، وتم تطبيق $y_0 = 0$ و $y_{max} - y_0 = 1$ فسيتم تمثيل المعادلة على النحو التالي :

$$\left[\frac{du}{dy} \right] = \frac{\bar{u} \cdot (e^M - 1)}{R_h \cdot K(M) \cdot [1 + (e^M - 1) \cdot y]} \quad (6)$$

حيث : R_h هو نصف القطر الهيدروليكي.

أما بالنسبة للسرعة ($u = 0$) عند الطبقة الحدية، فيمكن تعديل المعادلة (6) لتصبح المعادلة (7) :

$$\left[\frac{du}{dy} \right]_{y=y_0} = \frac{\bar{u} \cdot (e^M - 1)}{R_h K(M)} \quad (7)$$

ويمكن تمثيل المعادلة (7) بمعادلة إجهاد القص المعادلة (8)، كما يلي:

$$\tau_0 = \rho v \left[\frac{du}{dy} \right]_{y=y_0} \quad (8)$$

حيث τ_0 هو إجهاد القص السفلي، ρ هي كثافة السائل، v هي اللزوجة الحركية :

$$\tau_0 = \rho v \frac{\bar{u} \cdot (e^M - 1)}{R_h \cdot K(M)} \quad (9)$$

بالإضافة إلى ذلك يمكن تمثيل المعادلة (9) بمعادلة سرعة القص المعادلة (10) :

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad (10)$$

$$u_*^2 = v \frac{\bar{u} \cdot (e^M - 1)}{R_h \cdot K(M)} \quad (11)$$

ويمكن تحديد معادلة معامل الاحتكاك من خلال دمج المعادلة (5) في المعادلة (12) التالية للمعادلة (13).

$$f = 8 \frac{u_*^2}{\bar{u}^2} \quad (12)$$

$$f = 8 \frac{v \frac{\bar{u} \cdot (e^M - 1)}{R_h \cdot K(M)}}{\bar{u}^2} \quad (13)$$

معادلة معامل الاحتكاك المقترحة هي كما يلي :

$$f = \frac{8 \cdot v \cdot F(M)}{R_h \cdot \bar{u}} \quad (14)$$

يتم تعريف $F(M)$ كما في المعادلة (15).

$$F(M) = \frac{(e^M - 1)}{K(M)} \quad (15)$$

3. التطبيق :

في هذا البحث تم اقتراح معادلة لحساب معامل احتكاك في الأنابيب. وتم التحقق من المعادلة المقترحة باستخدام بيانات نيكورادس التجريبية [20]. تم تصنيف البيانات إلى نوعين (الأنبوب الأملس والأنبوب الخشن) وتم تحديد كل منهما حسب القطر والخشونة النسبية. ثم تم تحليل البيانات المرصودة والبيانات المحسوبة (المعادلة المقترحة) باستخدام برنامج الاكسل للتجارب المبرمجة .

3.1. أنبوب أملس Smooth Pipe :

تم تصنيف البيانات المقاسة إلى خمسة أقطار هي 1، 2، 3، 5، و10 مدرجة في الجدول 1، حيث يبلغ إجمالي البيانات التجريبية 125 حالة . البيانات المدرجة في الجدول (1) هي : قطر الأنبوب (D) ، نصف القطر الهيدروليكي (R_h) ، سرعة القص

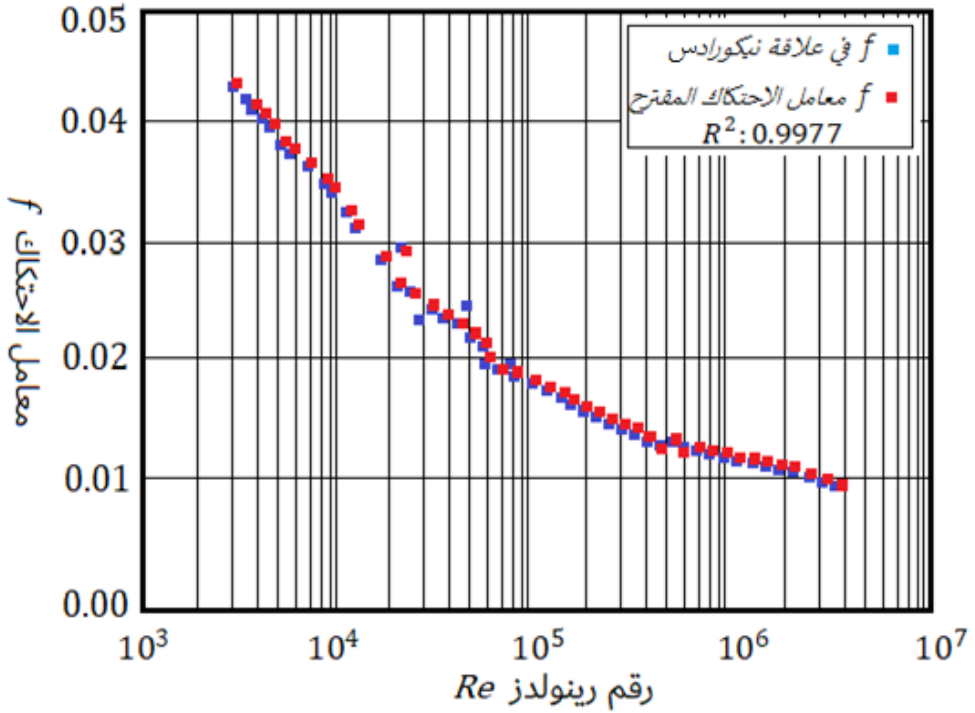
(u_*)، متوسط السرعة (\bar{u}) ، الحد الأقصى لمعدل التدفق، اللزوجة الحركية (ν) ، رقم رينولدز (Re)، ومعامل الاحتكاك (f) :

الجدول (1) مقارنة نتائج عامل الاحتكاك التي تم تحديدها من المعادلة المطورة مع البيانات المقاسة بواسطة معادلة نيكورادس بتجارب على الأنابيب الملساء

D	R_h	u_*	\bar{u}	ν	F(M)	R_e	f
1	0.25	3.124 ~14.206	42.8 ~311	0.014 ~0.0135	4.072 ~12.428	3.07 ~23	0.016692 ~0.042626
2	0.5	6.711 ~46.792	114.6 ~1053	0.0114 ~0.0135	14.555 ~89.625	17 ~182	0.015797 ~0.027434
3	0.75	4.895 ~46.996	91.4 ~1106	0.0114 ~0.0123	15.948 ~130.237	37 ~288	0.01444 ~0.02295
5	1.25	3.857 ~42.657	71.2 ~1082	0.0134 ~0.0081	21.517 ~259.529	29.3 ~670	0.0124344 ~0.0234805
10	2.5	11.234 ~83.999	259 ~2425	0.0122 ~0.007	112.076 ~969.883	238.8 ~3230	0.0095988 ~0.0150519

وتمت مقارنة نتائج معامل الاحتكاك التي تم تحديدها من المعادلة المطورة مع البيانات المقاسة بواسطة معادلة نيكورادس من تجارب الأنابيب الملساء. بعد ذلك، تم تحديد قيم الإنتروبيا $M \downarrow 125$ حالة، مع الأخذ في الاعتبار معدل التدفق وقطر الأنبوب الأملس. من هذه الإنتروبيا M ، تم حساب $F(M)$ باستخدام المعادلة (14) ومن ثم تم تقدير معامل الاحتكاك من المعادلة (15).

تمت مقارنة معاملات الاحتكاك المقدره مع البيانات المقاسة من تجارب نيكورادس كما هو موضح في الشكل 2 و في الجدول 1، تظهر معاملات الاحتكاك المقاسة انخفاضا عكسياً، بما يتناسب مع قطر الأنبوب. وفي الوقت نفسه، زادت سرعة القص ومتوسط السرعة و $F(M)$ ورقم رينولدز بسرعة مع زيادة القطر.



الشكل (2) - مقارنة معامل الاحتكاك f (أنبوب املس)

وفقاً للجدول 1، كان لأرقام رينولدز نطاق واسع جداً من 3.07 كحد أدنى إلى 3230 كحد أقصى. ولرؤية الرسم البياني في الشكل 2، استخدمنا مقياس اللوغاريتم للمحور الافقي ويبين الشكل 2 أن المعادلة المطورة تماثل بشكل جيد معاملات الاحتكاك في نيكورادس مما يدل على دقة عالية جداً، حيث كانت قيم $R^2 = 0.9977$ (مربع الانحراف المعياري).

3.2. الأنابيب الخشنة Rough Pipe :

وفي حالة تجارب الأنابيب الخشنة التي أجراها نيكورادس، تم تمثيل الخشونة بالرمل الملصق بجدار الأنبوب (خشونة صناعية). تم قياس نيكورادس من إجمالي 362 حالة

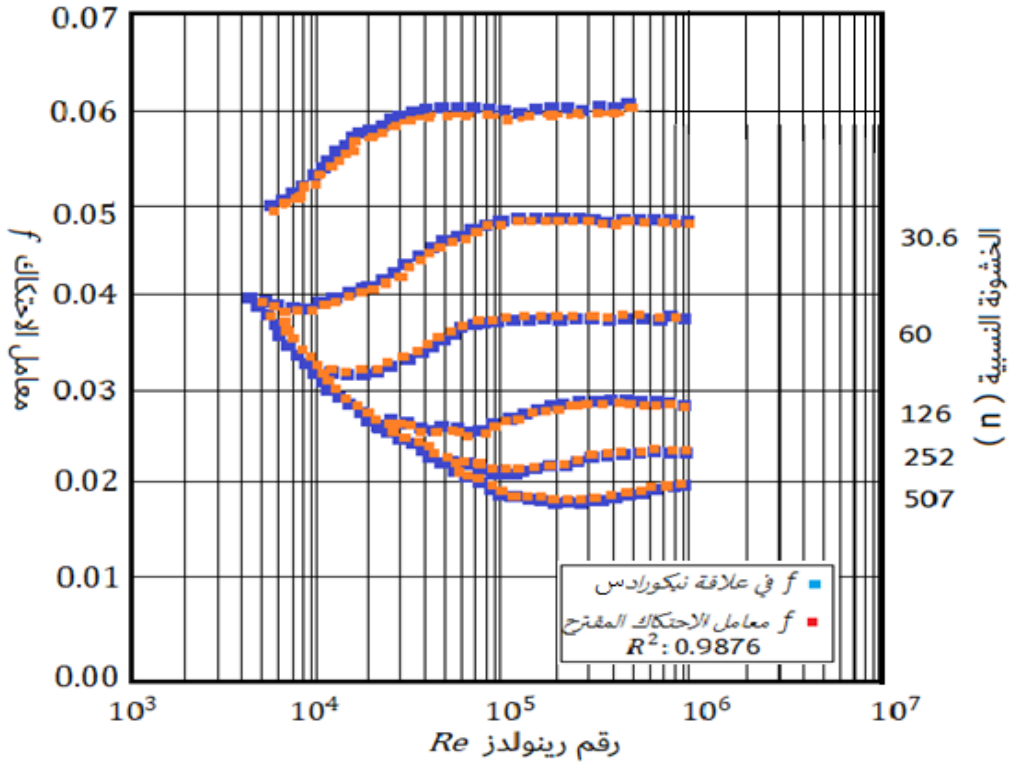
تجربة وتم تصنيفها إلى ستة حالات خشونة نسبية : 30.6، 60، 126، 252، 507، تم تصنيف كل نوع من الخشونة النسبية إلى ثلاثة أقطار 9.94 سم، 4.94 سم، و 2.44 سم. في البيانات حيث الخشونة النسبية $(r/k) = n$ و قطر الأنبوب (D) و نصف القطر الهيدروليكي (R_h) و سرعة القص (u_*) و متوسط السرعة (\bar{u}) و الحد الأقصى لمعدل التدفق $F(M)$ و اللزوجة الحركية (ν) ، رقم رينولدز (Re) ومعامل الاحتكاك (f) مدرجة في الجدول 2 .

الجدول (2) نتائج قياسات نيكورادس لجدران خشنة للحالات الستة

$r/k = n$	D	R_h	u_*	\bar{u}	ν	$F(M)$	R_e	f
507	9.94	2.485	0.923 ~41.621	15.45 ~845	0.009 ~0.012	11.622 ~586.711	13.0017 ~970.51	0.0171 ~0.0286
252	9.94	2.485	3.753 ~47.724	72.3 ~880	0.0089 ~0.0128	37.815 ~722.652	55.9758 ~979.49	0.0209 ~0.0236
	4.94	1.235	2.578 ~59.494	43.4 ~1104	0.0086 ~0.0132	14.325 ~44.893	16.2181 ~612.35	0.0209 ~0.0282
126	9.94	2.485	7.018 ~49.213	121 ~832	0.0081 ~0.0135	85.427 ~820.413	88.1251 ~970.51	0.026 ~0.0285
	2.474	0.6185	1.597 ~43.793	22.8 ~755	0.128 ~0.133	0.524 ~12.274	2.4917 ~145.881	0.0246 ~0.0393
60	9.8	2.434	6.611 ~60.015	101 ~896	0.0092 ~0.0132	80.32 ~1027.512	74.9894 ~916.22	0.0342 ~0.037
	2.434	0.6085	1.665 ~52.158	23.8 ~795	0.0114 ~0.0128	5.54 ~182.656	4.4978 ~170.216	0.0303 ~0.0392
30.6	9.64	2.41	7.449 ~70.518	99 ~934	0.009 ~0.011	121.686 ~1425.711	85.9014 ~1000	0.0447 ~0.0458
	4.87	1.2175	5.153 ~73.023	70 ~975	0.0105 ~0.0128	36.08 ~634.153	26.6073 ~451.856	0.0426 ~0.0458
	2.434	0.6085	1.704 ~49.616	24.9 ~664	0.0107 ~0.0129	5.738 ~210.841	4.69894 ~151.008	0.0378 ~0.0453
15	4.82	1.205	6.515 ~142.177	75.5 ~1648	0.0072 ~0.0132	51.318 ~1957.896	27.5423 ~1018.59	0.0596 ~0.0608
	2.412	0.603	2.427 ~68.31	30.81 ~788	0.0098 ~0.0126	9.153 ~364.357	5.88844 ~192.752	0.0497 ~0.061

تم تحديد قيم الانتروبيا $M \downarrow 362$ حالة تم فحصها بواسطة نيكورادس مع الأخذ في الاعتبار معدل التدفق وقطر الأنبوب الأملس. قمنا أيضاً بحساب $F(M)$ باستخدام المعادلة (14) وحددنا معامل الاحتكاك من المعادلة (15)

تمت مقارنة معاملات الاحتكاك المحددة مع معاملات الاحتكاك المقاسة من تجارب نيكورادس كما هو موضح في الشكل 3. يوضح الشكل 3 أن سرعة القص المقاسة والسرعة المتوسطة وعدد رينولدز كان لها نطاق معين، لكن معامل احتكاك الأنابيب كان له منطقة في نطاقات ضيقة



الشكل (3) - مقارنة معامل الاحتكاك f (أنبوب خشن) $n = r/k$.

ولرؤية الرسم البياني في الشكل 3 أيضاً استخدمنا مقياس اللوغاريتم للمحور الأفقي. يوضح الشكل 3 أن المعادلة المشتقة تمثل بشكل جيد معاملات الاحتكاك في نيكورادس ، مما يدل على دقة عالية جداً حيث تتراوح قيم R^2 مربع الانحراف المعياري من 0.9796 إلى 0.9941.

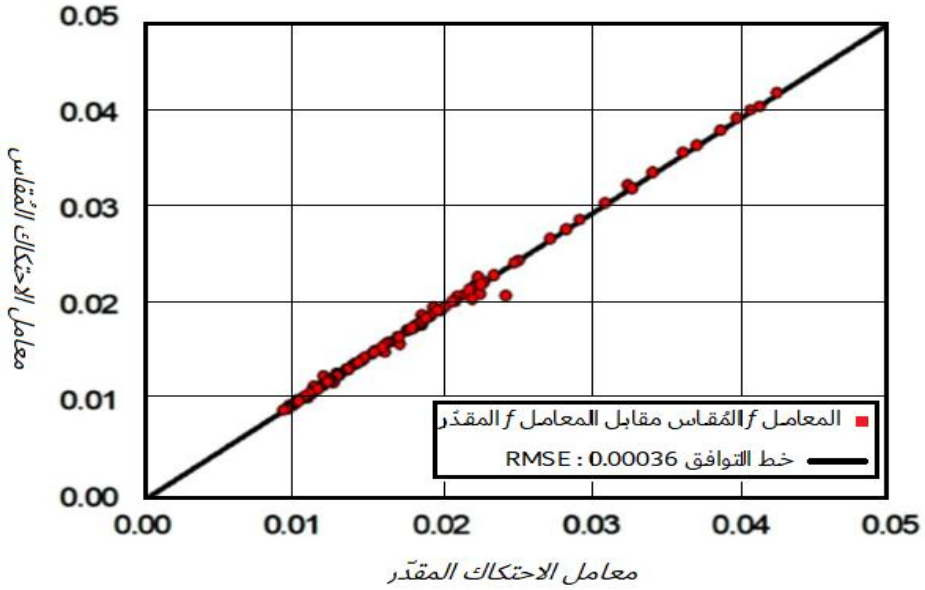
3.3 RMSE (الجذر لمربع الخطأ المتوسط) :

إن RMSE هو المقياس المعياري، وهو الفرق بين القيم التي تتبأ بها النموذج والقيم الفعلية المرصودة. كما يمكن RMSE من دمج القدرة التنبؤية في وحدة قياس واحدة. يتم تعريف RMSE لتنبؤ النموذج للمتغير المقدر $X_{est,i}$ على أنه الجذر التربيعي لمعادلة مربع الخطأ المتوسط كما توضح المعادلو (16).

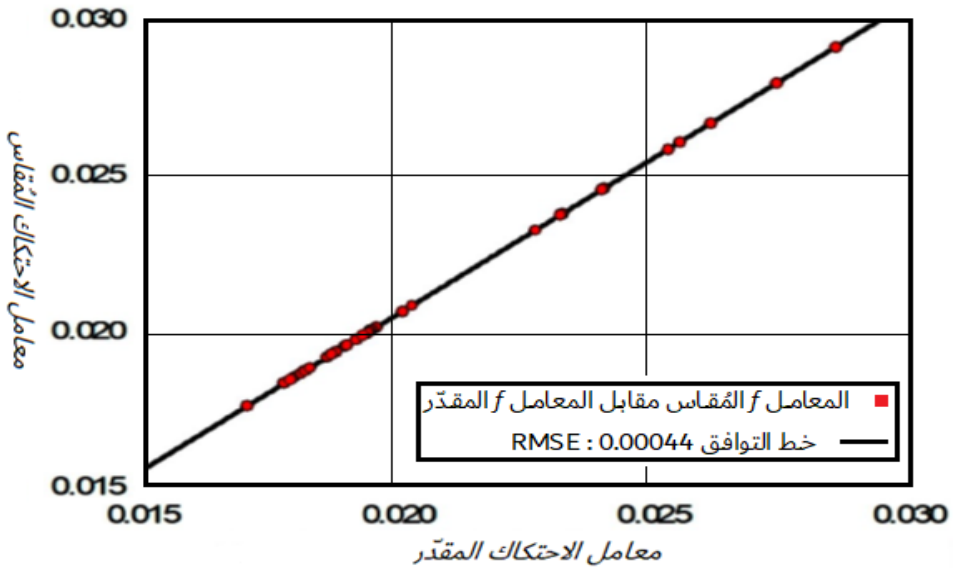
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{est,i})^2}{n}} \quad (16)$$

4. النتائج والمناقشة :

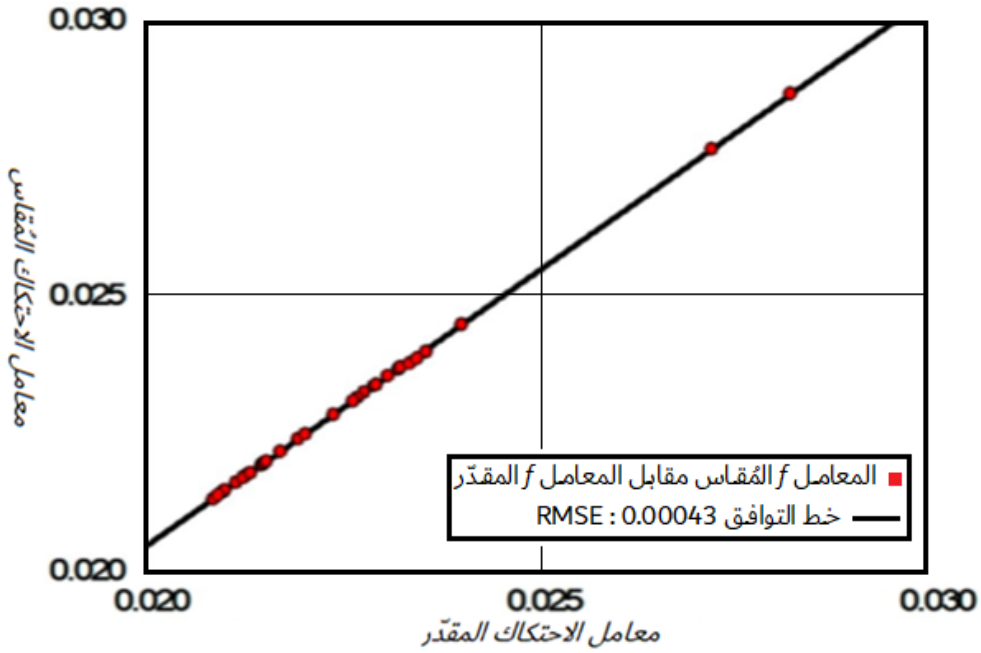
تمت مقارنة معاملات الاحتكاك المحددة للأنايب مع تلك التي تم قياسها بواسطة نيكورادس ، كما هو موضح في الشكل 4 والشكل 5 والشكل 6 والشكل 7 والشكل 8 كانت كل قيم RMSE المحددة منخفضة جداً من 0.000366 إلى 0.000436 مبين في الجدول 3.



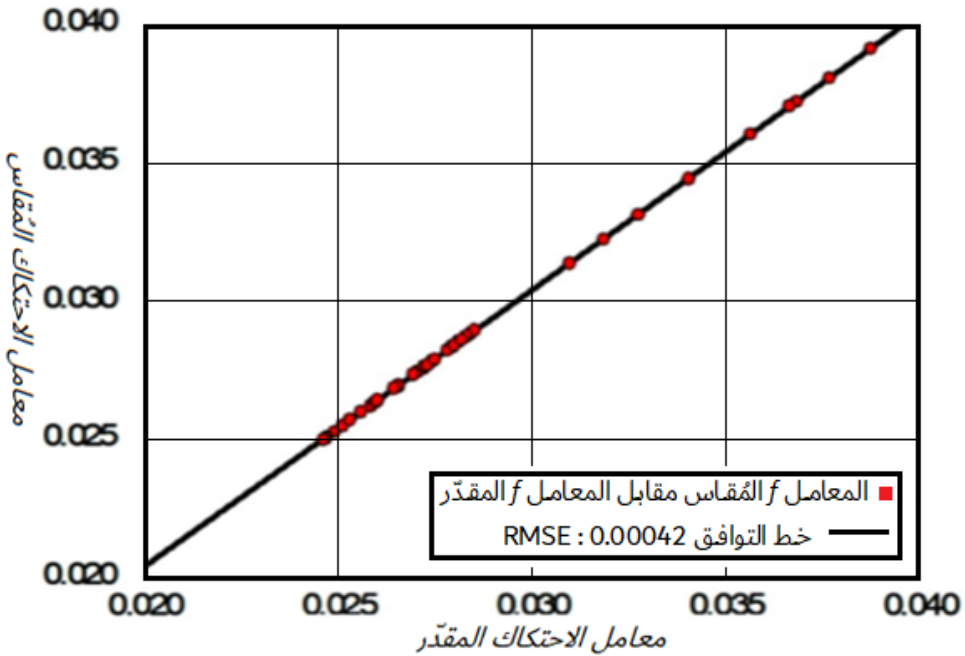
الشكل (4) مقارنة وتحقق من معامل الاحتكاك المقدر (أنبوب أملس)



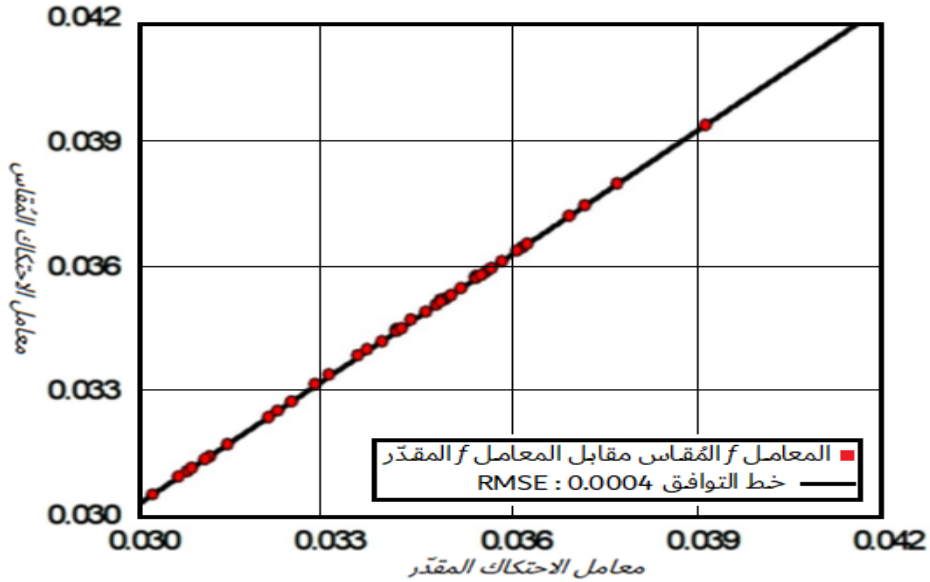
الشكل (5) مقارنة و تحقق من معامل الاحتكاك (أنبوب خشن $n = 507$)



الشكل (6) مقارنة و تحقق من معامل الاحتكاك (أنبوب خشن $n = 252$)



الشكل (7) مقارنة و تحقق من معامل الاحتكاك (أنبوب خشن $n = 126$)



الشكل (8) مقارنة و تحقق من معامل الاحتكاك (أنبوب خشن $n = 60$)

الجدول (3) مقارنة معاملات الاحتكاك المحددة للجدران مع تلك التي تم قياسها

		R ²	RMSE
جدار أملس		0.9977	0.000366
جدار خشن	507	0.9923	0.000436
	252	0.9796	0.000434
	126	0.9886	0.000423
	60	0.9875	0.000399
	30.6	0.9941	0.000433
	15	0.9846	0.000420

استخدم في هذه الدراسة طريقة نسبة التناقض وهي طريقة التحليل الإحصائي لحساب النسبة بين معاملات المعادلة المقاسة والمحددة (17) .

$$\log \left(\frac{\text{estimated } f}{\text{measured } f} \right) = \text{constant} \quad (17)$$

يتم تصنيف كل قيد محسوب بترتيب تصاعدي ثم يتم التعبير عنه كنسبة مئوية من قسم معين. إذا كانت القيمة أكبر من 0 ، فهذا يعني الإفراط في التحديد، وإذا كانت أقل من 0، فهذا يعني نقص التحديد.

وتمت مقارنة معاملات الاحتكاك المحددة مع نتائج نيكورادس، وتبين أن نتائج نسبة التناقض في المعادلة المقترحة تم توزيعها جميعها بالقرب من 0 وفي حالة الأنابيب الأملس، وجد أنها منخفضة للغاية قريب من 0 في نطاق 0.055 إلى 0.029 في حالة الأنابيب الخشن، يتم توزيعه في نطاق -0.011 إلى 0.003.000 ويميل إلى اهماله ، لكن التوزيع الإجمالي قريب جداً إلى الصفر.

5. الاستنتاجات Conclusions :

اقترح في هذه الدراسة معادلة جديدة باستخدام معادلة السرعة المتوسطة المبنية على الإنترنتوبيا العشوائية لتقدير معامل احتكاك الأنابيب، وهو عامل مهم جداً لتحديد فقد احتكاك الأنابيب والضيعات الطولية .

استخدمت المعادلة المقترحة عامل $F(M)$ المشتق من خلال الجمع بين صيغة دارسي- وايسباخ لفاقد حمولة الاحتكاك ومعادلة سرعة القص ومعادلة السرعة المتوسطة لتشيو .

بالإضافة إلى ذلك، يمكن حساب المعادلة المقترحة بكل بساطة وسهولة باستخدام فقط مواصفات الأنابيب وقيم الإنترنتوبيا M ومتوسط السرعة دون معرفة فقدان حمولة الاحتكاك ورقم رينولدز .

أظهرت نتائج التقييم أن المعادلة المقترحة تمثل بشكل جيد بيانات نيكورادس المقاسة وكذلك قيمة R^2 كانت 0.998 للأنايبب الملساء و 0.979 إلى ~0.994 للأنايبب الخشنة. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد RMSE ليكون 0.00036 للأنايبب الملساء ومن 0.00039 إلى 0.00044 للأنايبب الخشنة.

تتراوح نسبة التناقض من 0.055 إلى 0.029. للأنايبب الملساء وتتراوح من 0.011 إلى 0.003 في حالة الأنايبب الخشنة. ومن خلال هذه الدراسات التقييمية، كانت دقة المعادلة المقترحة عالية وبسيطة في التطبيقات.

وهذا يوضح أن المعادلة المقترحة يمكن تطبيقها على قيم خشونة الأنايبب المختلفة والتدفق الصفحي والمضطرب.

من المتوقع أن تمكن معادلة معامل احتكاك الأنايبب المقترحة في هذه الدراسة من التقدير المناسب لمعدلات التدفق إلى حد أكبر من المعادلات الحالية.

بالإضافة إلى ذلك، سيكون من الممكن تطوير طريقة جديدة لحساب معاملات الخشونة من خلال البحث المستمر على المعادلة المقترحة.

كذلك سيكون من الممكن أيضاً الرد على رقم رينولدز من خلال دراسة طريقة تطبيق $F(M)$ المستخدمة في المعادلة المقترحة .

References

1. Jones O.C. An improvement in the calculation of turbulent friction in rectangular ducts. *J. Fluids Eng.* 1976;98:173–180. doi: 10.1115/1.3448250.
2. Garcia E.J., Steffe J.F. Comparison of friction factor equations for non-Newtonian fluids in pipe flow. *J. Food Process. Eng.* 1986;9:93–120. doi: 10.1111/j.1745-4530.1986.tb00120.x.
3. Su Z., Gudmundsson J.S. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers; Houston, TX, USA: 1994. Friction factor of perforation roughness in pipes.
4. Romeo E., Royo C., Monzón A. Improved explicit equations for estimation of the friction factor in rough and smooth pipes. *Chem. Eng. J.* 2002;86:369–374. doi: 10.1016/S1385-8947(01)00254-6.
5. McKeon B.J., Swanson C.J., Zagarola M.V., Donnelly R.J., Smits A.J. Friction factors for smooth pipe flow. *J. Fluid Mech.* 2004;511:41–44. doi: 10.1017/S0022112004009796.
6. Cheng N.S. Formulas for friction factor in transitional regimes. *J. Hydraul. Eng.* 2008;134:1357–1362. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2008)134:9(1357).
7. Trinh K.T. On the Blasius correlation for friction factors. arXiv. 20101007.2466]
8. Calomino F., Alfonsi G., Gaudio R., Ippolito A.D., Lauria A., Tafarojnoruz A., Artese S. Experimental and numerical study of

- free-surface flows in a corrugated pipe. *Water*. 2018;10:638. doi: 10.3390/w10050638.
9. Tonye K.J. A computer program for pipe friction factor calculation. *Int. J. Eng. Technol.* 2012;2:266–269.
10. Padilla E.A., Begovich O., Pizano-Moreno A. Fluid Dynamics in Physics, Engineering and Environmental Application. Springer; Berlin/Heidelberg, Germany: 2013. Friction Coefficient in plastic pipelines; pp. 449–454
11. Neihguk D., Munjal M.L., Prasad A. Friction factor for perforated pipes; Proceedings of the COMSOL Conference 2015; Pune, India. 17 November 2015. [[Google Scholar](#)]
12. Liakopoulos A., Sofos F., Karakasidis T.E. Friction factor in nanochannel flows. *Microfluid. Nanofluidics*. 2016;20:24. doi: 10.1007/s10404-015-1699-5. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
13. Ramos F., Cruz D., Anbarlooei H. New friction factor and mean velocity profile for turbulent pipe flow at extreme Reynolds number. *Bull. Am. Phys. Soc.* 2018;63:13. [[Google Scholar](#)]
14. Najafzadeh M., Shiri J., Sadeghi G., Ghaei A. Prediction of the friction factor in pipes using model tree. *ISH J. Hydraul. Eng.* 2018;24:9–15. doi: 10.1080/09715010.2017.1333926. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Mishra M., Deshpande A., Kumar B. Hydrologic Modeling. Springer; Berlin/Heidelberg, Germany: 2018. Performance appraisal of friction factor estimators; pp. 475–498

16. Díaz-Damacillo L., Plascencia G. A new six parameter model to estimate the friction factor. *AICHE J.* 2019;65:1144–1148. doi: 10.1002/aic.16535.
17. Pérez-Pupo J.R., Navarro-Ojeda M.N., Pérez-Guerrero J.N., Batista-Zaldívar M.A. On the explicit expressions for the determination of the friction factor in turbulent regime. *Rev. Mex. Ing. Química.* 2020;19:313–334. doi: 10.24275/rmiq/Fen497.
18. Chiu C.L. Velocity distribution in open channel flow. *J. Hydraul. Eng.* 1988;115:576–594. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1989)115:5(576).
19. Chiu C.L. Application of entropy concept in open-channel flow study. *J. Hydraul. Eng.* 1989;117:615–628. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1991)117:5(615).
20. Nikuradse J. *Laws of Flow in Rough Pipes.* Translation of *Stromungsgesetze in Rauhen Rohren.* Nikuradse, Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. NACA; Washington, DC, USA: 1933. NACA Technical Memorandum 1292.

دراسة الشروط المثلى لتصنيع اللبن الرائب بإضافة

حليب الفول السوداني

د.رمضان عطرة: أستاذ في قسم الهندسة الغذائية بجامعة البعث.

د.بدور عجيب: مدرس في قسم الهندسة الغذائية بجامعة البعث.

م علي دردر: طالب دكتوراه في قسم الهندسة الغذائية بجامعة البعث.

ملخص البحث

تم في هذا البحث تحضير حليب الفول السوداني من حبوب الفول السوداني ، وأجريت تجربة تحضير اللبن الرائب من الحليب البقري كتجربة شاهد وتجارب تحضير اللبن الرائب من الحليب البقري مضافاً إليه حليب الفول السوداني المحضر بنسب مختلفة 10% و 20% و 30%.

ولإجراء عملية التخمير تم استخدام بادئ مكون من سلالتين من بكتريا حمض اللبن

Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus, Streptococcus thermophile

وأضيف بنسب مختلفة 2% و 2.5% و 3% ، حيث أجري التخمير عند درجتَي حرارة

40 م° و 45 م° واستمرّ التخمير حتّى الوصول إلى رقم حموضة تساوي 4.6 ومن ثم تم تبريد العينات وحفظها لمدة 28 يوم عند درجة حرارة 4 م°.

أجريت التحاليل الفيزيائية و الكيميائية والميكروبيولوجية على العينات المحضرة، وبيّنت النتائج أنّ تطوّر الحموضة في أثناء التخمير أعلى وفترة التخمير أقل في تجربة الشاهد منها في عينات الحليب البقري المضاف له حليب الفول السوداني ، حيث بلغ معدل

الانخفاض في رقم pH في المعاملات E و F و G (0.46 و 0.43 و 0.38) على التوالي أما في الشاهد (0.507) وذلك عند اضافة بادئ بنسبة 3%.

كما بيّنت النتائج تأثير نسبة إضافة حليب الفول السوداني في تعداد البكتريا اللبنية التي تزداد مع زيادة نسبة الإضافة مع بقاء نسبة الحموضة منخفضة مقارنة مع تجربة الشاهد، وكانت نسبة الإضافة الأمثل لحليب الفول السوداني هي 20% . أما تعداد البكتريا اللبنية ونشاطها أثناء التخمر كان أعلى في معاملات الحليب البقري المضاف له حليب الفول السوداني وازداد بازياد نسبة حليب الفول السوداني المضافة حيث تجاوز التعداد ($10^7 \times 31$ مستعمرة/مل) عند انتهاء عملية التخمر .

كما بيّنت النتائج أثناء التخزين تأثير نسبة إضافة حليب الفول السوداني في تعداد البكتريا اللبنية التي تزداد مع زيادة نسبة الإضافة مع بقاء درجة الحموضة الكلية منخفضة أقل من 1.8% مقارنة مع معاملة الشاهد 3.9% وذلك حتى اليوم 28 من فترة التخزين المبرّد ، وكانت نسبة الإضافة الأمثل لحليب الفول السوداني هي 20% وقد احتفظ المنتج اللبني الجديد بخواص حسية جيدة و تعداد البكتريا اللبنية الذي وصل إلى مستوى عالي ($10^7 \times 15$ مستعمرة/مل) وذلك حتى اليوم 14 من فترة التخزين المبرّد .

الكلمات المفتاحية : حليب بقري، حليب الفول السوداني ، التخمر اللبني، لبن رائب.

Studying the optimal conditions for manufacturing yoghurt by adding peanut milk

Abstract

In this research, peanut milk was prepared from peanut kernels, and an experiment was conducted to prepare yogurt from cow's milk as a control experiment, and experiments were conducted to prepare yogurt from cow's milk with the addition of peanut milk prepared in different proportions of 10%, 20%, and 30%. To perform the fermentation process, a starter consisting of two strains of lactic acid bacteria was used *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus*, *Streptococcus thermophiles*, It was added in different proportion++++++s (2%, 2.5% and 3%), and fermentation was carried out at two temperatures 40 °C and and 45 °C, and fermentation continued until pH = 4.6 was reached. Then the samples were cooled and stored for 28 days at a temperature of +4°C.

Physical, chemical, and microbiological analyzes were conducted on the prepared samples, and the results showed that the development of acidity during fermentation was higher and the fermentation period was shorter in the control experiment than in samples of cow's milk to which peanut milk was added, where the rate of decrease in pH in treatments E, F, and G was (0.46, 0.43, and 0.38), respectively, while in the control (0.507), when adding a starter at a rate of 3%. The results also showed the effect of the addition rate of peanut milk on the number of lactic bacteria, which increased with the increase in the addition rate while the acidity rate remained low compared to the control experiment. The optimal

addition rate for peanut milk was 20%. The number of lactic bacteria and their activity during fermentation was higher in treatments of cow's milk to which peanut milk was added, and it increased with the increase in the percentage of peanut milk added, as the count exceeded (31×10^7 cfu/ml) at the end of the fermentation process. The results during storage also showed the effect of the peanut milk addition rate on the number of lactobacillus bacteria, which increased with the increase in the addition rate, while the total pH remained low, less than 1.8%, compared to the control treatment of 3.9%, until the 28th day of the refrigerated storage period. The addition rate was The optimum for peanut milk is 20%. The new dairy product maintained good sensory properties and the lactobacillus count reached a high level (15×10^7 cfu/ml) until the 14th day of the cold storage period.

Keywords: cow's milk, peanut milk, lactic fermentation, yoghurt.

أولاً: المقدمة والدراسة المرجعية :Introduction and Literature Review

يُعدُّ الفول السوداني الاسم العلمي: (*Arachis hypogaea*) من البقوليات التي يعود أصلها إلى أمريكا الجنوبية، وليس للفول السوداني علاقة بالمكسرات، فهو مُرتبطٌ بالبقوليات (كالفاصولياء، والعدس، وفول الصويا).

يشغل الفول السوداني المرتبة الرابعة في العالم بين المحاصيل البذرية الزيتية من حيث المساحة والإنتاج بعد كل من فول الصويا، عباد الشمس، و القطن وفي عام 2016 بلغ الإنتاج العالمي من الفول السوداني نحو 98.43 مليون طن ،من مساحة قدرها نحو 66.27 مليون هكتار. [20]

تتصدر الصين انتاج الفول السوداني بحصة تبلغ حوالي 45% من اجمالي الانتاج العالمي ، بينما الهند(16%) والولايات المتحدة الأمريكية 5%

أما عربيا فتحتل السودان المرتبة الأولى بمساحة مزروعة 2.02 مليون هكتار وإنتاج قدره 942000 طن. [9]

وجد من خلال بيانات المجموعة الإحصائية الزراعية لعام 2017 أن المساحة المزروعة بالفول السوداني في سورية بلغت نحو(6808)هكتار وشغلت محافظة حماه المرتبة الأولى من حيث المساحة بنسبة قدرها (71.35%) من إجمالي مساحة الفول السوداني على مستوى القطر، تليها محافظة طرطوس بالمرتبة الثانية بنسبة بلغت (18.65%) من إجمالي المساحة.

يُعدُّ الفول السوداني ذا قيمة غذائية عالية؛ حيث إنه مصدرٌ ممتازٌ للبروتين النباتي، والألياف، والعديد من الفيتامينات، والمعادن.

وتبيّن النقاط الآتية بعض الفوائد الصحيّة الأخرى للفول السوداني: [17]

1- مصدرٌ غنيٌّ بمضادات الأكسدة:

حيث يُعدُّ الفول السوداني مصدرًا غنيًا بأحد مركّبات الفينولات الذي يُعرف باسم الريسفيراترول والذي يُقلّل من خطر الإصابة بالعديد من الأمراض، مثل: السرطان، والزهايمر، والأورام، بالإضافة إلى أمراض القلب، والالتهابات، كما تبين أنّه يُقلّل من خطر الإصابة بالسكتة الدماغية؛ وذلك لأنّه يُعزّز تدفّق الدّم في الدّماغ بنسبةٍ تصل إلى 30%، ومن مضادّات الأكسدة الأخرى التي يحتوي عليها الفول السوداني؛ الإيزوفلافون، وحمض الفيتيك، والفايتوستيرول.

2- مصدر غنيٌّ بالمعادن:

إذ يحتوي الفول السوداني على مجموعةٍ متنوّعةٍ من المعادن، ومنها: الفسفور، المغنيسيوم النّحاس المنغنيز.

3- تعزيز صحة القلب:

إذ يحتوي الفول السوداني على نسبةٍ أكبر من الدهون الصحيّة الأحادية غير المُشبعة والدهون المتعددة غير المُشبعة مقارنةً بالدهون المُشبعة.

4- التحكم بمستويات سكر الدّم:

حيث إنّ الفول السوداني يُعدُّ غذاءً ممتازًا للأشخاص الذين يعانون من مرض السكري، أو ممّن لديهم خطر الإصابة به، فهو ذو مؤشرٍ جلايسيميٍّ مُنخفضٍ؛ وبالتالي فإنّه لا يرفع سكر الدّم بشكلٍ كبير، وذلك لأنّه مُنخفضٌ نسبيًا في الكربوهيدرات، وغنيٌّ

بالبروتين، والدهون، والألياف التي تُبطئ عملية الهضم؛ مما يجعل تحرير الطاقة أكثر ثباتاً، كما يحتاج البروتين وقتاً أطول للهضم مقارنةً بالكربوهيدرات البسيطة.

إن تحميص الفول السوداني عند الدرجة 100 م° لمدة 20 دقيقة يحسن المكون الغذائي ، و يسهل إزالة القشرة و يقلل نكهة الفول السوداني . [16]

إن الفول السوداني المحمص والمقلي والمسلوق ممتاز لتحضير حليب الفول السوداني ويمكن استخدامه كبديل مناسب للحليب البقري . [13]

يُستهلك الفول السوداني مُحَمَّصاً، أو يُتناول على شكل زبدة الفول السوداني، ومن منتجاته الأخرى؛ الزيت، والدقيق، وبروتين الفول السوداني، والتي تُستخدم في الحلويات، والكعك، والوجبات الخفيفة، وغيرها . [4]

أن النقع بمحلول NaHCO_3 يقلل من النكهة الغير مرغوبة في حليب الفول السوداني كذلك الأمر بالنسبة الحرارة (التحميص-الطبخ) تؤدي إلى تعطيل الإنزيمات المسؤولة جزئياً عن تطوير تلك النكهة. [4]

تاريخياً يعد التخمر طريقة لحفظ الحليب كونه مادة أولية سهلة الفساد والتحلل وبعدها انتشرت هذه المنتجات بسرعة لفائدتها وخصائصها الحسية المقبولة (الحالة الطازجة والحموضة المقبولة والنكهة الدسمة)، فاللبن الرائب الخاثر علاوة على قيمته الغذائية فقد استخدم خلال فترات طويلة كمادة غذائية صحية بفعل الأثر المفيد لبكتريا حمض اللين ، *Lactobacillus delbrueckii ssp.bulgaricus* ، و *Streptococcus thermophilus* وتتصف هذه الأخيرة بقدرتها على تثبيط البكتريا الضارة ضمن المادة الغذائية أو في الوسط الموجودة فيه [18].

بالرغم من أن تصنيع و استهلاك الألبان المخمرة يعود إلى العهود القديمة فإن التقدم التقني في تصنيع و تنظيم تركيب و تنوع اللبن الرائب يتوافق مع الجهود العلمية والأبحاث خلال السنوات الأخيرة، وإن كل تغير في تركيب المادة الغذائية وطرائق التصنيع يؤدي إلى تغيرات في التركيب والخصائص الحسية كالقوام والطعم والتي تحدد مدى قبول المستهلك لهذه المنتجات، ولذلك يقع على عاتق الباحثين تقديم المعلومات الدقيقة والطرائق والتصميم والمعلومات الخاصة بالمنتج لدى المستهلك، و وجد إن العوامل المحددة لنوعية اللبن الرائب الخاثر تكمن في النوعية الصحية والخصائص الفيزيائية والكيميائية والتغذية والخصائص الحسية، وتبين الأعمال العديدة وجود علاقة بين طبيعة المادة الأولية والطرائق التكنولوجية المستخدمة للحصول على منتجات ثابتة تتوافق مع التشريعات الناظمة ومتطلبات المستهلك [19].

تصنيع حليب الفول السوداني

تم تحضير حليب الفول السوداني باستخدام طريقة [12] حيث تم فرز البذور لإزالة الحبوب متغيرة اللون وأي مواد غريبة، ثم تحميص بذور الفول السوداني عند درجة حرارة 130 لمدة 20 دقيقة في الفرن، ثم تقشير البذور ووزنها قبل نقعها في 0.5 جم / 100 مل NaHCO_3 لمدة 12 ساعة على الأقل. تم بعد ذلك غسل البذور بالماء وخلطها بالماء ونقلها إلى خلاط من الفولاذ المقاوم للصدأ لمدة 5 دقائق تم ترشيح الحليب الناتج من خلال قطعة قماش جبن ذات طبقتين.

تم إجراء المعالجة الحرارية بالبسترة في 90 درجة مئوية / 20 دقيقة ، يتبعها التبريد الفوري إلى 4 درجات مئوية.

ثانياً: هدف البحث Aim of the research:

هدف البحث إلى:

- 1- تصنيع حليب الفول السوداني من حبوب فول الفول السوداني و التخلص من المشاكل التي تظهر في الحليب المصنع (النكهة الحبوبية)
- 2- دراسة تأثير خلط نسب مختلفة من حليب الفول السوداني مع حليب البقر في التركيب الكيميائي والصفات الحسية ونشاط البادئ وأعداد البكتيريا اللبنية في أثناء التخمير .

ثالثاً - المواد والطرق Materials and Methods :

3-1- المواد المستخدمة Materials :

لإنجاز هذا البحث استخدمت المواد التالية:

1. حليب بقري مبستر مجنس مضبوط الدسم انتاج معمل ألبان حمص، وذلك لضمان ثبات التركيب الكيميائي للحليب المستخدم في تحضير جميع العينات
2. حبوب الفول السوداني :
3. بادئ اللبن الرائب :

وهو بكتريا حمض اللبن نقي (انتاج شركة بيوتيك-ايطاليا) انتاج مختبرات شركة امنة

-سوريا-حمص- مدينة حسياء الصناعية والمكون من البكتريا *Lactobacillus*

bulgaricus , *Streptococcus thermophiles*

بنسبة 1:1

1. المواد الكيميائية الضرورية لعملية تحليل كل من حبوب الفول السوداني و حليب الفول السوداني والحليب البقري واللبن الرائب. (ماءات الصوديوم ، ميتانول ، حمض الكبريت المركز ، فورمول).

2. الأجهزة و الأدوات الكهربائية اللازمة لعمليات التحضير و التحليل :
خلاط كهربائي، حاضنة، ميزان حساس، حمام مائي، مجموعة من الأدوات الزجاجية.
 3. الأوساط الزرعية ومتطلبات الزرع الجرثومي:
تم عد بكتيريا حمض اللبن في منتجات اللبن المحضر والمخزن بالتبريد وتتلخص الطريقة [8].
 - يؤخذ (1ml) من اللبن الرائب المحضر بعد إجراء التجنيس (التحريك).
 - تحضر التخفيفات المناسبة.
 - تزرع الكائنات الحية الدقيقة في البيئات المناسبة باستخدام طريقة الزرع السطحي (3 مكررات) والتحضين عند درجات حرارة مناسبة لفترات مناسبة.
 - لعد بكتيريا حمض اللبن العصوية تم تتميتها على الوسط المغذي الانتخابي MRS آجار، و التحضين عند الدرجة (30 م°) لمدة 48 ساعة.
 - لعد بكتيريا حمض اللبن الكروية تم استخدام الوسط المغذي الانتخابي M17 آجار، و التحضين عند الدرجة (30 م°) لمدة 48 ساعة.
 - لعد الكوليفورم استخدم وسط ماكونكي و التحضين عند (37 م°) لمدة 48 ساعة.
 - لعد بكتيريا السالمونيلا استخدام بيئة S S وبالتحضين عند درجة حرارة (30 م°) لمدة 48 ساعة.
- 3-2- الطرائق المستخدمة :
- 3-2-1- تحضير البادئ: [2].
- اضيف 1 غ من مزرعة البادئ المجفدة إلى 1 لتر حليب فرز معقم والمبرد الى درجة حرارة 43 م°
 - التحضين على درجة حرارة 45 م° حتى الوصول إلى رقم pH = 4.6 .

- يبرد حتى درجة حرارة 4 م° ويخزن مبرد لحين الاستخدام .

3-2-2 - تحضير اللبن الرائب:

تم تحضير اللبن الرائب باستخدام بادئ الإضافة الذي تم تحضيره والمكون من البكتريا

Lactobacillus bulgaricus , *Streptococcus thermophilus*

وفق الخطوات التالية:

تم تحضير المعاملات بخلط الحليب البقري و حليب الفول السوداني وفق النسب

المقترحة واعطاء رمز لكل عينة كما يوضح الجدول (4)

الجدول(4) نسب المزج لحليب الفول السوداني والحليب البقري ورمز كل منها

رمز العينة	العينة
A	(شاهد) حليب بقري 100%
E	حليب بقري 90% + حليب الفول السوداني 10%
F	حليب بقري 80% + حليب الفول السوداني 20%
G	حليب بقري 70% + حليب الفول السوداني 30%

- تعامل العينات حراريا على درجة 95 م° لمدة 5 دقائق.
- تبرد ضمن حمام مائي حتى درجة حرارة 43 م° .
- إضافة البادئ بنسب 2% و 2.5% و 3% إلى العينات مع التحريك .
- التحضين عند درجتي حرارة 40 م°، 45 م° حتى الوصول إلى رقم $pH = 4.6$
- او درجة حموضة 80-90 درجة دورنيكية
- تخزين اللبن الرائب الناتج عند درجة حرارة 4 م° .

3-3-3 - الاختبارات الكيميائية والفيزيائية:

تم إجراء التجارب العملية والتحليل المخبرية في مخابر قسم الهندسة الغذائية في جامعة

البعث، وقد تم تحديد النتائج عن طريق الاختبارات والتجارب التالية: [1]

1- المواد الصلبة الكلية: بطريقة التجفيف عند الدرجة 105 م° حتى ثبات الوزن.

2- المواد البروتينية: تم تقديرها بطريقة كداهل (N×6.25) باستخدام جهاز كداهل.

3- المواد الدسمة: تم تقديرها اعتماداً على طريقة جريب.

4- الحموضة المعيارية: عن طريق المعايير بماءات الصوديوم 0.1N وحسابها كنسبة مئوية مقدره على أساس حمض اللبن.

5- الصلابة (القوام) باستخدام جهاز (TA-XT.plus Texture).

6- تقدير نسبة المصل المنفصل. [3]

3-3-4 - الاختبارات الميكروبية للبن الرائب:

تمت دراسة حركية التخمر اللبني خلال فترة التحضين، و دراسة تأثير إضافة البادئ إلى العينات بثلاث تراكيز 2% و 2.5% و 3% وذلك قبل عملية التحضين، ثم وضع العينات في الحاضنة عند درجتى حرارة 40 م°، 45 م° ثم سحب العينات كل ساعة خلال فترة التحضين وذلك من لحظة إضافة البادئ وتقدير تعداد البكتيريا اللبنية من خلال زرع في أوساط زرعيه .

كما تم تعداد البكتيريا اللبنية أثناء التخزين المبرد كل سبعة أيام و لمدة 28 يوم.

3-3-5 - التحليل الاحصائي:

تم اجراء ثلاث مكررات لكل اختبار ، وعبر عن النتائج التي تم التوصل اليها باستخدام المتوسط الحسابي \pm الانحراف المعياري، أجري التحليل الاحصائي باستخدام برنامج

18 Minitab حيث استخدم تحليل التباين باتجاه واحد (One Way ANOVA) عند مستوى ثقة ($P < 0.05$) للمقارنة بين المتوسطات.

رابعاً: النتائج والمناقشة **Results and Discussion**:

4-4-1- التركيب الكيميائي للحليب البقري:

يوضح الجدول (2) التركيب الكيميائي للحليب البقري.

جدول (2) التركيب الكيميائي للحليب البقري

المكونات	الحليب البقري وزناً
الرطوبة	0.1±87.46
المادة الصلبة	0.1±12.54
البروتين	0.1±3.31
المادة الدسمة	0.1±3.68
الكربوهيدرات	0.1±4.87
الرماد	0.05±0.68
رقم pH	0.1±6.72
الحموضة الكلية	0.01±0.18

4-4-2- التركيب الكيميائي لحبات الفول السوداني:

يوضح الجدول (3) التركيب الكيميائي لحبات الفول السوداني.

الجدول (3) التركيب الكيميائي لحبات الفول السوداني

المكونات	النسبة وزناً
البروتين	0.1±22.5
المادة الدسمة	0.1±49.4
كربوهيدرات	0.2±15.9
رطوبة	0.1±8.1
رماد	0.2±4.1

4-4-3- حليب فول السوداني: تم تحضير حليب الفول السوداني و ذلك بإضافة نسب تمديد مختلفة من الماء وتم تحديد التركيب الكيميائي لعينات الفول السوداني المحضرة كما يبين الجدول (3) :

الجدول (3) التركيب الكيميائي لحليب الفول السوداني بنسب تمديد مختلفة

نسبة الماء المضاف الى حليب الفول السوداني	المادة الصلبة %	الكربوهيدرات %	المادة الدسمة %	البروتين %	الرماد %
1:4	^A 0.1±13.35	^A 0.1±3.54	^A 0.2±4.95	^A 0.1±4.15	^A 0.01±0.71
1:5	^B 0.2±11.75	^B 0.1±2.98	^B 0.1±4.55	^B 0.2±3.67	^B 0.01±0.55
1:6	^C 0.1±9.15	^C 0.2±2.18	^C 0.1±3.65	^C 0.2±2.95	^C 0.02±0.37
1:7	^D 0.2±7.85	^D 0.1±1.74	^D 0.2±3.05	^D 0.1±2.73	^D 0.01±0.33
1:8	^E 0.1±5.90	^E 0.1±1.09	^E 0.1±2.45	^E 0.2±2.10	^E 0.01±0.26

تبين ان التركيب الكيميائي لحليب الفول السوداني ذو نسبة التمديد (1:5) كان الأقرب لتركيب الحليب البقري من حيث المادة الصلبة الكلية لذلك تم تحضير عينات حليب الفول السوداني وفق هذا التمديد واعتماده في تحضير معاملات الأخرى لاحقاً، حيث بلغت نسبة المادة الدسمة 4.55% والبروتين 3.67% وهذه النتائج مشابهة للنسب التي تم التوصل لها أحد الباحثين عند نفس نسبة التمديد حيث بلغت نسبة المادة الدسمة 4.80% والبروتين 3.91%. [12].

4-4-1- التركيب الكيميائي لمخاليط (حليب الفول السوداني والحليب البقري) (المحضرة):

يوضح الجدول (5) التركيب الكيميائي لمخاليط (حليب الفول السوداني والحليب البقري).
الجدول (5) تركيب مزيج (حليب الفول السوداني والحليب البقري) بنسب مختلفة

الرماد %	البروتين %	المادة الدسمة %	المادة الصلبة TS%	الحموضة الكلية TA%	درجة الحموضة PH	رمز العينة
^A 0.05±0.68	^A 0.1±3.31	^A 0.1±3.68	^A 0.07±12.54	^A 0.01±0.18	^A 0.08±6.72	A
^B 0.03±0.66	^B 0.1±3.33	^B 0.2±3.75	^B 0.05±12.47	^A 0.02±0.18	^B 0.10±6.74	E
^C 0.04±0.62	^C 0.2±3.35	^C 0.1±3.83	^C 0.09±12.33	^A 0.01±0.18	^C 0.06±6.75	F
^D 0.02±0.59	^D 0.1±3.38	^D 0.1±3.91	^D 0.08±12.20	^B 0.03±0.17	^D 0.11±6.78	G

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم ± الانحراف المعياري

4-4-4 - دراسة حركية التخمر اللبني للبكتريا اللبنية لعينات اللبن الرائب وذلك خلال فترة التحضين:

تمت مراقبة تغيير كل من (رقم الحموضة و الحموضة الكلية و تعداد البكتريا العسوية والكروية) خلال فترة التحضين عند درجتى حرارة 40 م°، 45 م° خلال 5 ساعات من لحظة وضع البادئ بنسب مختلفة (2% و 2.5% و 3%) وتم اخذ القيم كل ساعة لثلاث مكررات .

4-4-1- تغيير رقم الحموضة والحموضة الكلية لعينات اللبن الرائب:

تم تحديد رقم الحموضة لعينات اللبن الرائب كل ساعة خلال فترة التحضين منذ اضافة البادئ عند كل من النسب (2% و 2.5% و 3%) ودرجة حرارة 45 م° كما يوضح الجدول(6):

جدول (6) نتائج تغير رقم الحموضة لعينات اللبن الرائب خلال فترة التحضين عند اضافة البادئ بنسب (2% و 2.5% و 3%)

رقم الحموضة عند اضافة البادئ بنسبة 2%						العينة
5 ساعة	4 ساعة	3 ساعة	2 ساعة	1 ساعة	0 ساعة	
Ea0.1±4.62	Ea0.1±4.60	Da0.1±5.23	Ca0.3±5.95	Ba0.2±6.28	Aa0.1±6.64	A
Eb0.2±4.67	Db0.2±4.69	CDab0.3±5.35	BCa0.1±6.05	ABa0.1±6.30	Aa0.1±6.66	E
Eb0.1±4.71	Dbc0.3±4.79	Cb0.1±5.55	Ba0.1±6.13	ABa0.05±6.33	Aa0.08±6.67	F
Eb0.3±4.77	Dc0.4±4.82	CDC0.1±5.70	BCb0.1±6.25	ABb0.1±6.37	Aa0.1±6.68	G
رقم الحموضة عند اضافة البادئ بنسبة 2.5%						العينة
5 ساعة	4 ساعة	3 ساعة	2 ساعة	1 ساعة	0 ساعة	
Ea0.2±4.60	Ea0.1±4.62	Da0.1±5.05	Ca0.1±5.88	Ba0.1±6.25	Aa0.1±6.63	A
Eb0.15±4.63	Db0.13±4.66	CDb0.2±5.30	Bb0.1±5.9	ABa0.1±6.28	Aa0.1±6.65	E
Eb0.1±4.64	Dbc0.09±4.77	Cbc0.1±5.45	BCb0.1±6.05	ABa0.1±6.30	Aa0.1±6.66	F
Eb0.2±4.71	Dc0.1±4.78	CDC0.1±5.65	Bb0.1±6.20	ABb0.05±6.35	Aa0.2±6.66	G
رقم الحموضة عند اضافة البادئ بنسبة 3%						العينة
5 ساعة	4 ساعة	3 ساعة	2 ساعة	1 ساعة	0 ساعة	
Ea0.15±4.55	Ea0.1±4.60	Da0.13±4.95	Ca0.1±5.85	Ba0.1±6.23	Aa0.1±6.63	A
Db0.2±4.60	Db0.2±4.60	Cb0.2±5.15	Bb0.1±5.80	ABb0.1±6.26	Aa0.1±6.64	E
Ec0.1±4.60	Dc0.1±4.62	Cbc0.1±5.80	BbC0.1±6.20	ABb0.1±6.28	Aa0.08±6.65	F
Ec0.1±4.63	DCc0.2±4.70	Cc0.1±5.55	Bb0.1±6.17	ABb0.1±6.30	Aa0.05±6.56	G

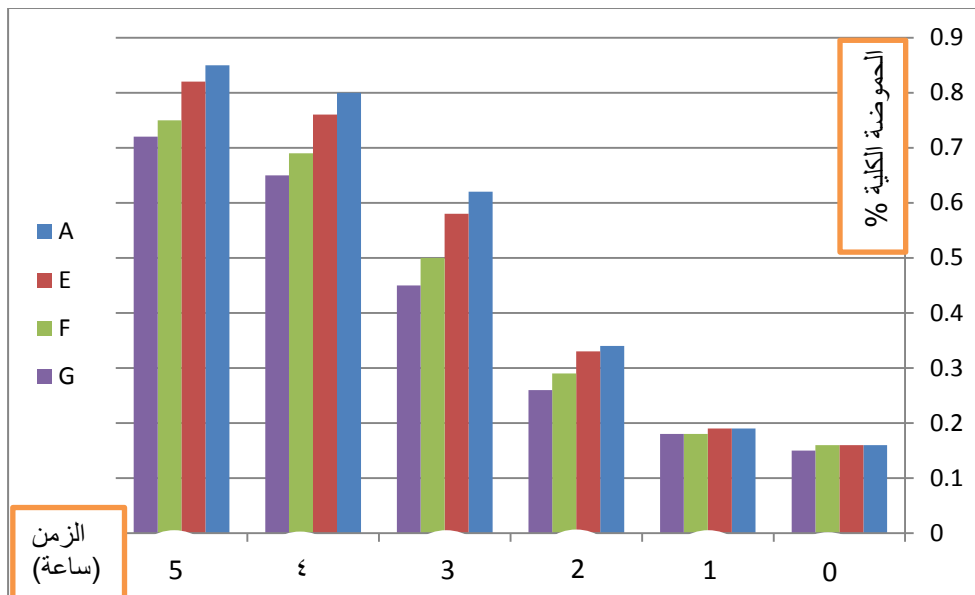
كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري، يشير اختلاف الأحرف الكبيرة A,B,C,D إلى وجود فروق معنوية بين أيام التخزين لكل عينة ضمن السطر الواحد. بينما يشير اختلاف الاحرف الصغيرة a,b,c,d إلى وجود فروق معنوية بين العينات ضمن العمود الواحد عند مستوى ثقة 0.05.

كان معدل الانخفاض في درجة pH في مرحلة التأقلم (التي استمرت حوالي الساعتين في جميع العينات) في عينة الشاهد كبير نسبيا مقارنة مع باقي العينات الممزوجة مع حليب الفول السوداني ، حيث كان معدل الانخفاض في عينة الشاهد (0.345 و 0.375 و 0.49) عند نسب اضافة البادئ (2% و 2.5% و 3%) على التوالي، وبالعينة E (0.305 و 0.345 و 0.38) عند نسب اضافة البادئ (2% و 2.5% و 3%) على التوالي، وبالعينة F (0.27 و 0.305 و 0.35) عند نسب اضافة البادئ (2% و 2.5% و 3%) على التوالي ، وبالعينة G (0.215 و 0.23 و 0.30) عند نسب اضافة البادئ (2% و 2.5% و 3%) على التوالي ، وينعكس أثر ذلك على تعداد البكتريا اللبنية ونشاطها، وعلى تراكم المواد المعيقة للنمو في المراحل اللاحقة من النمو أو خلال التخزين المبرد.

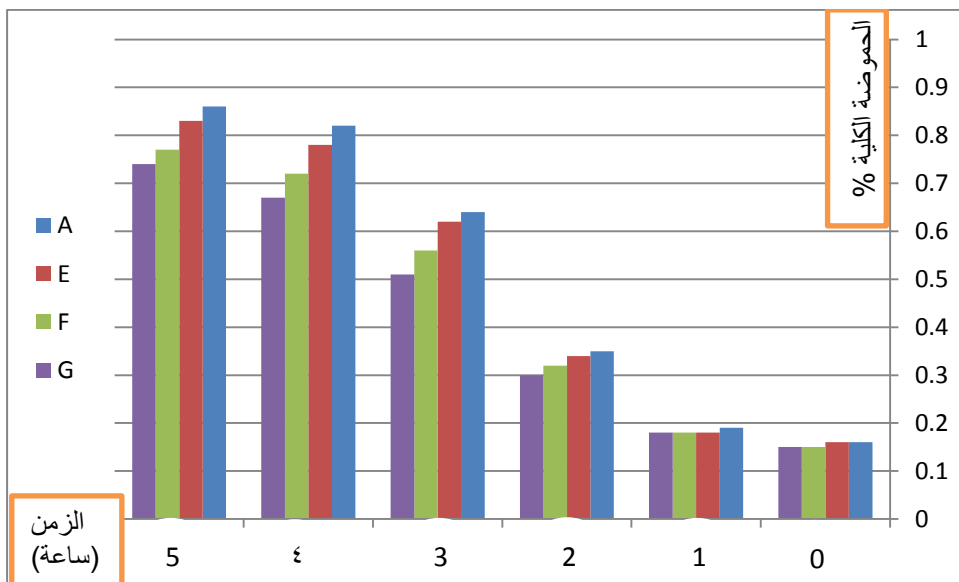
كما زادت مدة التحضين في العينة A بنسبة بادئ 2 % ساعة عن نسبة اضافة البادئ 3 % وذلك للوصول الى نهاية التخمر اللبني.

كذلك تم ايقاف التخمر اللبني لجميع العينات عند وصول رقم الحموضة الى حوالي $pH=4.6$ تقريبا، علماً أن التخثر الحامضي حدث عند درجة pH أعلى منها بقليل في عينة الحليب البقري بدون اضافات حليب الفول السوداني ، توافقت هذه النتيجة مع نتيجة الباحث. [7]

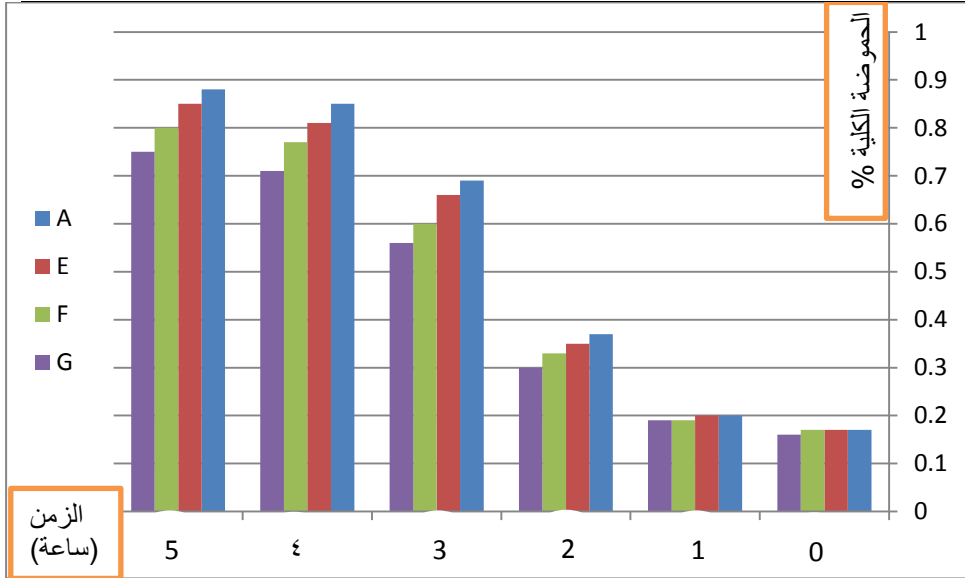
وتم تحديد الحموضة الكلية لعينات اللبن الرائب كل ساعة خلال فترة التحضين عند درجة حرارة 45 م° منذ اضافة البادئ عند كل من النسب (2% و 2.5% و 3%) كما تضح المخططات (1، 2، 3).



المخطط (1) تغير الحموضة الكلية في المعاملات عند اضافة البادئ بنسبة 2%.



المخطط (2) تغير الحموضة الكلية في المعاملات عند اضافة البادئ بنسبة 2.5%.



المخطط (3) تغير الحموضة الكلية في المعاملات عند اضافة البادئ بنسبة 3%.

نلاحظ ارتفاع الحموضة في الشاهد عند كل نسب اضافة البادئ (2 و 2.5% و 3%) بشكل أكبر مقارنة مع العينات الممزوجة مع حليب الفول السوداني من الساعة الأولى من التحضين وحتى نهاية الفترة، مع ملاحظة انخفاض حموضة العينات المضاف لها حليب الفول السوداني كلما زادت نسبة اضافته وذلك عند جميع نسب اضافة البادئ (2 و 2.5% و 3%) ربما يرجع ذلك إلى خلو حليب الفول السوداني من اللاكتوز أو إلى طبيعة البروتين. تتوافق هذه النتائج مع النتائج التي توصل إليها [7] الذين أفادوا أنه مع زيادة تركيزات حليب الفول السوداني إلى الحليب البقري انخفضت قيم حموضة اللبن حيث وصلت الحموضة الكلية % عند نسبة اضافة بادئ 3% في العينة A (0.85)، والعينة E (0.81)، والعينة F (0.77)، والعينة G (0.71).

4-4-2- تعداد البكتريا العصوية والكروية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التحضين عند اضافة البادئ بنسب (2% و 2.5% و 3%):

تم تعداد البكتريا العصوية والكروية في عينات اللبن الرائب كل ساعة خلال فترة التحضين 45 م° منذ اضافة البادئ عند كل من النسب (2% و 2.5% و 3%) كما توضح الجداول (7 و 8 و 9)

جدول (7) تعداد البكتريا العصوية والكروية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التحضين عند اضافة البادئ بنسبة 2%.

تعداد بكتريا حمض اللبن العصوية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)						العينة
ساعة 0	ساعة 1	ساعة 2	ساعة 3	ساعة 4	ساعة 5	
0.1±0.7	0.3±1.5	0.7±4	0.8±10	1.5±13	1.1±14	A
0.1±0.7	0.6±1.5	1.2±4.2	0.7±10	0.9±14	1.1±15	E
0.12±0.7	0.8±1.6	1.2±4.2	1.5±11	0.8±15	0.7±16	F
0.11±0.7	0.6±1.6	0.9±5.2	0.6±12	1.3±15	1.2±16	G
تعداد بكتريا حمض اللبن الكروية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)						العينة
ساعة 0	ساعة 1	ساعة 2	ساعة 3	ساعة 4	ساعة 5	
0.2±0.7	0.3±1.5	0.7±3.5	0.8±9	1.5±12	1.1±13	A
0.1±0.7	0.5±1.5	1.2±4.1	0.7±10	0.8±13	1.1±13	E
0.12±0.7	0.8±1.6	1.1±4.3	1.3±11	0.9±13	0.8±14	F
0.14±0.7	0.1±1.7	0.9±4.9	0.6±11	1.3±14	1.1±15	G

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري

جدول (8) تعداد البكتريا العسوية والكروية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التحضين عند اضافة البادئ بنسبة 2.5%.

تعداد بكتريا حمض اللبن العسوية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)						العينة
5 ساعة	4 ساعة	3 ساعة	2 ساعة	1 ساعة	0 ساعة	
1.1±15	1.5±14	0.8±11	0.7±4.5	0.3±1.6	0.1±0.9	A
1.2±16	0.9±15	0.7±11	1.2±4.7	0.8±1.7	0.05±0.9	E
0.7±17	0.6±16	1.5±12	1.2±4.9	0.09±1.7	0.11±0.9	F
1.4±17	1.3±16	0.6±13	0.9±5.3	0.6±1.7	0.03±0.9	G
تعداد بكتريا حمض اللبن الكروية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)						العينة
5 ساعة	4 ساعة	3 ساعة	2 ساعة	1 ساعة	0 ساعة	
1.1±14	1.5±12	0.8±9	0.7±3.5	0.3±1.6	0.11±0.9	A
1.4±15	0.9±14	0.8±10	1.4±4.1	0.8±1.7	0.1±0.9	E
0.9±16	0.7±14	1.1±12	1.2±4.5	0.7±1.7	0.12±0.9	F
1.3±16	1.3±15	0.9±12	0.9±5.1	0.6±1.8	0.11±0.9	G

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري

جدول (9) تعداد البكتريا العصوية والكروية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التحضين عند اضافة البادئ بنسبة 3%.

تعداد بكتريا حمض اللبن العصوية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)						العينة
ساعة 5	ساعة 4	ساعة 3	ساعة 2	ساعة 1	ساعة 0	
1.1±17	1.5±14	0.8±11	0.7±4.5	0.3±1.8	0.1±1.1	A
1.1±18	1.1±16	1.2±12	1.09±4.6	0.7±1.8	0.1±1.1	E
0.8±18	0.8±17	1.5±13	1.2±4.9	0.8±1.9	0.12±1.1	F
1.2±19	1.1±18	0.6±14	0.16±5.5	0.4±1.9	0.11±1.1	G
تعداد بكتريا حمض اللبن الكروية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)						العينة
ساعة 5	ساعة 4	ساعة 3	ساعة 2	ساعة 1	ساعة 0	
1.01±15	1.5±12	0.8±9	0.7±4.3	0.3±1.8	0.15±1.1	A
1.1±16	0.9±15	0.7±10	1.2±4.5	0.8±1.8	0.1±1.1	E
0.9±17	0.8±15	1.5±11	1.2±4.8	0.8±2.1	0.18±1.1	F
1.2±17	1.5±16	0.6±13	0.9±5.4	0.5±2.1	0.11±1.1	G

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري

بينت النتائج أن تعداد البكتريا اللبنية في العينة A عند اضافة البادئ بنسبة 3% كان اكبر منها عند اضافة البادئ بنسبة 2.5% والتي كان التعداد عندها أعلى ايضا من نسبة الاضافة 2%، كما ازداد تعداد البكتريا اللبنية مع زيادة نسبة المزج مع حليب الفول

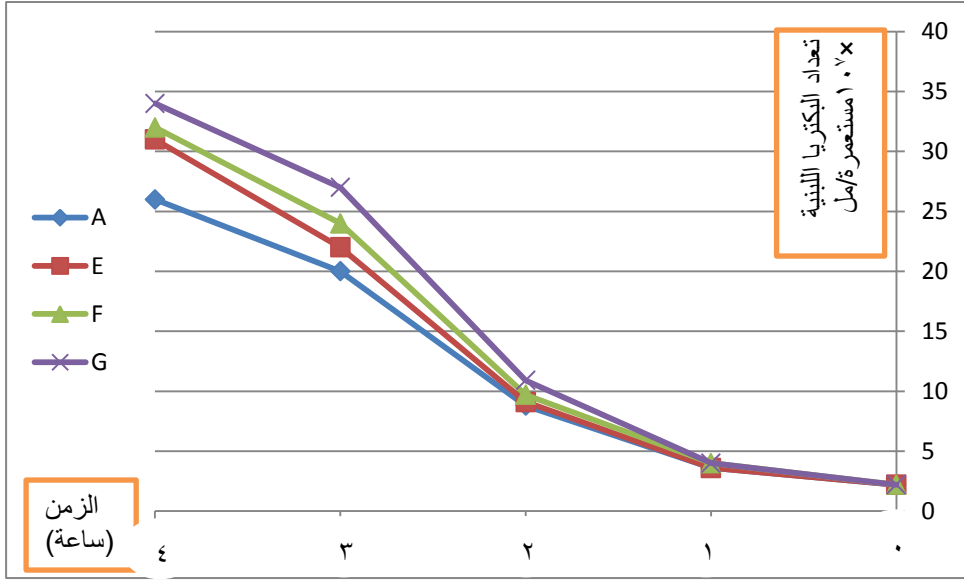
السوداني في العينات عند جميع نسب اضافة البادئ حيث وصل تعداد البكتريا اللبنية في نهاية فترة التحضين عند نسبة بادئ 2% في العينات المضاف لها حليب الفول السوداني إلى أكثر من تعداد البكتريا اللبنية في العينة A (الحليب البقري) عند نسبة بادئ 3% ($10^7 \times 26$ مستعمرة/مل).

أما في حال نسبة بادئ 3% فقد بينت النتائج أن العينات المضاف لها حليب الفول السوداني قد ارتفع فيها تعداد البكتريا اللبنية ($10^7 \times 32$ مستعمرة/مل) وهذا يؤكد أن طبيعة المركبات الموجودة في حليب الفول السوداني قد سببت تنشيط بكتريا البادئ ابتداء من الساعات الأولى من التحضين.

وكان هناك تقارب بين العينات المضاف فيها حليب الفول السوداني بنسبة 20% إلى الحليب البقري وذات نسبة بادئ 2% مع عينة الحليب البقري بنسبة بادئ 3% من حيث القوام والحموضة وهنا نصل إلى نتيجة أننا نستطيع عند إضافة حليب الفول السوداني إلى الحليب البقري بنسبة 20% وذلك عند الرغبة في الحصول على لبن رائب يماثل في مواصفاته اللبن الرائب المحلي بدون إضافات من حيث تعداد البكتريا اللبنية والحموضة والقوام في المنتج.

تمت ملاحظة ازدياد حيوية البكتريا اللبنية خلال فترة التحضين في كل العينات الممزوجة بحليب الفول السوداني مقارنة بعينات الحليب البقري A لوحده وذلك بغض النظر عن نسبة الإضافة إلى البادئ حيث تميز منحنى النمو في العينة A بنسبة بادئ 3% بوجود طور تأقلم مميز استمر إلى ساعتين، أما في حالة العينات الممزوج بها حليب الفول السوداني عند نفس البادئ، فإن طور التأقلم كان قصيراً مع زيادة نسبة المزج مقارنة بالشاهد الذي استمر لساعة واحدة تقريباً في العينة G ذو نسبة مزج 30% كما يبين المخطط (4)، حيث انتقلت البكتريا إلى طور ما قبل النمو اللوغارتمي بشكل

سريع لتدخل طور النمو اللوغارتمي عند تعداد ($10^7 \times 4$ مستعمرة/مل) ذلك يعود إلى الانخفاض في الحموضة خلال الساعات الأولى من التحضين للعينات المضاف لها حليب الفول السوداني وهذا ينعكس بشكل ايجابي على نشاط البكتريا اللبنية وزيادة حيويتها وتعدادها خلال مرحلة النمو وخلال فترة التخزين بالتبريد لاحقاً.



المخطط (4) تغير تعداد البكتريا اللبنية في المعاملات خلال فترة التخمر عند نسبة بادئ 3%.

4-4-3- تأثير درجة الحرارة على عملية التخمر:

تمت عملية التخمر عند درجتي حرارة 40 م° و 45 م° ويبين الجدول (11) تغير درجة الحموضة و الحموضة الكلية وتعداد البكتريا اللبنية بسلاطيتها عند درجتي الحرارة

الجدول (11) تغير درجة الحموضة و الحموضة الكلية وتعداد البكتريا اللبنية عند درجتي

حرارة 40 م° و 45 م°

رمز العينة	درجة الحرارة	رقم الحموضة	الحموضة الكلية %	
			العصوية	تعداد بكتريا حمض اللبن ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)
A	40 م°	0.1±4.68	0.1±0.83	1.1±13
	45 م°	0.2±4.60	0.1±0.85	1.5±12
E	40 م°	0.1±4.75	0.1±0.77	1.1±14
	45 م°	0.1±4.65	0.05±0.81	1.1±16
F	40 م°	0.2±4.77	0.1±0.74	1.2±16
	45 م°	0.1±4.67	0.1±0.77	0.8±15
G	40 م°	0.2±4.87	0.05±0.69	1.1±16
	45 م°	0.1±4.69	0.1±0.71	1.5±16

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري

أظهرت النتائج أن درجة الحرارة المثلى لتخمير العينات كانت 45 م° درجة حيث انخفضت مدة الحضان ساعة كاملة والحموضة الكلية كانت أعلى منها عند الدرجة 40 م° عند نفس كمية البادئ المضاف.

4-5- نتائج اختبارات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد :

4-5-1- تحديد تعداد البكتريا اللبنية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد:

تم تعداد البكتريا اللبنية وذلك في الأيام 1، 7، 14، 21، 28 الجدول (12) وذلك لمقارنة مدى مقدرة إضافة حليب الفول السوداني إلى الحليب البقري على تنشيط وتعداد البكتريا اللبنية بكتلتنا سلالتها خلال مدة حفظ اللبن الرائب مقارنة مع اللبن الرائب التقليدي

المصنوع من الحليب البقري علماً أنه تشكلت أعفان على سطح المنتج اللبني ابتداءً من اليوم 30 من التخزين المبرد.

جدول (11) تعداد البكتريا العصوية والكروية في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى 28 يوم.

تعداد بكتريا حمض اللبن العصوية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)					العينة
28 (يوم)	21 (يوم)	14 (يوم)	7 (يوم)	1 (يوم)	
ND	$^{Da}0.01 \pm 0.04$	$^{Ca}0.3 \pm 2$	$^{Ba}0.2 \pm 8$	$^{Aa}0.1 \pm 14$	AY
ND	$^{Db}0.3 \pm 2$	$^{Cb}0.15 \pm 15$	$^{Ba}0.22 \pm 13$	$^{Ab}0.17 \pm 18$	EY
$^{Ec}0.3 \pm 0.5$	$^{Dc}0.1 \pm 4$	$^{Cc}0.24 \pm 9$	$^{Ba}0.16 \pm 16$	$^{Ac}0.5 \pm 18$	FY
$^{Dd}0.16 \pm 1$	$^C0.8 \pm 6$	$^{Bd}0.31 \pm 11$	$^{Ab}0.22 \pm 19$	$^{Ad}0.19 \pm 19$	GY
تعداد بكتريا حمض اللبن الكروية ($10^7 \times$ مستعمرة/مل)					العينة
28 (يوم)	21 (يوم)	14 (يوم)	7 (يوم)	1 (يوم)	
ND	$^{Da}0.01 \pm 0.02$	$^{Ca}0.05 \pm 1$	$^{Ba}0.1 \pm 6$	$^{Aa}0.1 \pm 12$	AY
ND	$^{Db}0.1 \pm 1$	$^{Cb}0.15 \pm 13$	$^{Ba}0.3 \pm 10$	$^{Ab}0.22 \pm 16$	EY
$^{Dc}0.05 \pm 0.1$	$^{Cc}0.2 \pm 1$	$^{Bc}0.1 \pm 6$	$^{Aa}0.2 \pm 13$	$^{Ab}0.1 \pm 17$	FY
$^{Ec}0.1 \pm 0.3$	$^{Dd}0.1 \pm 2$	$^{Cd}0.1 \pm 9$	$^{Bb}0.1 \pm 16$	$^{Ac}0.21 \pm 17$	GY

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري، يشير اختلاف الأحرف الكبيرة A,B,C,D إلى وجود فروق معنوية بين أيام التخزين لكل عينة ضمن السطر الواحد. بينما يشير اختلاف الاحرف الصغيرة a,b,c,d إلى وجود فروق معنوية بين العينات ضمن العمود الواحد عند مستوى ثقة 0.05، ND: غير معينة

AY: لبن رائب من الحليب البقري، EY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 10% حليب الفول السوداني ، FY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 20% حليب الفول السوداني ، GY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 30% حليب الفول السوداني.

أظهر التحليل الاحصائي تأثير مدة التخزين بالتبريد في تعداد البكتريا اللبنية بكتنا سلالتها في عينة الشاهد لوحظ انخفاض كبير في تعداد البكتريا اللبنية مع تقدم مدة الحفظ بالتبريد حيث انخفض تعدادها من $(10^7 \times 32)$ مستعمرة/مل) في اليوم الأول إلى $(10^5 \times 6)$ مستعمرة/مل) في اليوم 21 وبعدها اختفت البكتريا اللبنية من المنتج اللبني ولم يعد اللبن صالح للاستهلاك، وذلك بسبب الزيادة في الحموضة التي أدت إلى هذا الانخفاض في التعداد وازدياد تركيز بيروكسيد الهيدروجين في الوسط الذي تفرزه البكتريا اللبنية العسوية كنتيجة للتخلص من الأوكسجين الذي يتسرب إلى الوسط ويسبب اجهاداً للسلالة ودخولها في مرحلة الثبات [14].

أما في العينات المضاف لها حليب الفول السوداني فقد بلغت VPI في اليوم 21 للعينات المضاف لها حليب الفول السوداني الى الحليب البقري E,F,G) (0.08 ، 0.14، 0.22) على التوالي بينما كان في عينة الشاهد 0.001 .

ومن الواضح من النتائج أن تعداد *Streptococcus thermophile* قد تأثر وبشكل واضح بزيادة الحموضة في المنتج وتقدم مدة الحفظ بالتبريد بشكل أكبر من *Lactobacillus bulgaricus* التي تعد مقاومة أكثر لهذه العوامل ، جاءت هذه النتائج مطابقة لما ورد في أحد الأبحاث. [12]

5-2- تحديد رقم الحموضة والحموضة الكلية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد:

تم تحديد رقم الحموضة والحموضة الكلية في عينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد وذلك في الأيام 1، 7، 14، 21، 28 كما يبين الجدول (12) وذلك لمعرفة تأثير إضافة حليب الفول السوداني في عينات اللبن الرائب البقري في رقم الحموضة والحموضة الكلية خلال فترة التخزين المبرد.

جدول (12) تغير رقم الحموضة و درجة الحموضة الكلية في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى 28 يوم.

رقم الحموضة (pH)					العينة
28 (يوم)	21 (يوم)	14 (يوم)	7 (يوم)	1 (يوم)	
Da _{0.1±3.9}	Ca _{0.1±4.20}	Ba _{0.1±4.40}	Aba _{0.1±4.55}	Aa _{0.1±4.60}	AY
Ca _{0.1±4.11}	Ca _{0.1±4.25}	BCa _{0.1±4.45}	Aba _{0.1±4.60}	Ab _{0.1±4.65}	BY
Ca _{0.1±4.20}	Ca _{0.1±4.31}	BCa _{0.1±4.49}	Ba _{0.1±4.62}	Ab _{0.1±4.67}	CY
Cb _{0.1±4.33}	Cb _{0.1±4.40}	BCa _{0.1±4.58}	Ba _{0.1±4.65}	Ac _{0.1±4.69}	DY
درجة الحموضة الكلية %					العينة
28 (يوم)	21 (يوم)	14 (يوم)	7 (يوم)	1 (يوم)	
Da _{0.1±3.9}	0.1±1.55 CDa	Ca _{0.1±1.08}	Ba _{0.1±0.90}	Aa _{0.1±0.85}	AY
Db _{0.1±2.2}	Db _{0.1±1.28}	Ca _{0.1±1.01}	Ba _{0.1±0.85}	Aa _{0.1±0.81}	BY
Dc _{0.1±1.95}	0.1±1.15 CDbc	Ca _{0.1±0.95}	Ba _{0.1±0.83}	Aab _{0.1±0.77}	CY
Cd _{0.1±1.65}	Bc _{0.1±1.05}	Ba _{0.1±0.90}	Ba _{0.1±0.81}	Ab _{0.1±0.71}	DY

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري، يشير اختلاف الأحرف الكبيرة A,B,C,D إلى وجود فروق معنوية بين أيام التخزين لكل عينة ضمن السطر الواحد. بينما يشير اختلاف الاحرف الصغيرة a,b,c,d إلى وجود فروق معنوية بين العينات ضمن العمود الواحد عند مستوى ثقة 0.05، AY: لبن رائب من الحليب البقري، EY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 10% حليب الفول السوداني ، FY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 20% حليب الفول السوداني ، GY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 30% حليب الفول السوداني.

بين التحليل الإحصائي تأثير زمن التخزين في كل من رقم الحموضة والحموضة المعايرة للعينات ، حيث ارتفعت الحموضة بشكل عام مع تقدم زمن التخزين بالتبريد وذلك يعود الى نشاط البكتريا اللبنية والتي تستمر في إنتاج الحموضة طوال مدة التخزين ولو بشكل بطيء بسبب درجة التبريد المنخفضة

زادت الحموضة في عينة الشاهد بشكل كبير حيث وصلت إلى 1.8% في اليوم 28 من التخزين وهي حموضة كبيرة غير مقبولة للمستهلك وأن الزيادة الكبيرة كانت ابتداءً من اليوم 14 للتخزين.

وبينت النتائج أن بزيادة نسبة إضافة حليب الفول السوداني إلى الحليب البقري تنخفض نسبة الحموضة في اللبن الرائب.

5-3- تقدير نسبة المصل المنفصل في عينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد:

يبين الجدول (13) نسبة المصل المنفصل في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى

28 يوم.

الجدول (13) نسبة المصل المنفصل في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى 28

يوم.

نسبة المصل المنفصل (مل/100مل)					العينة
28	21	14	7	1	
Ea 0.3±38.8	Da 0.1±28.3	Ca 0.09±17.8	Ba 0.1±10.5	Aa 0.01±0.5	AY
Eb 0.2±31.3	Db 0.1±24.9	Cb 0.2±15.2	Bb 0.1±9.8	Ab 0.09±0.5	EY
Ec 0.1±30.5	Dc 0.04±23.8	Cc 0.1±14.9	Bc 0.2±6.4	Ac 0.1±0.5	FY
Ed 0.2±35.9	Dd 0.09±27.9	Cd 0.07±17.1	Bd 0.1±10.4	Ad 0.08±0.6	GY

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري، يشير اختلاف الأحرف الكبيرة A,B,C,D إلى وجود فروق معنوية بين أيام التخزين لكل عينة ضمن السطر الواحد. بينما يشير اختلاف الاحرف الصغيرة a,b,c,d إلى وجود فروق معنوية بين العينات ضمن العمود الواحد عند مستوى ثقة 0.05، AY: لبن رائب من الحليب البقري، EY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 10% حليب الفول السوداني ، FY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 20% حليب الفول السوداني ، GY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 30% حليب الفول السوداني.

كانت نسبة المصل المنفصل بعينة الشاهد أكبر منها من باقي العينات المضاف لها

حليب الفول السوداني خلال فترة التخزين

كما بين التحليل الإحصائي وبدلالة كبيرة ($p < 0.05$) تأثير زمن التخزين في انفصال المصل حيث تزداد نسبة المصل المنفصل خلال التخزين من العينات بسبب زيادة الحموضة وانخفاض المقدرة الرابطة للماء، حيث ان انخفاض رقم الحموضة يقلل من القدرة على الاحتفاظ بالماء نتيجة زيادة سماكة طبقة الماء المحيط بجسيمة الكازئين وهذا يتوافق مع ما وجده أحد الباحثين حيث أن القدرة على الاحتفاظ بالماء وصلت لأعلى قيمة لها عند $pH = 4.6$. [6]

5-4- قياس قوة الإختراق (القوام) لعينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد:

يبين الجدول (14) قياس قوة الإختراق (القوام) لعينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى 28 يوم.

جدول (14) نتائج قياس القوام بجهاز TA-XT في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى 28 يوم.

العينة	مدة التخزين (يوم)				
	28	21	14	7	1
AY	30.90	35.60+	45.33+	52.21+	66.10+
	52.95 -	59.15-	75.11-	80.55-	91.20 -
EY	35.46+	38.46+	47.51+	53.10+	66.20 +
	55.95-	60.15-	76.21-	78.33-	90.50 -
FY	36.76+	39.15+	48.70+	53.05+	66.12 +
	56.95-	61.69-	77.15-	77.28-	89.22 -
GY	32.46+	36.05+	44.12+	47.47+	64.12+
	55.95-	60.55-	75.10-	76.65-	87.41-

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري، يشير اختلاف الأحرف الكبيرة A,B,C,D إلى وجود فروق معنوية بين أيام التخزين لكل عينة ضمن السطر الواحد. بينما يشير اختلاف الاحرف الصغيرة a,b,c,d إلى وجود فروق معنوية بين العينات ضمن العمود الواحد عند مستوى ثقة 0.05، ND: غير معينة

AY: لبن رائب من الحليب البقري، EY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 10% حليب الفول السوداني، FY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 20% حليب الفول السوداني، GY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 30% حليب الفول السوداني.

بين التحليل الإحصائي وبدلالة كبيرة تأثر معاملات القوام للعينات كلها مع تقدم فترة التخزين بالتبريد حيث تتراجع متانة العينات كلها مع تقدم مدة الحفظ بالتبريد على درجة حرارة 4°C وذلك بسبب ارتفاع الحموضة في العينات كلها وينسب مختلفة مع تقدم مدة التخزين المبرد، والذي يؤدي لضعف الشبكة البروتينية وزيادة انفصال المصل.

في عينة الشاهد انخفضت المتانة من +66.1 غ في اليوم الأول إلى +30.6 غ في اليوم 28، وانخفض دليل اللزوجة من -91.2 (غ.ثا) إلى -51.3 (غ.ثا) في اليوم 28

5-4- قياس قيم اللون لعينات اللبن الرائب خلال فترة التخزين المبرد:

يوضح الجدول (15) عن قيم اللون ($L^*a^*b^*$) في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى 28 يوم.

جدول (15) قيم اللون ($L^*b^*a^*$) في عينات اللبن الرائب المخزن بالتبريد حتى

28 يوم.

مدة التخزين (يوم)					اللون	العينة
28	21	14	7	1		
$C_{0.1\pm 1.31-}$	$C_{0.1\pm 1.34-}$	$B_{0.1\pm 1.44-}$	$A_{0.11\pm 1.64-}$	$A_{0.1\pm 1.83-}$	a^*	AY
$D_{0.1\pm 8.78}$	$C_{0.1\pm 8.91}$	$B_{0.1\pm 9.72}$	$A_{0.1\pm 11.50}$	$A_{0.1\pm 11.60}$	b^*	
$D_{0.1\pm 88.90}$	$C_{0.1\pm 89.80}$	$C_{0.1\pm 89.90}$	$B_{0.1\pm 90.20}$	$A_{0.1\pm 90.70}$	L^*	
$C_{0.1\pm 1.31-}$	$C_{0.1\pm 1.34-}$	$B_{0.1\pm 1.42-}$	$A_{0.1\pm 1.63-}$	$A_{0.1\pm 1.83-}$	a^*	EY
$D_{0.1\pm 8.81}$	$C_{0.1\pm 8.94}$	$B_{0.1\pm 9.77}$	$A_{0.1\pm 11.53}$	$A_{0.1\pm 11.62}$	b^*	
$B_{0.1\pm 88.27}$	$B_{0.1\pm 88.45}$	$B_{0.1\pm 88.51}$	$A_{0.1\pm 88.65}$	$A_{0.1\pm 88.85}$	L^*	
$C_{0.1\pm 1.30-}$	$C_{0.1\pm 1.33-}$	$C_{0.1\pm 1.41-}$	$B_{0.1\pm 1.63-}$	$A_{0.1\pm 1.81-}$	a^*	FY
$D_{0.1\pm 8.83}$	$C_{0.1\pm 8.98}$	$B_{0.1\pm 9.81}$	$A_{0.1\pm 11.55}$	$A_{0.1\pm 11.65}$	b^*	
$C_{0.1\pm 87.95}$	$C_{0.1\pm 88.05}$	$C_{0.1\pm 88.11}$	$B_{0.1\pm 88.22}$	$A_{0.1\pm 88.30}$	L^*	
$C_{0.1\pm 1.30-}$	$B_{0.1\pm 1.31-}$	$B_{0.1\pm 1.40-}$	$A_{0.1\pm 1.60-}$	$A_{0.1\pm 1.80-}$	a^*	GY
$D_{0.1\pm 8.88}$	$C_{0.1\pm 9.11}$	$B_{0.1\pm 9.85}$	$A_{0.1\pm 11.58}$	$A_{0.1\pm 11.67}$	b^*	
$D_{0.1\pm 86.98}$	$C_{0.1\pm 87.05}$	$C_{0.1\pm 87.11}$	$B_{0.1\pm 87.15}$	$A_{0.1\pm 87.25}$	L^*	

كل قيمة في الجدول تمثل المتوسط الحسابي لثلاث قيم \pm الانحراف المعياري، يشير اختلاف الأحرف الكبيرة A,B,C,D إلى وجود فروق معنوية بين أيام التخزين لكل عينة ضمن السطر الواحد عند مستوى ثقة 0.05 .

AY: لبن رائب من الحليب البقري، EY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 10% حليب الفول السوداني، FY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 20% حليب الفول السوداني، GY: لبن رائب لحليب بقري مضاف له 30% حليب الفول السوداني.

انخفضت القيم في عينة الشاهد وبلغت قيم $L^* 90.7$ وانخفضت بشكل تدريجي لتصل إلى 88.9 في اليوم 28 من التخزين، بينما كانت قيم a^* في اليوم الأول -1.83 وارتفعت لتصل إلى -1.31 في اليوم 28، أما قيم b^* بلغت 11.60 في اليوم الأول وانخفضت تدريجياً لتصل في اليوم 28 إلى 8.78، وأظهر التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية خلال اليوم الواحد بين عينات اللبن المضاف لها حليب الفول السوداني بكل النسب مقارنة مع عينة الشاهد.

كما انخفضت قيم اللون b^* ، L^* بشكل تدريجي وارتفاع طفيف لقيم a^* لجميع العينات خلال مدة التخزين، وهذا يتوافق مع ما تم التوصل إليه بانخفاض سطوع اللون خلال التخزين المبرد في اللبن الرائب حتى اليوم 30. [5]

خامساً- الاستنتاجات و التوصيات Conclusions and Recommendations

• الاستنتاجات:

1- معدل الهبوط في درجة pH بالعينات المضاف لها حليب الفول السوداني كان منخفضاً مقارنة مع الشاهد، وازداد هذا الانخفاض بازدياد نسبة حليب الفول السوداني ويعود ذلك لانخفاض كمية السكريات القابلة للتخمر بواسطة البكتريا اللبنية في حليب الفول السوداني.

2- زيادة حيوية ونشاط وتعداد البكتريا اللبنية في العينات بإزدياد نسبة حليب الفول السوداني المضاف. حيث بلغ ($10^7 \times 31$ مستعمرة/مل) عند انتهاء عملية التخمير.

3- الحصول على منتج لبني جديد يماثل في خواصه منتج البروبيوتيك حيث وصل تعداد البكتريا اللبنية حتى اليوم الرابع عشر من التخزين المبرد الى ($10^7 \times 15$ مستعمرة/مل) وذلك بإضافة البكتريا اللبنية بنسبة 3% وحليب الفول السوداني 20% والتخمير عند درجة حرارة 45 م° لمدة 4 ساعات.

• التوصيات:

1- إمكانية تدعيم الألبان بحليب الفول السوداني لما يحتويه من مركبات لها المقدرة على تنشيط البكتريا اللبنية ورفع تعدادها إلى مستوى تعداد بكتريا البروبيوتيك في منتجاتها. .

2- دراسة تدعيم الألبان بمستخلصات نباتية أخرى.

سادساً - المراجع:

- 1- **A.O.A.C. 1990-** “Official Methods of Analysis”, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Published by the Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.(16)
- 2- Analyses :Afnor .(1993) laitiers.Tec et Doc.Lavoisies .paris. physico-chimiques du lait et des produits
- 3-AL-KADAMANY, E.,HADDAD, M. and TOUFEILI, T.(2003). Estimation of shelf-life of concentrated yoghurt by monitoring selected microbiological changes during storage, LWT36:407-414. 24(23)
- 4- Arya, Shalini S., Akshata R. Salve, and S. Chauhan. 2016. “Peanuts as Functional Food: A Review.” Journal of Food Science and Technology 53(1): 31–41
- 5-Coggins, P.C., Schilling, M.W., Kumari, S. Gerard, P. (2008).Development of a sensory lexicon for conventional milk yogurt in the United States. J. Sensory Studies v23, p671–687.
- 6-Eda E. Kılıç , Ibrahim Halil Kılıç , Banu Koç.(2022). Yoghurt Production Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Leguminous Seeds and Effects of Encapsulated Lactic Acid Bacteria on Bacterial Viability and Physicochemical and Sensory Properties of Yoghurt. Hindawi Journal of Chemistry, vol 2022,p10.

- 7- Elsamania MO, Ahmed IAM. Physicochemical Characteristics and organoleptic properties of peanut milk-Based yogurt fortified with skimmed milk product. Journal of Research in Applied Science. 2016; 1(4):68
- 8-FIL-IDF.(1997b).standard 99C.Sensory evaluation of dairy products by scoring reference method.15p.(22)
- 9- FAOSTAT. Food and Agriculture Oraganisation of the United Nations; 2016
- 10-Ghorbania, A.; Pourahmada, R. ; Fallahpourb, M. and Assadi, M.M.(2012) Production of probiotic soy yogurt. Annals of Biological Research, 3(6):2750-2754.
- 11-INTSOY,1999 - International Soybean Program. University Of Illinois. Urban . IL 61801 (15).
- 12-Isanga, J. and Zhang, G. 2009. Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. LWT - Food Science and Technology 42(6): 1132-1138.
- 13- Lee Chan, and Larry R. Beuchat. 1992. “Chemical, Physical Characteristics of Peanut Milk as Affected by and Sensory Processing Conditions.” Journal of Food Science 57(2): 401 – 405.

14-MARTY-TEYSSET, C., DE LA TORRE, F., and GAREL, J.R.(2000). Increased Production of Hydrogen Peroxide by *Lactobacillus Delbrueckii* Subsp. *Bulgaricus* Upon Aeration: Involvement of an NADH Oxidase in Oxidative Stress. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol (66)No (1), P . 262-267.

15-Robinson, R.K. 2002. *Dairy Microbiology Handbook*- third. edition. John Wiley – New York 39 – 85(18)

16-Rehman Saleem, Ahmad Mushtaq 1, Almas Asma and Bhatti Nighat ., *Food Science and Technology Nutritional and Quality Assessment of Peanut Milk Blend* . 2003;1(2):149–154

17-Shalini S. Arya, Akshata R. Salve, and S. Chauhan (19-9-2015), "Peanuts as functional food: a review", *Journal of Food Science and Technology*, Issue 1, Folder 53, Page 31–41.

18-Tamime A. Y. Robinson R. K.,(1999). *Yogurt science and technology*, 2.Edition,Cambridge , **Woodhead** Publishing, England.(11)

19-Weerathilake., W.A.D.V.,Rasika D.M.D.,Ruwanmali J.K.U.,Munasinghe M.A.D.D.,(2014).The evolution ,processing,varieties and health benefits of yogurt.*International **Journal of Scientific Research Publications***,Volume,4 (4)p1-10[12]

20 - WIESS, E,A .*Oilseeds crops*.2nd edition .Blackwell Science, Oxford, USA,2000 , 87- 102.

دراسة التأثير الهيدروليكي للزوجة المحلول البوليميري على إنتاجية جهاز الغزل بالنفخ

الدكتور: عدنان الشيخ حمود الهندسة الكيميائية والبترولية جامعة البعث

ملخص

تركز هذا البحث على دور اللزوجة في تقنية الغزل بالنفخ وهي إحدى الطرق الحديثة في إنتاج شبكات غير منسوجة من الألياف النانوية و التي يتم العمل على تطويرها حالياً في مخابرنا المحلية . حيث تعتمد هذه التقنية على استثمار المبادئ الهندسية لعلم جريان الموائع . فعندما يخرج تيار الغاز عالي الضغط من الفوهة الخارجية ينخفض الضغط مما يؤدي إلى زيادة الطاقة الحركية للتيار وبالتالي زيادة سرعة الغاز، هذه السرعة تؤدي إلى نشوء قوة قص هي المسؤولة عن تشويه المحلول البوليميري المتدفق من الفوهة الداخلية وتحول القطرة إلى شكل مخروطي، وبعد التغلب على قوى الشد السطحي يبدأ المحلول بالتطاير ويتبخر المذيب وتحدث استطالة تؤدي إلى تشكل الألياف .

نظراً للشروط والعمليات الهيدروليكية المختلفة التي تتحكم بعمل هذه التقنية، تم في هذا البحث تسليط الضوء على السلوك الريولوجي للمحلول البوليميري ومدى تأثيره على إنتاجية جهاز الغزل بالنفخ عند قيم مختلفة لضغط الهواء الخارج من الضاغط ضمن مجال (1-4) بار، وذلك باستخدام محلول بوليميري من بولي لاكتيك أسيد PLA بتراكيز مختلفة (5-7-10-12) %wt. حيث تمت دراسة العلاقة بين تركيز المحلول ولزوجته، إضافة إلى دراسة العلاقة بين قيم اللزوجة وإنتاجية الجهاز عند كل قيمة من قيم الضغط. هذا وقد أظهرت نتائج البحث أن زيادة تركيز المحلول يؤدي إلى زيادة لزوجته وذلك عند درجة حرارة المخبر، وأنه بانخفاض قيمة لزوجة المحلول بالتزامن مع زيادة ضغط الهواء الخارج من الضاغط يزداد تدفق المحلول البوليميري مما يحسن بشكل كبير من أداء العملية، ويزيد من إنتاجية الشبكات المغزولة على جهاز الغزل بالنفخ.

الكلمات المفتاحية: غزل بالنفخ ، ضغط ، هيدروليكي ، لزوجة ، بوليمير

Study of the hydraulic effect of viscosity of polymeric solution on the productivity of the blowing spinning device

This research focused on the role of viscosity in blow spinning technology, which is one of the modern methods in the production of non-woven networks of nanofibers, which are currently being developed in our local laboratories. This technique is based on the investment of the engineering principles of fluid flow science. When the high-pressure gas stream comes out of the outer nozzle, the pressure decreases, which leads to an increase in the kinetic energy of the current and thus an increase in the speed of the gas, this speed leads to the emergence of a shear force that is responsible for deforming the polymeric solution flowing from the inner nozzle and turning the drop into a conical shape, and after overcoming the surface tensile forces, the solution begins to volatilize and the solvent evaporates and elongation occurs that leads to the formation of fibers. Due to the different hydraulic conditions and processes that control the work of this technique, in this research the rheological behavior of the polymeric solution and its effect on the productivity of the blow spinning device at different values of the air pressure leaving the compressor within the range of (1-4) bar, using a polymeric solution of polylactic acid PLA in different concentrations (5-7-10-12) wt%. The relationship between the concentration of the solution and its viscosity was studied, in addition to studying the relationship between the viscosity values and the productivity of the device at each pressure value. The results of the research showed that increasing the concentration of the solution leads to an increase in its viscosity at the temperature of the laboratory, and that by decreasing the value of the viscosity of the solution in conjunction with the increase in the air pressure coming out of the compressor, the flow of the polymeric solution increases, which greatly improves the performance of the process, and increases the productivity of the spunbond meshes on the blow spinning device.

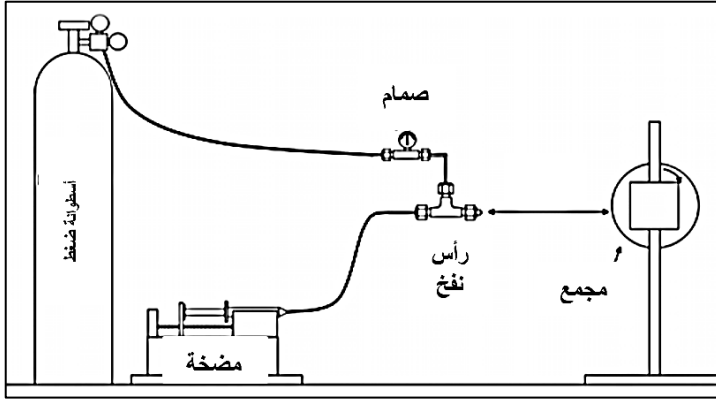
Keywords: blow spinning, pressure, hydraulics, viscosity, polymer

1- هدف البحث :

الهدف من هذه الدراسة تحديد قيم اللزوجة الأمثل لغزل المحلول البوليميري بالنفخ، وإيجاد العلاقة بينها وبين تركيز المحلول، وتأثيرها على إنتاجية جهاز الغزل بالنفخ لإنتاج أقمشة غير منسوجة مكونة من ألياف نانوية عند ضغوط هواء مختلفة.

2- مقدمة :

تتيح تقنية الغزل بالنفخ solution blow spinning (SBS) فرصة نفخ محلول البوليمير بشكل جيد وتحويله إلى شبكات مكونة من ألياف نانوية. حيث يعتمد نفخ المحلول على السرعة العالية للهواء المضغوط مما يتسبب في تمدد سريع وتبخر للمذيب انطلاقاً من فوهة المحلول البوليميري. ويمكن لهذه الطريقة أن تكون قابلة للتطوير للوصول إلى الإنتاج التجاري [1,2].



الشكل (1): مبدأ تقنية النفخ

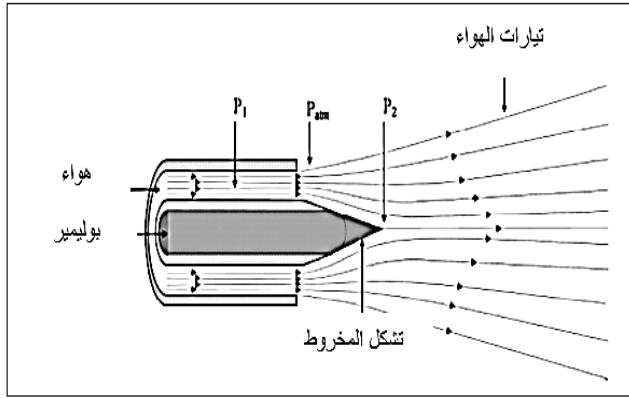
تعتمد نظرية الغزل بالنفخ على مبدأ برنولي الذي يتم فيه تحويل التغيرات في الضغط إلى طاقة حركية كما تظهر في معادلة أيلر [3] :

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\partial V^2}{\partial l} + \frac{\partial V}{\partial t} = -g \frac{\partial z}{\partial t} - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial l}$$

التي تسمى بعد المكاملة بمعادلة بيرنولي للطاقة :

$$\frac{V^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g.z = const$$

عندما يخرج تيار الغاز عالي الضغط من الفوهة الخارجية ، ينخفض الضغط مما يؤدي إلى زيادة الطاقة الحركية للتيار وتؤدي إلى زيادة سرعة الغاز . هذه الزيادة في السرعة تعزز انخفاض الضغط في مركز فوهة البثق ، مما يخلق قوة دافعة مسؤولة عن تسارع محلول البوليمر. كما تؤدي السرعة العالية للغاز إلى نشوء قوى قص ستكون قادرة على التغلب على قوى التوتر السطحي و مسؤولة عن تشويه المحلول الذي يخرج من الفوهة الداخلية إلى شكل مخروطي و يبدأ المحلول بالتطاير ويتبخر المذيب وتتشكل الألياف [3] .



الشكل (2): مبدأ بيرنولي المعتمد في تقنية الغزل بالنفخ

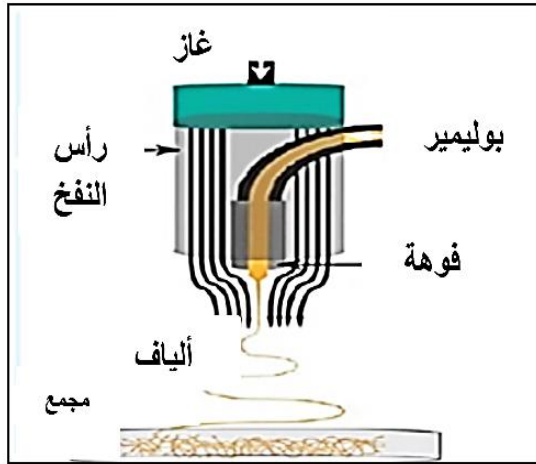
إن تقنية الغزل بالنفخ توفر فرصاً للتوسع في البحث القائم على علم النانو، إذ إن الجهاز البسيط المطلوب لـ SBS سيسمح للباحثين بالتحقيق في التطبيقات الجديدة للمواد النانوية والمواد الدقيقة. يمكن لـ SBS بشكل عملي إنشاء طلاءات ومنسوجات و مواد خاصة

قابلة للتطوير ذاتيًا . يُعد هذا ابتكارًا ضروريًا لتقديم منتجات مثل الاقمشة الذكية القابلة للارتداء ومواد الرعاية الصحية [4] .

حاليًا، يتم تسليط الضوء على مجموعة من التطبيقات التي تتضمن بوليمرات نانوية تم إنشاؤها بواسطة SBS في المواد الحيوية وهندسة الأنسجة والمنسوجات والمواد المركبة. ومن المتوقع أن تكون SBS وسيلة لاستكشاف مجموعات جديدة من البوليمرات والمذيبات التي لا يمكن الوصول إليها في الغزل الكهربائي ، وتقنية لإنتاج مواد ثقيلة قابلة للاستخدام بشكل ملائم [4] .

• حركية الهواء الحامل للبوليمير :

يتكون جهاز الغزل بالنفخ بصورة عامة من فوهة يتم من خلالها حقن محلول البوليمير مع تيار من الغاز المتسارع والذي يخرج من مصدر للغاز المضغوط - الهواء مثلاً (وهو الغاز المستخدم في دراستنا) - ومجهز بمنظم ضغط، ومحقنة، ومضخة للتحكم في معدل الحقن، رأس النفخ يتكون من فوهات متحدة المركز، ومجمع مع سرعة دوران يمكن التحكم فيها [2].



الشكل (5): نموذج رأس نفخ [5]

بما أن الهواء نوع من الموائع النيوتونية ، يتم استخدام معادلة المائع النيوتوني في نموذج حقل التدفق [5] . إنّ عملية دفع البوليمير بالهواء المضغوط أثناء الغزل بالنفخ تعتبر بمثابة تدفق ثنائي الطور ويكون على مرحلتين .

يعمل تدفق الهواء بالقرب من رأس النفخ كقوة موجبة (للأسفل) على المحلول البوليميري، ولكن في الجانب الآخر من الرأس تكون القوة سالبة الشكل (6).

$$F_r = \frac{\pi}{4} D^2 (\tau_y - \tau_x) \quad \dots \dots (4)$$

حيث :

τ_y إجهاد الشد المحوري للبوليمر τ_x إجهاد الشد العرضي للبوليمر
D قطر الفوهة F_r قوة دفع الهواء.

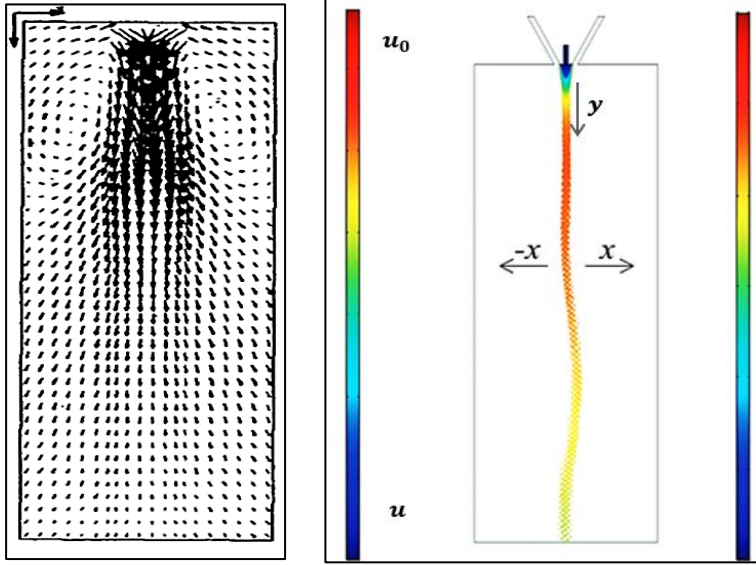
لوحظ من مركبات السرعة على محوري x و y أنّ V_y أعلى بكثير من V_x وتفاوت في أنماط مختلفة. حيث تبدأ السرعة V_y بالحد الأقصى وتتناقص مع تقدم المسافة، أما V_x تتأرجح بين القيم السالبة والموجبة مما يشير الى عدم الاستقرار وهذا ما يسمى whipping (حركة السوط)، وينتج عنها إزاحة جانبية وهذه الإزاحة تعرف بالسعة.

تنتج السعة (الإزاحة) بسبب تداخل عدد من المسارات المتتالية للهواء الحامل للبوليمير، وتؤدي المسارات المنفوخة المتداخلة إلى تحويل القطرة إلى شكل مدبب مخروطي بعد التغلب على التوتر السطحي و يبدأ بعدها تبخر المذيب بالتزامن مع حدوث استطالة للقطرة، ثم ترسب الألياف المتشكلة على سطح التجميع.

إن جريان الهواء يحدده رقم رينولدز وفق:

$$Re = \frac{D(V_y - V_x)}{\nu_u} \quad \dots \dots (5)$$

حيث : ν_u اللزوجة الحركية للهواء .



الشكل (6): ظاهرة السوط أثناء تدفق الهواء [7,6]

• تحليل الضاغط:

إن تدفق غاز من خزان إلى الوسط الخارجي عبر فوهة يعتمد على فرق الضغط بين طرفي الفوهة، أو على النسبة بين الضغط الخارجي و ضغط الخزان p_0/p_b ، ويمكن أن تتغير هذه النسبة بتغير أحدهما أو كلاهما إن الجريان عبر الفوهات يكون جريان تحت صوتي إذا كان الضغط الخارجي أصغر من الضغط الحرج p_{cr} و تسمى الفوهة التي يصل فيها رقم ماخ إلى القيمة 1 بالفوهة المخنوقة ويصل التدفق الكتلي للغاز إلى قيمته العظمى في هذه الحالة. شروط الفوهة المخنوقة [8] :

$$\frac{P_b}{P_0} \leq \frac{P_{cr}}{P_0}$$

$$\frac{P_b}{P_0} \leq \left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}}$$

في حالة الهواء فإن $K = 1.41$ ويكون :

$$\frac{P_{cr}}{P_0} = 0.528$$

وفي حالة جريان الهواء من الضاغط جرياناً إيزونتروبياً وحيد البعد فإن التدفق الكتلي يعطى:

$$\dot{m}_{max} = \sqrt{\frac{k}{R}} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \cdot A \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}$$

حيث: R ثابت الغازات، P_0 ضغط الخزان، T_0 درجة الحرارة في الخزان. ومن أجل غاز معين وفتحة معينة فإن:

$$\dot{m}_{max} = K_1 A \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}$$

في حالة الهواء ثابت الغازات $k = 1.41$ و $R = 287 \text{ j/kg}$ فإن:

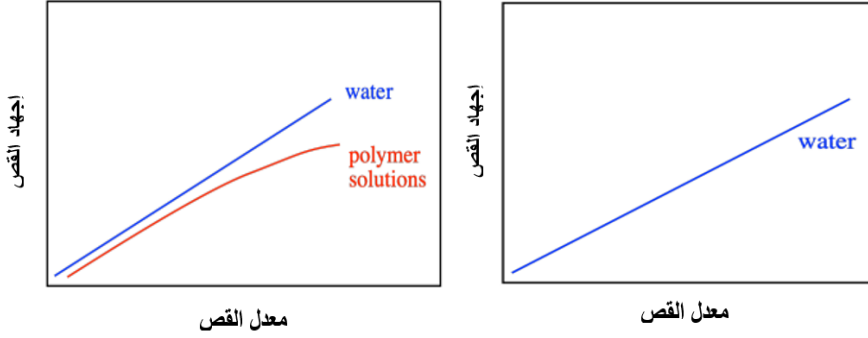
$$\dot{m}_{max} = 0.04 \times A \times \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \quad \text{kg/s} \quad \dots \dots \dots (6)$$

هذه العلاقة محققة فقط في الفوهة المخنوقة، أي عندما يكون الضغط الخارجي يساوي أو أقل من الضغط الحرج .

• السلوك الريولوجي للمحاليل البوليميرية :

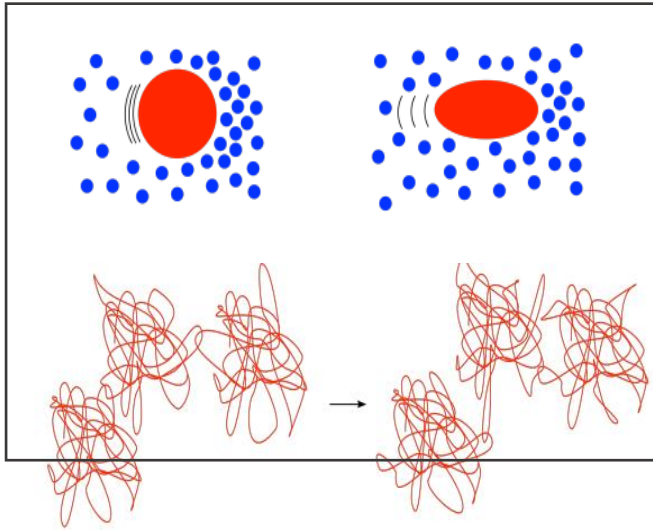
ان دراسة السلوك الريولوجي للسائل هو دراسة تغيرات لزوجته عند الجريان ، بمعنى آخر ماذا يحدث عندما يتعرض المحلول لقوة قص . توضح الدراسات أن إجهاد القص ومعدل القص مرتبطان ارتباطاً مباشراً ، ففي حالة الماء (مثلاً) تكون العلاقة خطية بين إجهاد ومعدل القص. هكذا وصف إسحاق نيوتن سلوك السوائل ، وميل هذا الخط هو لزوجة المحلول .

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad \dots\dots (7)$$



الشكل (7): العلاقة بين إجهاد ومعدل القص للماء

في حالة المحلول البوليميري، يميل جزيء البوليمر المنفرد إلى الالتفاف على شكل كرة. وعند تطبيق معدلات قص عالية فإنها تنتشوه، مما يجعل المحلول أقل لزوجة. أيضاً يذكر أن البوليمرات تُظهر تشابكاً في السلسلة، خاصة عندما تكون كبيرة جداً، وهذا التشابك يزيد من لزوجة المحلول. وعندما يتم تطبيق إجهاد قص، تتباعد بعض سلاسل البوليمير عن بعضها، لكنها ستحدث تشابكات جديدة على الفور.



الشكل (8): التغيرات التي تطرأ على بنية البوليميرات أثناء تطبيق القص [3]

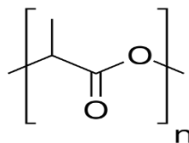
3- المواد والأجهزة :

• المواد:

- بولي لاكتيك أسيد PLA :

تم في التجارب استخدام محلول من بوليمير بولي لاكتيك أسيد PLA، وهو بوليمير ذو كتلة جزيئية عالية، بنيته التركيبية هي $-O-CH-CO-$ ، وهو متعدد إستر أليفاتي، متفكك حيويًا، ويتفكك إلى ماء وثاني أكسيد الكربون. وهو من اللدائن الحرارية. تم الحصول على المادة الصلبة للبوليمير من مادة PLA المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد، وهي عبارة عن بكرة وزنها الصافي 1kg، تحوي شريط ذو قطر 1,75mm، لونه شفاف (CC Transparent)، الكثافة: $1,25 \text{ gr/cm}^3$ ، صنع الصين.

صيغته الكيميائية:



- المذيبات :

الأسيتون: تم اختياره بسبب درجة تطايره العالية، كثافته 0.78 g/ml نقاوته 99%.

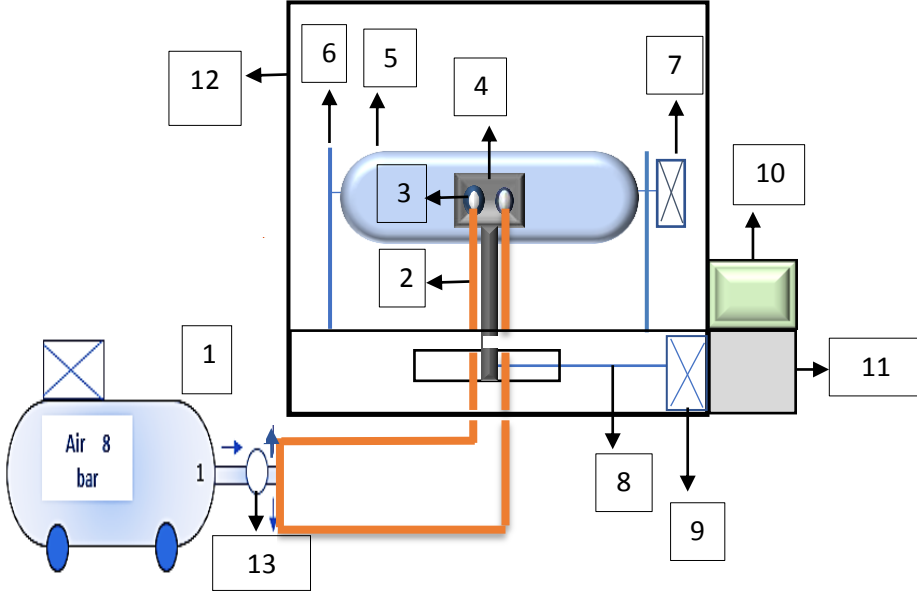
ثنائي ميثيل الفورم أميد: وزنه المولي 73.09 g/mol ، كثافته 0.94 g/cm^3 .

• الأجهزة :

- جهاز الغزل بالنفخ: تم استخدام جهاز الغزل بالنفخ (المصنَّع محلياً) والموجود

في مخبر الألياف النانوية في كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث

في إجراء التجارب. يتألف الجهاز من:



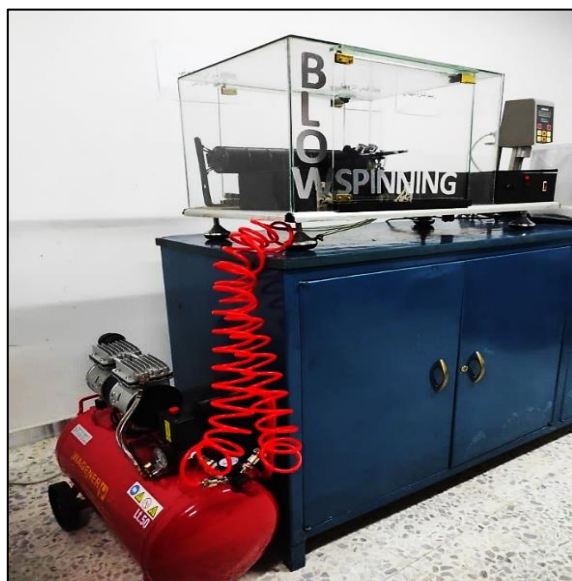
الشكل (9): شكل تخطيطي لجهاز الغزل بالنفخ

1- ضاغط هوائي	8- ذراع الحركة الترددية
2- رأس النفخ	9- محرك الحركة الترددية
3- أنابيب توصيل	10- رافع الجهد
4- حامل	11- لوحة التحكم
5- أسطوانة التجميع	12- حجرة الجهاز
6- حامل أسطوانة التجميع	13- ساعة ضغط
7- محرك الحركة الدورانية	

مبدأ عمل جهاز الغزل بالنفخ:

عند فتح صمام الضاغط الهوائي (1) يخرج تيار الهواء المضغوط عبر الأنابيب (2) إلى رأس النفخ (3) والذي يتم وضعه على وضعية التشغيل ليتم نفخ المحلول البوليميري، من جهة أخرى فإن تشغيل أزرار لوحة التحكم (11) ستؤدي إلى تشغيل الحركة الترددية لحامل رأس النفخ (4)، والحركة الدورانية لأسطوانة التجميع، حيث أن المحرك (7)

يعطي الحركة لأسطوانة التجميع (5) لتبدأ بالدوران، أما المحرك (9) يعطي الحركة عن طريق الذراع (8) إلى الحامل (4) ليبدأ بالحركة الترددية. وعند الحاجة إلى تطبيق جهد كهربائي يتم تشغيل رافع الجهد (10).



الشكل (10): جهاز الغزل بالنفخ الموجود في مختبر الألياف النانوية

- جهاز قياس لزوجة المحاليل **Viscometer**:

يتيح هذا الجهاز قياس لزوجة مجموعة واسعة من المحاليل بسهولة، وذلك ضمن مجالات لزوجة منخفضة ومتوسطة وعالية انطلاقاً من الزيوت والمذيبات، وصولاً إلى المواد الهلامية والإيبوكسية. ويتميز بالعمل عند سرعات مختلفة للمغزل تصل حتى 100 دورة بالدقيقة. ويمكن من خلاله تحديد الخواص الريولوجية للسائل بمعدلات قص مختلفة.

يتكون الجهاز من مغازل دوارة ذات أشكال متعددة، وشاشة LCD تعرض قيم السرعة واللزوجة وواحدتها، وعمود دوار، وقاعدة، وحامل لوعاء المحلول. ويعطي الجهاز إنذاراً في حال حدوث خطأ أثناء القياس. كما يقوم بإجراء اختبار مسح تلقائي في بداية كل

تشغيل عند سرعات مختلفة. ويتم إدخال بارامترات التشغيل المطلوبة من خلال لوحة المفاتيح الأمامية. مجال قيم اللزوجة التي يتحسسها الجهاز يتراوح بين PC (0.1-100).



الشكل (11): جهاز قياس لزوجة السوائل Viscometer

4- خطة البحث:

تمت الدراسة وفقاً للخطوات التالية:

- 1- تحضير المحاليل البوليميرية
- 2- قياس لزوجة المحاليل المدروسة
- 3- إجراء التجارب على جهاز الغزل بالنفخ
- 4- مناقشة النتائج

1.4. تحضير المحاليل البوليميرية:

تم تحضير مجموعة محاليل من بوليمير بولي لاكتيك أسيد بتركيز: 5-7-10-12 wt% على الترتيب، باستخدام مذيب مكون من مزيج 40% DMF و 60% AC.

بواسطة خلاط مغناطيسي عند درجة حرارة 60 درجة مئوية. ثم تركها تبرد لمدة نصف ساعة.

2.4. قياس لزوجة المحاليل المحضرة:

تم قياس لزوجة المحاليل باستخدام Viscometer. بداية تم تقييم السلوك الريولوجي لأحد المحاليل حيث تم اختيار المحلول ذو التركيز 12%wt، ومن أجل 5 سرعات مختلفة للمغزل (20-100) rpm. حيث استخدم مغزل (سبيندل 3R). النتائج موضحة في الجدول (1).

الجدول (1): نتائج دراسة العلاقة بين اللزوجة ومعدل القص

اللزوجة mpa.s (cp)	السرعة rpm
500	20
470	30
470	50
470	60
480	100

تم ملاحظة أن قيم اللزوجة بدأت ب 500 cp عند السرعة 20 rpm للسبيندل، وانخفضت وصولاً إلى القيمة 470 cp، وبالتالي كانت شبه ثابتة مع حدوث تغيرات طفيفة في قيمها مع تغير معدل القص الأمر الذي يجعل سلوك المحلول قريباً من النيوتوني، وهذا أمر مفيد من أجل نفخ المحلول على جهاز الغزل. أما نتائج قياس لزوجة المحاليل عند تراكيز مختلفة موضحة لاحقاً في الجدول (3).

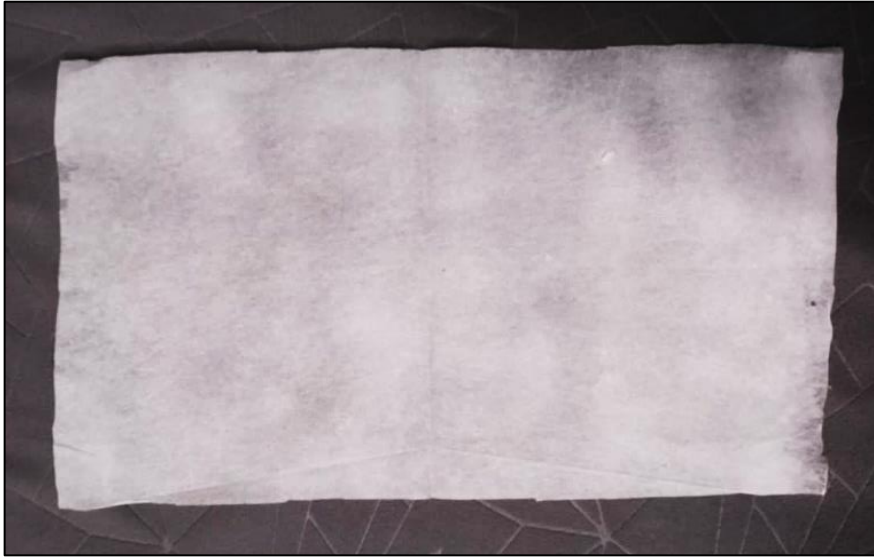
3.4. إجراء التجارب على جهاز الغزل بالنفخ:

- تم اختيار بارامترات تشغيل الجهاز وفقاً للقيم الموضحة في الجدول (2)، وتحضير الجهاز للقيام بتجارب الغزل بالنفخ وفق الخطوات التالية:
- وضع المحلول البوليميري ضمن حجرة البوليمير في رأس النفخ وإغلاقها بإحكام.
 - تشغيل الضاغط عند قيم الضغوط المدروسة (كل تجربة عند قيمة ضغط محددة).
 - حساب سرعة الهواء تم باستخدام العلاقة (6).

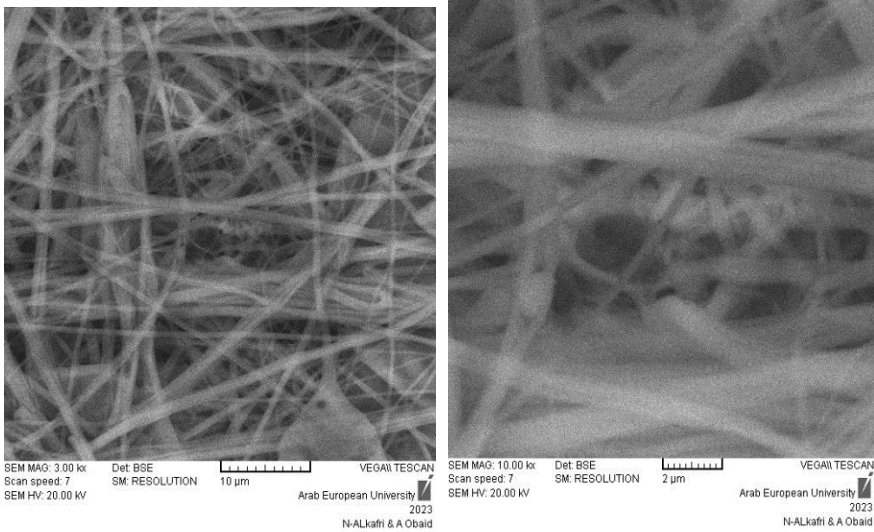
الجدول (2): بارامترات تشغيل جهاز الغزل بالنفخ

الضغط bar	سرعة الهواء m/s	قطر الفوهة Mm	مسافة الرأس عن المجمع cm	حجم المحلول ml
1	49.6	1.8	15	5
2	74.2			
3	98.8			
4	123.5			

أجريت التجارب الأربعة على جهاز الغزل بالنفخ وفقاً لشروط التشغيل المذكورة سابقاً، لكل محلول من المحاليل المحضرة، وتم قياس الزمن المستغرق لنفخ حجم المحلول البوليميري بشكل كامل، وحساب تدفق المحلول بقسمة حجم المحلول على زمن التجربة مقدراً بـ ml/min. النتائج موضحة في الجدول (3)، علماً أن نتيجة كل تجربة من تجارب الغزل المجراة كانت عبارة عن تحول المادة البوليميرية بشكل كامل إلى قماش غير منسوج مكون من ألياف نانوية. الشكل (12) يوضح إحدى هذه الشبكات.



الشكل (12): شبكة غير منسوجة من ألياف نانوية ناتجة عن محلول PLA 7wt% عند ضغط 2 bar



الشكل (13): صور العينة بواسطة SEM بدقة 2 و 10 ميكرومتر عند ضغط 2 bar

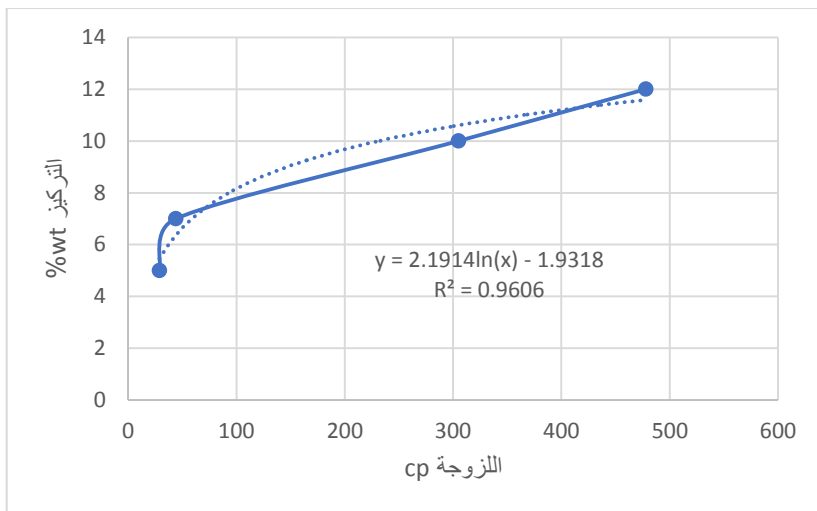
الجدول (3): نتائج التجارب الأربعة

رقم التجربة	التركيز Wt%	متوسط للزوجة c.p	التدفق (ml/min)			
			الضغط (bar)			
			1	2	3	4
1	5	29	1.1	1.8	2.3	3
2	7	44	0.5	0.85	1	1.4
3	10	305	0.17	0.25	0.42	0.7
4	12	478	لم يخرج	لم يخرج	0.11	0.16

4.4. مناقشة النتائج:

• العلاقة بين تركيز المحلول ولزوجته :

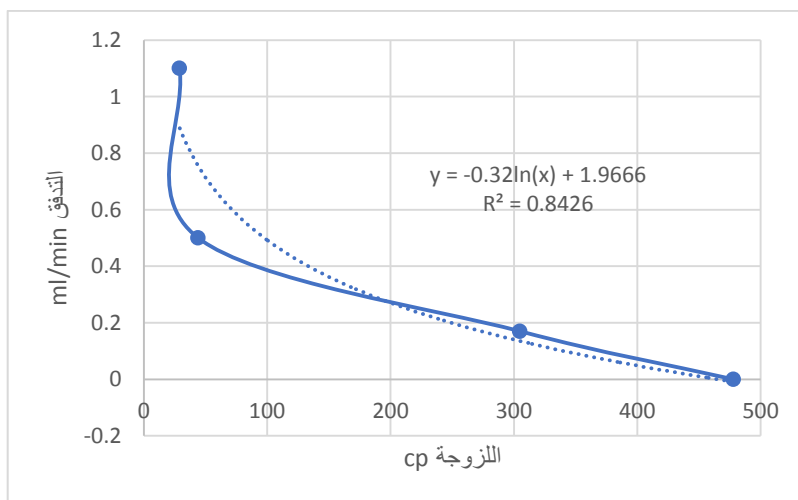
يوضح الشكل (14) أنه بزيادة تركيز المادة البوليميرية ضمن المحلول تزداد لزوجته وهذه أمر متوقع. حيث أن هذه الزيادة تبدأ طفيفة عند تراكيز منخفضة ، وتزداد بشكل ملحوظ وصولاً حتى تركيز 12 wt%. هذه العلاقة هي علاقة لوغاريتمية بمعامل بيرسون قدره 0.96. قد يعود السبب في التغير الحاصل ضمن مجال التركيز من 5 وحتى 7 wt% إلى عدم تساوي المجالات بين قيم التركيز المختارة.



الشكل (14): العلاقة بين تركيز المحلول ولزوجته

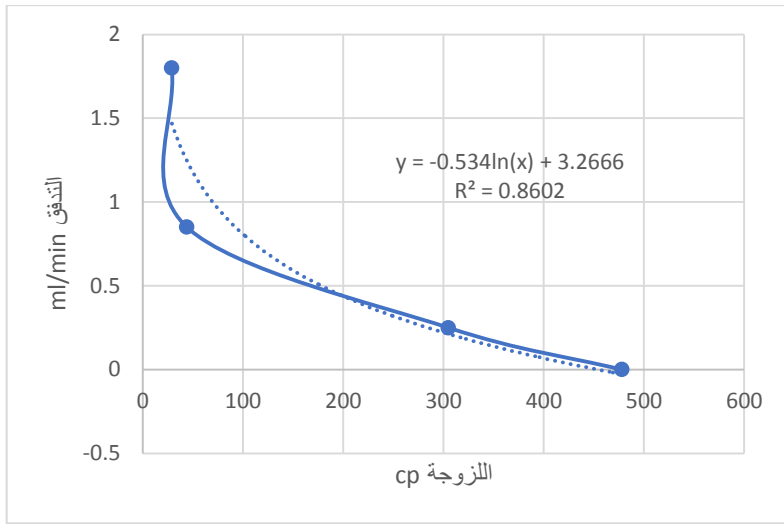
• العلاقة بين اللزوجة وتدفق المحلول :

من أجل ضغط bar1:



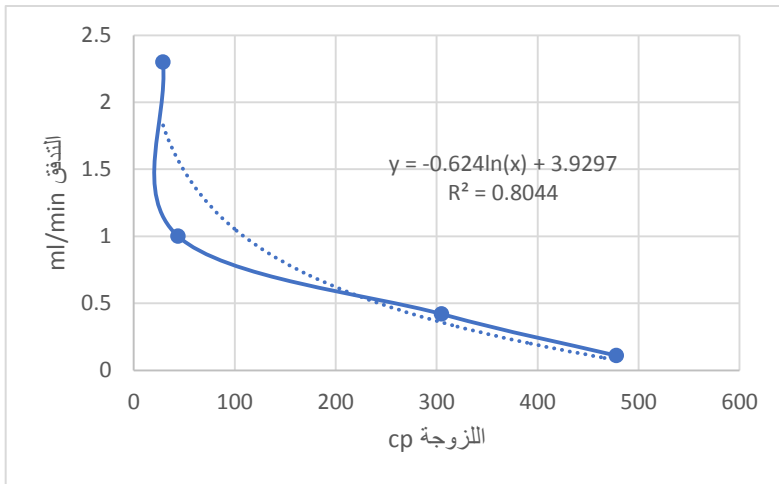
الشكل (15): العلاقة بين لزوجة ومعدل تدفق المحلول عند ضغط bar 1

من أجل ضغط 2 bar:



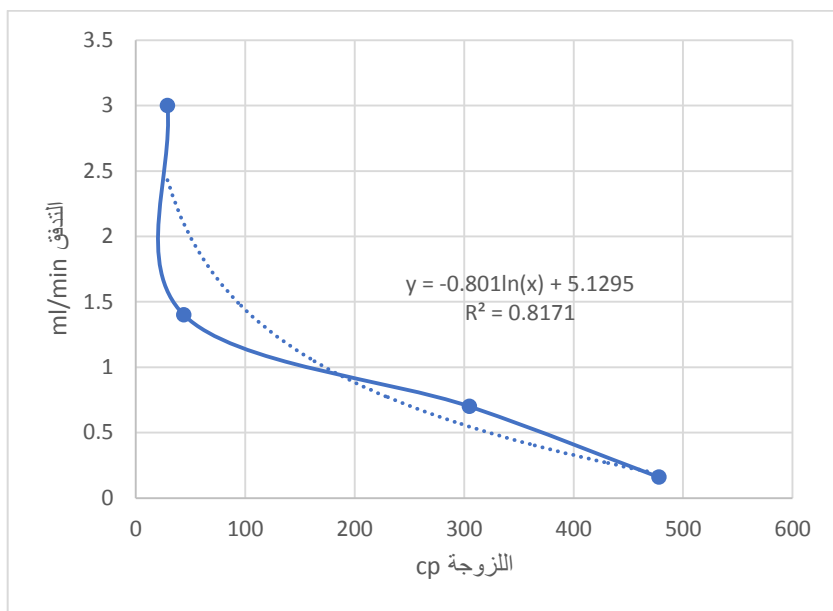
الشكل (16): العلاقة بين لزوجة ومعدل تدفق المحلول عند ضغط 2 bar

من أجل ضغط 3 bar:



الشكل (17): العلاقة بين لزوجة ومعدل تدفق المحلول عند ضغط 3 bar

من أجل ضغط 4 بار:

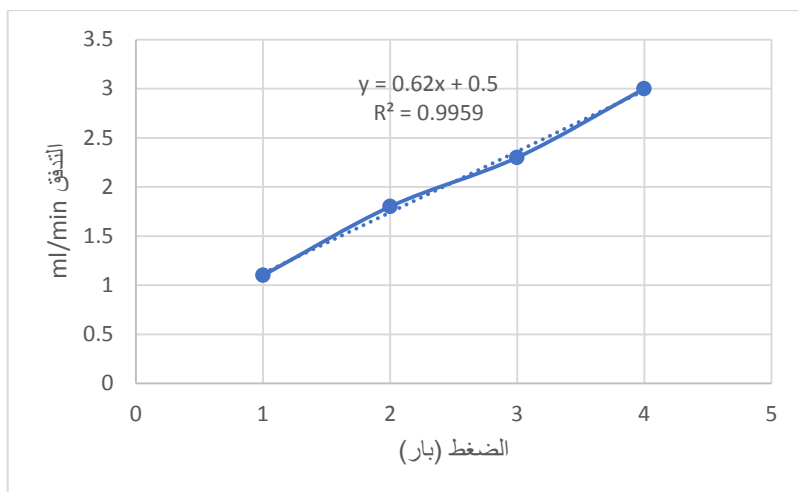


الشكل (18): العلاقة بين لزوجة ومعدل تدفق المحلول عند ضغط 4 bar

المخططات السابقة توضح أنه بزيادة لزوجة المحلول البوليميري (زيادة تركيزه)، ينخفض معدل تدفق المحلول أثناء الخروج من الفوهة الداخلية لجهاز الغزل بالنفخ. وهذه العلاقة بين اللزوجة والتدفق هي علاقة لوغاريتمية. إن السبب في هذا الانخفاض هو أن المحلول يجري تحت تأثير وزنه من خزان رأس النفخ وصولاً إلى الفوهة، وأنه بزيادة قيمة اللزوجة يزداد تأثيرها في ممانعة جريان المحلول ، بالتالي يزداد زمن استهلاك المحلول أثناء التجربة مما يؤدي إلى انخفاض معدل التدفق.

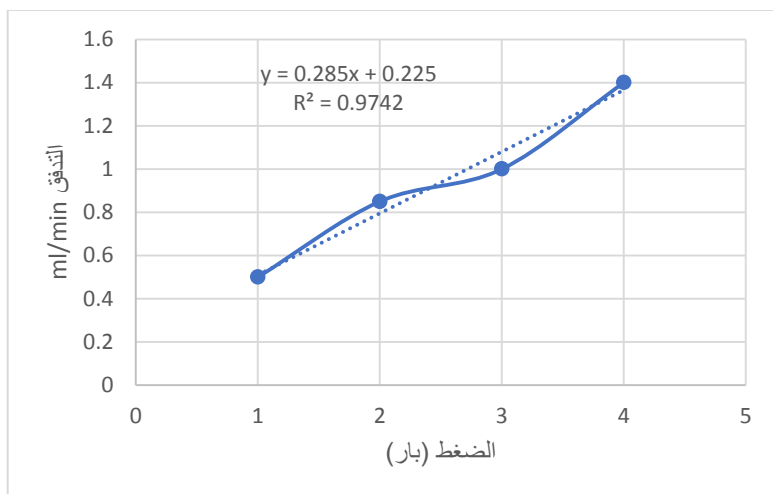
• العلاقة بين الضغط والتدفق:

عند تركيز 5 wt%، ولزوجة 29 cp:



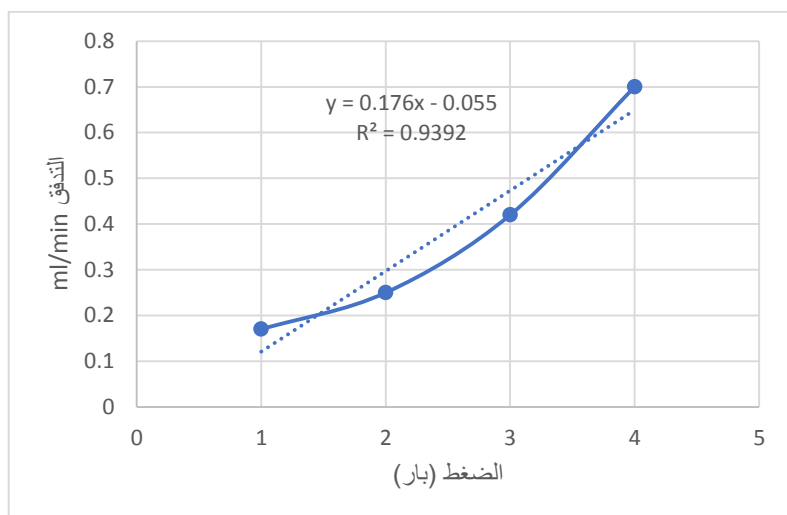
الشكل (19): العلاقة بين الضغط والتدفق عند تركيز 5 wt%

عند تركيز 7 wt%، ولزوجة 44 cp:



الشكل (20): العلاقة بين الضغط والتدفق عند تركيز 7 wt%

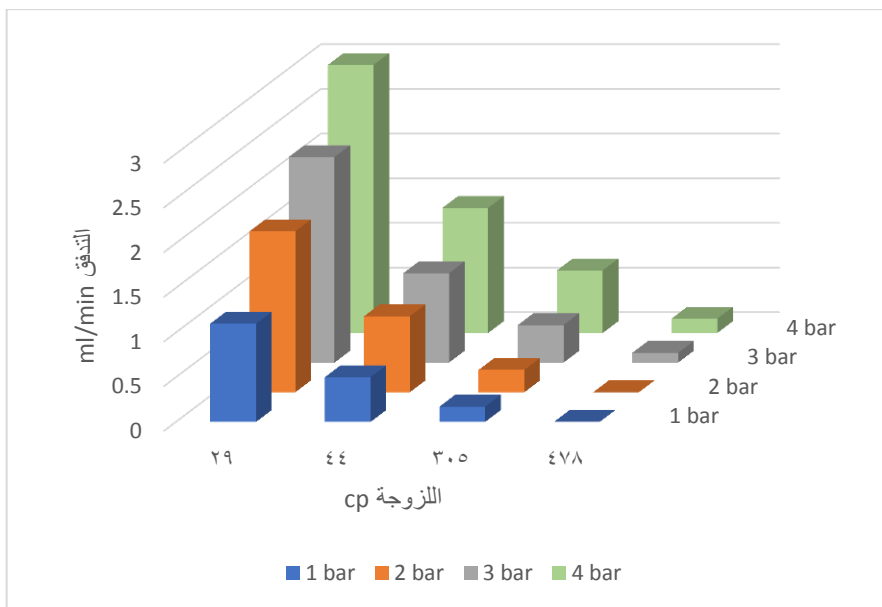
عند تركيز 10 %wt ، ولزوجة 305 cp:



الشكل (21): العلاقة بين الضغط والتدفق عند تركيز 10 %wt

المخططات السابقة توضح أنه بزيادة ضغط الهواء الخارج من الضاغط، يزداد معدل تدفق المحلول البوليميري. تفسر هذه الزيادة بأن زيادة ضغط الهواء يزيد من سرعة خروجه من الفوهة الخارجية، الأمر الذي يسرع من دفع قطرة المحلول البوليميري الخارجة من الفوهة الداخلية وبالتالي زيادة سرعة جريان المحلول، وبالتالي تدفقه خلال زمن التجربة. يمكن ملاحظة أنه عند تركيز 12 %wt، ولزوجة 478 cp تم استبعاد النقاط عند ضغط 1 و 2 bar من الدراسة بسبب عدم خروج المحلول من الفوهة وبالتالي توقف العملية الإنتاجية، وبناء على ذلك لا يمكن رسم مخطط بياني اعتماداً على نقطتين علماً أن النتيجة متوافقة مع باقي نتائج المخططات.

الشكل (22) يوضح مقارنة بين جميع البارامترات المدروسة، ويظهر من الشكل أن أعلى إنتاجية على جهاز الغزل بالنفخ (تدفق أعلى للمحلول البوليميري) يمكن الحصول عليها عند ضغط هواء أعلى ، وقيم لزوجة أقل للمحلول .



الشكل (22): مقارنة شاملة بين البارامترات المدروسة

5.4. النتائج النهائية للبحث:

تم في هذا البحث دراسة تأثير لزوجة المحلول البوليميري ، وضغط الهواء الخارج من الضاغط في جهاز الغزل بالنفخ على إنتاجية الجهاز ، وذلك ضمن مجال ضغط (1-4) بار .

تم اختيار هذا المجال بناء على نتائج دراسة سابقة أظهرت أن تشكل الألياف يحدث عند قيم ضغوط ضمن هذا المجال وذلك وفقاً لشروط التشغيل المعتمدة

في البحث والمواصفات الفنية للجهاز. وأنه عند قيم أعلى من 4 بار تتحول عملية التشكيل الليفي إلى ترذيد.

- زيادة تركيز المحلول البوليميري، تزداد لزوجته، مما يؤدي إلى انخفاض معدل تدفق المحلول من رأس النفخ وبالتالي انخفاض إنتاجية جهاز الغزل بالنفخ.
- بزيادة ضغط الهواء الخارج من أسطوانة الضاغط، يزداد معدل تدفق المحلول البوليميري وبالتالي تزداد إنتاجية الجهاز.
- من أجل الحصول على إنتاجية عالية لجهاز الغزل بالنفخ يفضل استخدام محاليل بوليميرية ذات تراكيز منخفضة (لزوجة منخفضة)، وتشغيل الجهاز عند ضغوط هواء أعلى، وذلك ضمن شروط التشغيل المتبعة في البحث.

5. المراجع العلمية:

- 1- Michal Wojasiński, Maciej Pilarek, Tomasz Ciach, (2014) – Comparative studies of electrospinning and solution blow spinning processes for the production of nanofibrous poly(L-lactic acid) materials for biomedical engineering – 00-645 Warszawa, Poland. 2014-0028.
- 2- Eliton S. Medeiros, Gregory M. Glenn, Artur P. Klamczynski, William J. Orts, Luiz H. C. Mattoso, (2009) – Solution Blow Spinning: A New Method to Produce Micro- and Nanofibers from Polymer Solutions – SP 13560-970, Brazil.
- 3- Jani H. (2017). Bioactive Coatings and Fibers for Bone Implants and Scaffolds by Atomic Layer Deposition, Electrospinning, Solution Blow Spinning and Electroblowing –, academic dissertation, helsinki.
- 4- John L. Daristotle, Adam M. Behrens, Anthony D. Sandler, and Peter Kofinas, (2016) – A Review of the Fundamental Principles and Applications of Solution Blow Spinning – American Chemical Society ,2016, 8, 34951-34963.

- 5- ting chen, xinhou wang, and xiubao huang, (2004) – modeling the air-jet flow field of a dual slot die in the melt blowing nonwoven process – 200051, people’s republic of china.
- 6- Xibo Hao 1, Hui Huang 2 and Yong chun Zeng, (2018) – Original article Simulation of jet velocity in the melt-blowing process using the coupled air-polymer model – 89(16) 3221–3233, china.

دراسة إمكانية استخدام بعض المواد الرابطة

لإنتاج قماش غير منسوج

¹د.محمد تركاوي ²د.زياد سفور ³م. مروه سيفو

- 1- أستاذ مساعد- قسم هندسة الغزل والنسيج-كلية الهندسة الكيميائية والبترولية-جامعة البعث
- 2- أستاذ مساعد- قسم هندسة الغزل والنسيج-كلية الهندسة الكيميائية والبترولية-جامعة البعث
- 3- طالبة دكتوراه- قسم هندسة الغزل والنسيج-كلية الهندسة الكيميائية والبترولية-جامعة البعث

ملخص البحث

يعد الصوف السوري من أهم الألياف المستخدمة في مجال الصناعة وإنتاج الأقمشة، كما يتصف الصوف بخشونته مما يحد من إمكانية استخدامه ضمن مجال الألبسة ويحصر تطبيقه في الصناعات النسيجية الأخرى كصناعة السجاد والفلانتر...الخ.

تم تطبيق الربط الكيميائي والحراري في تشكيل عينات من القماش غير المنسوج، باستخدام مواد رابطة مثل حبيبات البولي إيثيلين والبولي ستايرن والبولي فينيل أسيتات والبولي بروبلين والبوليسترات السائل من خلال تطبيق ضغط وحرارة بواسطة مكبس حراري عند درجة حرارة (100°C) عند تراكيز مختلفة للمواد الرابطة لربطها مع طبقات الصوف.

تم استخدام خمسة تراكيز من كل مادة رابطة وإذابتها في المذيب المناسب.

تم إجراء اختبارات الشد للعينات الناتجة وتمت مناقشة النتائج، حيث أعطت العينات المترابطة بواسطة مادة PVAC قوى شد أعلى مقارنة بباقي العينات المترابطة بواسطة المواد الرابطة الأخرى.

الكلمات المفتاحية: العوادم، بولي إيثيلين، بولي فينيل أسيتات، الأقمشة غير المنسوجة،

المواد الرابطة، اختبار الشد، عوادم الصوف.

Study the Possibility of Using Some Binding Materials to Produce Non-woven Fabric

Abstract

Syrian wool is considered one of the most important fibers used in the field of industry and cloth production.....etc, on the other hand, Syrian wool is characterized by its roughness, and this limits the possibility of its use in the field of clothing and also limits its application in other textile industries, such as the manufacture of carpets and filters.

Chemical bonding and thermal bonding were applied to form samples of non-woven fabric by using binders such as polyethylene granules, polyvinyl acetate, polypropylene, poly styarin, and liquid polyester by applying heat and pressure using a heat press at a temperature of 100° c at different concentrations of the binders to bond them with wool layers.

Five concentrations of each binder were used and dissolved in the appropriate solvent.

Tensile tests were conducted for the resulting samples, where the samples bonded with PVAc gave higher tensile strengths compared to the rest of the samples bonded with other binders.

Keywords: Exhaust , polyethylene, poly venel acetate, Nonwoven, binding agents, Tensile Test, Wool waste.

1-المقدمة:

تعد الأقمشة غير المنسوجة واحدة من أقدم وأبسط الأقمشة، حيث تم استخدامها في صناعة الملابس الواقية والخيام، إذ تتمتع بمزايا كبيرة فيما يتعلق بتكنولوجيا التصنيع وأداء المنتج وكفاءة الإنتاج.

ويتم تعريف الأقمشة غير المنسوجة بأنها عبارة عن شريحة أو طبقة مصنعة من ألياف موجهة أو عشوائية مترابطة فيما بينها بوسيط ميكانيكي، حراري أو كيميائي ويمكن لهذه الألياف أن تكون طبيعية أو صناعية [1].

من جانب آخر يعد الإنتاج الحيواني في مختلف أنحاء العالم ذو مكانة هامة في الاقتصاد الزراعي، ويعد الصوف أحد المنتجات الهامة للثروة الحيوانية حيث يحتل مركزاً مرموقاً في اقتصاد العديد من البلدان، فهو من الألياف الفريدة لتمتعه بالكثير من الخصائص المميزة مثل الدفاء والمرونة وخاصة التلييد [2][3].

لكن في المقابل لم يلق الصوف السوري رواجاً كبيراً في صناعة المنتجات النسيجية بسبب خشونته العالية، بالإضافة إلى وجود كميات كبيرة من عوادم الصوف في معاملنا لا يتم استخدامها أو الاستفادة منها، وبالتالي نشأت فكرة استخدام هذه العوادم لإنتاج أقمشة غير منسوجة.

تم إجراء الكثير من الأبحاث فيما يخص ألياف الصوف ومحاولة توظيفها في استخدامات متنوعة، ففي إحدى الدراسات قام مجموعة من الباحثين بدراسة إمكانية استخدام المواد غير المنسوجة المصنعة من الصوف كمادة ماصة في تنظيف الانسكاب النفطي إذ تبين أن هذه الأقمشة تتميز بقدرات امتصاص أعلى بكثير من الأقمشة غير المنسوجة المصنعة من ألياف أخرى وبين البحث أن لخشونة ألياف الصوف دور مهم

في تحسين قدرة الامتصاص وأشار إلى أن هذه الأقمشة يمكن أن تكون قابلة للتطبيق ومتاحة تجارياً [4].

كما قام مجموعة من الباحثين بدراسة استخدام عوادم الصوف وتحويلها إلى مواد خام جديدة مناسبة لإنتاج أقمشة غير منسوجة وتم استخدام الربط الحراري باستخدام ألياف تركيبية ثنائية (بوليستر/كوبوليستر) حيث تم فحص خمس قيم للكثافة وقد أظهرت هذه الأقمشة خصائص صحية أفضل ومعاملات امتصاص للصوت أعلى [5].

أيضاً قام مجموعة من الباحثين بدراسة تشكيل شبكة غير منسوجة ثلاثية الأبعاد مضغوطة بالحرارة وذلك باستخدام ألياف الصوف، حيث تم العمل على رفع الطاقة السطحية المنخفضة لألياف الصوف عن طريق إدخال مجموعات قطبية وظيفية جديدة واستئصال الطبقة الدهنية الخارجية وتم استخدام الترابط الحراري باستخدام ألياف النايلون، حيث أشارت النتائج أن ألياف الصوف والنايلون يمكن أن تشكل هيكلاً ثلاثي الأبعاد من خلال الترابط الحراري [6].

1-1- المواد الرابطة:

هي مواد كيميائية على شكل حبيبات تتم إذابتها في مذيبات خاصة ثم يتم توزيعها على طبقة العوادم، وعند تطبيق الضغط مع الحرارة تحدث ترابطاً بين طبقات العوادم [1].

والمواد المستخدمة في هذا البحث هي: البولي إيثيلين والبولي ستايرن والبوليستر السائل و البولي فينيل أسيتات والبولي بروبيلين.

1-2- هدف البحث:

تحضير مجموعة من عينات القماش غير المنسوج من عوادم الصوف السوري باستخدام تقنيتي الربط الحراري و الكيميائي معاً وإجراء الاختبارات اللازمة بهدف إمكانية تصنيع

بدائل عن السجاد يتم فيها اختزال المراحل الطويلة لتشكيل السجاد والاستعاضة عنها بالموكيت.

1-3- خطة البحث:

1- تجهيز المواد الرابطة.

2- تطبيق المواد الرابطة على العينة.

3- تطبيق الربط الحراري والكيميائي على العينة.

4- إجراء الاختبارات ومناقشة النتائج.

2- أدوات البحث وطرائقه:

2-1- الأجهزة والمواد المستخدمة في البحث:

. ميزان حساس (دقة الجهاز 0.001g).

. مكبس حراري في شركة أصواف حماه.

. جهاز قياس قوة الشد (Tinius Olsen H50KS) في مخبر الميكانيك في كلية الهندسة الميكانيكية.

2-2- المواد المستخدمة في البحث:

. المادة الأولية (العوادم): سيتم استخدام العوادم الناتجة عن مرحلة الكرد وكذلك الألياف القصيرة والتي لا يتم الاستفادة منها في معمل الصوف خلال مراحل التصنيع.

. البولي فينيل أسيتات PVAC.

. البولي إيثيلين PE.

. البوليستر السائل.

. البولي ستايرن.

. البولي بروبلين.

.مذيب الكزائلن (XyleneC₈H₁₀).

. الكحول الإيثيلي C₂H₅OH.

.كلوروفورم CHCl₃.

3- الاختبارات والتجارب:

3-1- الربط الكيميائي:

في هذا النوع من الربط يتم توزيع مواد لاصقة على الشاشة أو غمر الشاشة في مادة لاصقة ثم تجفيفها بعد ذلك مما يؤدي إلى ترابط الألياف، حيث تقوم المواد اللاصقة بتشكيل روابط مع طبقتي العوادم مما يسبب التماسك بينهما [5].

يتم إحداث هذه الروابط على شكل من هذه الأشكال التالية:

- تطبيق جاف (بودرة).

- تطبيق رطب.

- تطبيق رغوي.

ومن محاسنها أنها تتم بتقنية بسيطة.

عدد العينات 25 حيث تم استخدام خمس مواد رابطة وخمسة تراكيز لكل مادة رابطة، حيث تم الاستعانة بالدوفر لتحضير شاشة كرد من العوادم وذلك بهدف الحصول على شاشة من عوادم الصوف.

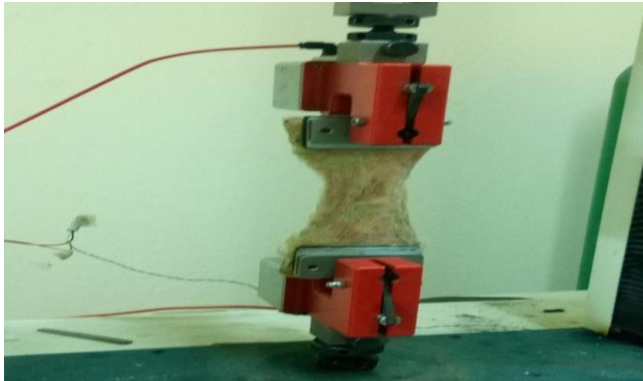
3-2- الربط الحراري:

يعد هذا النوع من الترابط هو الأكثر شيوعاً بين أنواع الربط الثلاث (الميكانيكي-الكيميائي-الحراري) لأنه سريع الانجاز ومنخفض التكلفة.

حيث يتم فيه تشكيل شبكة من المواد الرابطة والألياف وتمريها بين أسطوانتين بحيث تتعرض الشبكة للضغط مع الحرارة. مما يؤدي إلى ذوبان المواد الرابطة وتماسك طبقة الألياف الأساسية، يتبعها عملية تبريد في الهواء لتقوية بنية الشبكة وترابطها بشكل أكبر [1][7].

4- الاختبارات المنجزة:

تم إجراء اختبار قوة الشد باستخدام الجهاز الموضح في الشكل (1) والاعتماد على المواصفة القياسية NF EN iso 13934-1.



الشكل(1): اختبار الشد في مخبر الميكانيك في كلية الهندسة الميكانيكية

4-1- توصيف العوادم:

تم إجراء الاختبارات اللازمة على عشرة عينات من عوادم شعيرات الصوف المراد استخدامها وذلك لتوصيف العوادم المستخدمة في هذا البحث، وذلك على الأجهزة المخبرية الموجودة في الشركة العامة للأصواف في حماه وهذه الأجهزة هي:

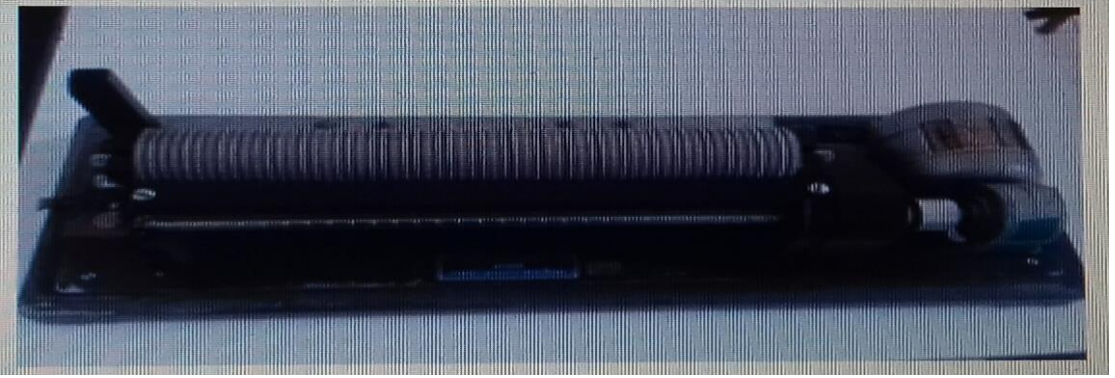
1- جهاز اختبار طول الشعيرات (Wira):

يعد جهاز قياس أطوال الألياف WIRA من الآلات المثيرة للاهتمام، وهو عبارة عن أداة تصف أوتوماتيكية تم تطويرها من قبل Palmer و Anderson .

يتم فيها مسك كل ليف من إحدى أطرافه بواسطة زوج من الملاقط الدقيقة، يتوضع رأس الملقط على مسار برغي دوار، حيث يسحب الملقط الليف نحو اليمين، بينما يتوضع فوق الليف (من الجهة اليسرى) حساس يتألف من ذراع ذات وزن خفيف.

عندما تنزلق نهاية الليف اليسرى أسفل الحساس يتوقف اللولب عن الدوران ويتم تسجيل الطول بواسطة جهاز عد ميكانيكي يعمل عند حركة الملقط نحو الأعلى. يوجد عداد لكل مجال وقدره (5mm) وهكذا عند نهاية الاختبار يتم الحصول على التوزيع الطولي (العددي وذلك عندما تكون العينة عددية).

يعد استخدام هذه الطريقة أسرع بكثير من الطريقة اليدوية ويكون الخطأ الناتج عن اختيار الشد من قبل الفاحص قليل نسبياً. تتوفر هذه الآلة التي تم تصميمها في الأصل من أجل الصوف أما الآن فهي فعالة أيضاً من أجل الألياف القصيرة.



الشكل (2): جهاز اختبار طول الشعيرات (Fiber Length Machine) في معمل الصوف في حماه

2- جهاز اختبار قطر الشعيرات (LEICA DME):



الشكل (3): جهاز اختبار قطر الشعيرات في معمل الصوف في حماه

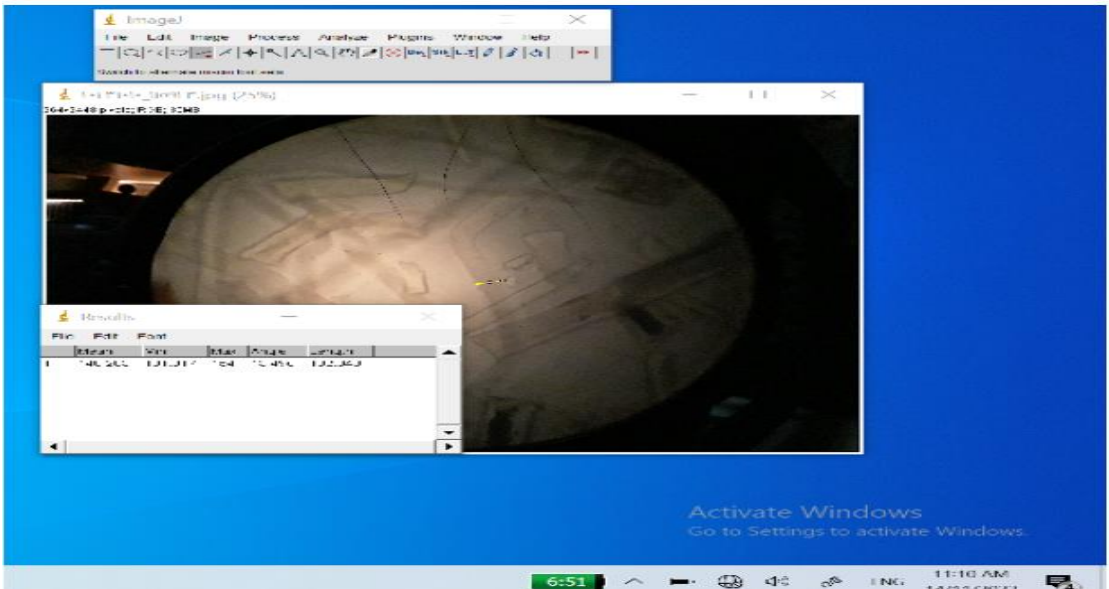
يظهر الشكل (4) بعض من الصور المجهرية و التي توضح أقطار الألياف الصوفية المستخدمة.

في الصورتين التاليتين شكل مبسط لما تحتويه العوادم من شعيرات ذات القناة بالإضافة إلى التوزع المختلف للشعيرات واختلاف أقطارها.



الشكل (4): صور مجهرية لألياف الصوف

بالاستعانة ببرنامج Image J تم قياس الأقطار في العينات المجهرية للحصول على التوصيف المورفولوجي للعينات المختبرة.



الشكل (5): يوضح صورة العينة عند المعالجة ببرنامج Image J

يظهر الجدول (1) بعض المواصفات التكنولوجية لألياف الصوف المستخدمة حيث يتضمن على أبعاد الشعيرات و نسب المواد الدهنية و المواد النباتية.

الجدول (1): المواصفات التكنولوجية للعوادم الصوفية

نسبة المواد النباتية	نسبة المواد الدهنية	نسبة الشعيرات ذات القناة	معامل الاختلاف	متوسط قطر الشعيرات (مكرون)	معامل الاختلاف	متوسط طول الشعيرات (سم)	رقم العينة
8.72	1.65	13.24	44.62	38.64	40.02	5.68	1
6.42	1.38	10.23	41.53	36.14	36.84	5.22	2
7.64	1.51	12.60	42.53	34.92	39.62	4.86	3
7.32	1.98	10.88	45.16	36.40	32.84	5.32	4
8.62	1.44	15.10	41.50	38.06	37.14	5.76	5
6.53	1.62	12.42	43.12	36.92	41.22	6.10	6
8.88	1.54	11.56	48.16	32.38	39.62	5.43	7
7.40	1.74	11.58	45.78	34.33	43.20	5.72	8
8.92	2.03	13.33	41.14	36.14	37.63	4.98	9
7.45	1.83	12.72	48.73	33.70	40.42	5.86	10
7.79	1.67	12.36	44.22	35.76	36.85	5.49	الوسطي

4-2- إجراء عملية الربط الكيميائي باستخدام المادة الرابطة PVAC :

- تحضير المادة الرابطة:

تم استخدام تراكيز مختلفة من حبيبات مادة البولي فينيل أسيتات وذلك بإذابتها في (100 ml من الماء عند درجة حرارة (100°C) ومع التحريك المستمر لمدة نصف ساعة.

وتم توزيع المحلول المتشكل بين طبقتي العوادم ومن ثم تطبيق الضغط اللازم باستخدام مكبس حراري عند درجة حرارة (100° C) وضغط حوالي (800 pa).

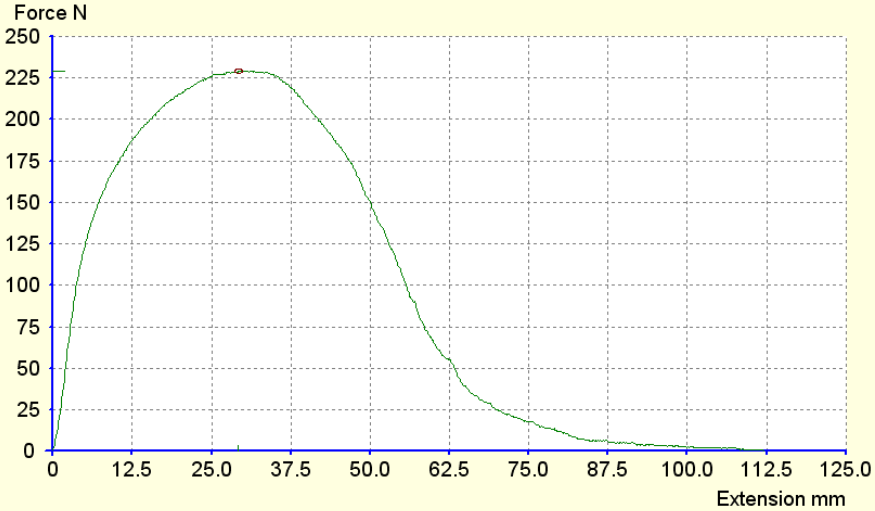
تم إجراء التجارب على خمس عينات وعند خمسة تراكيز مختلفة وعند إجراء اختبارات الشد على العينات، علماً أن أبعاد العينة (طول = 10 Cm و عرض = 5 Cm)، حيث تم إجراء خمسة اختبارات لكل تركيز من المادة الرابطة وأخذ المتوسط الحسابي للقراءات و كانت النتائج كما يلي :

الجدول (2): نتائج قوة الشد للعينات التي أعطاها جهاز اختبار قوة الشد

رقم العينة	المادة الرابطة	تركيز المادة الرابطة (%)	قوة الشد (N)
1	PVAC	1	125
2		2	142
3		3	166
4		4	180
5		5	226

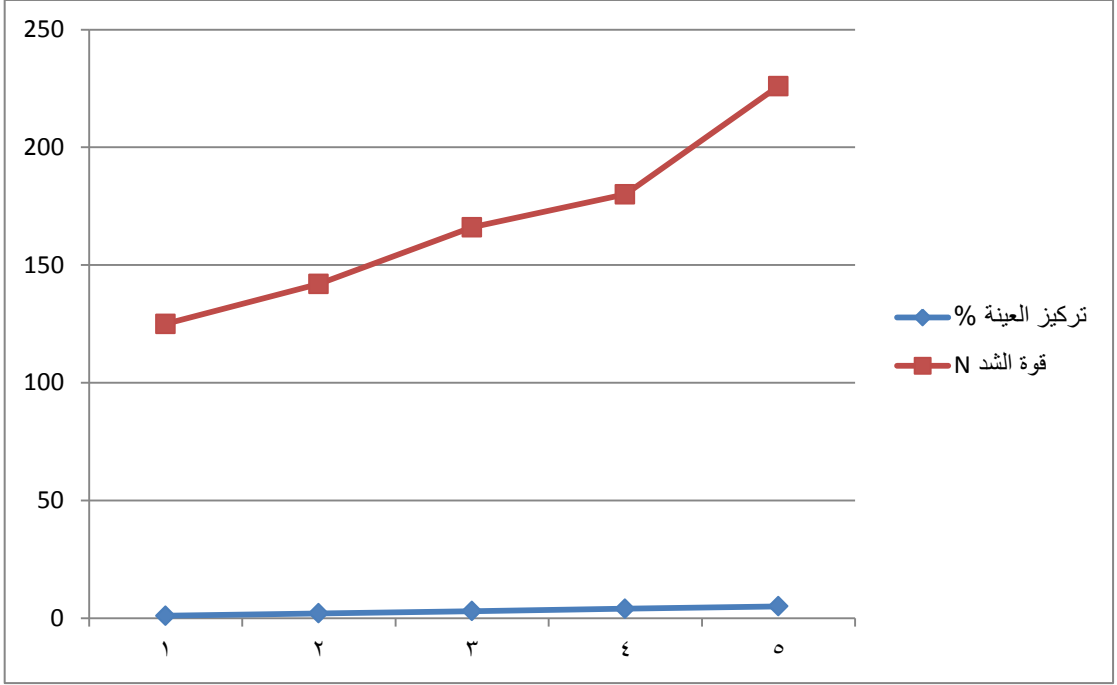
نلاحظ أنه ازدادت قوة الشد للعينة مع زيادة تركيز مادة PVAC مما يدل على أن هذه المادة أعطت ترابطاً جيداً جداً بين العوادم (بالاعتماد على المواصفة ASTM D5734-95) في العينة الناتجة مما أعطى تماسكاً جيداً للعينة وبالتالي مقاومة أكبر للشد.

يشير الشكل (8) إلى العلاقة بين الاستطالة و القوة حيث يظهر المخطط إلى القيمة الأعلى (226N) التي وصلت لها قوة الشد عند استخدام تركيز (5%) من مادة PVAC.



الشكل (6):مخطط الشد عند 5% من PVAC

يظهر الشكل(7)العلاقة بين تركيز المادة الرابطة مع قوة الشد للتركيز الخمسة السابقة :



الشكل (7): علاقة قوة الشد بتركيز المادة الرابطة للعينات

من خلال العلاقات التالية وبالإستعانة بالمخططات التي حصلنا عليها لكل عينة والتي أبعادها (طول = 10cm ، العرض = 5cm)، تم حساب القيم التالية وذلك للحصول على التوصيف الميكانيكي للعينات المختبرة:

$$(\text{Epsilon}) \varepsilon = \Delta L / L * 100$$

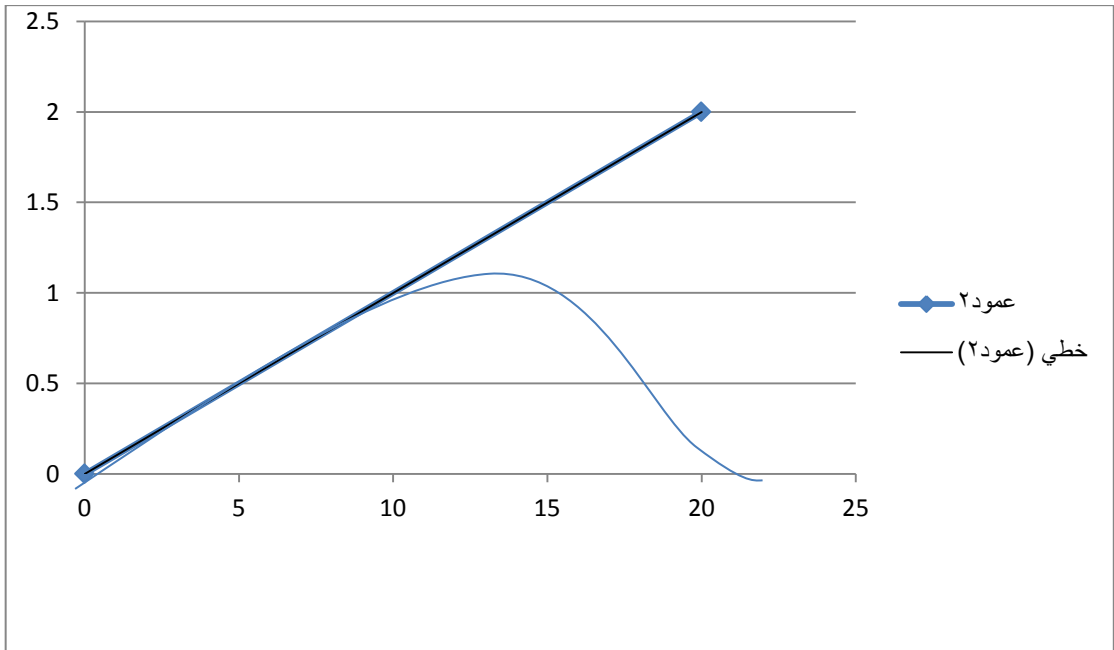
$$\sigma^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2 / N - 1$$

$$cv = \sigma / \bar{X} * 100$$

$$\text{معامل يونغ} (\varepsilon) = \sigma / \varepsilon$$

أو من الشكل : معامل يونغ = $\tan \alpha$

من خلال الخط الأولي الذي يمس المنحني كما في الشكل:



ويبين الجدول (3) إجهاد و انفعال الشد و معامل يونغ للعينات والهدف من هذه الحسابات هو التوصيف الميكانيكي للعينات المختبرة.

الجدول(3): قيم σ و CV و ϵ و معامل يونغ

العينة	التركيز (%)	قوة الشد (N)	$\sigma(N\backslash cm^2)$	CV(%)	$\epsilon(\%)$	معامل يونغ
1	1	125	21.4	12.7	1.1	8.57
2	2	142	12.88	7.67	1.5	6.13
3	3	166	0.9	0.53	1.8	0.5
4	4	180	6.1	3.63	2.1	4.06
5	5	226	29.1	17.34	2.5	26.45

4-3- إجراء عملية الربط الكيميائي باستخدام حبيبات البولي إيثيلين:

تم استخدام تراكيز مختلفة من حبيبات مادة البولي إيثيلين وذلك بإذابتها في 100 (ml) من مذيب الكزولين النقي Xylene وعند درجة حرارة الغليان ومع التحريك المستمر لمدة نصف ساعة.

تم توزيع المحلول المتشكل بين طبقتي العوادم ومن ثم تطبيق الضغط اللازم باستخدام مكبس حراري عند درجة حرارة (100° C) وضغط (800 pa).

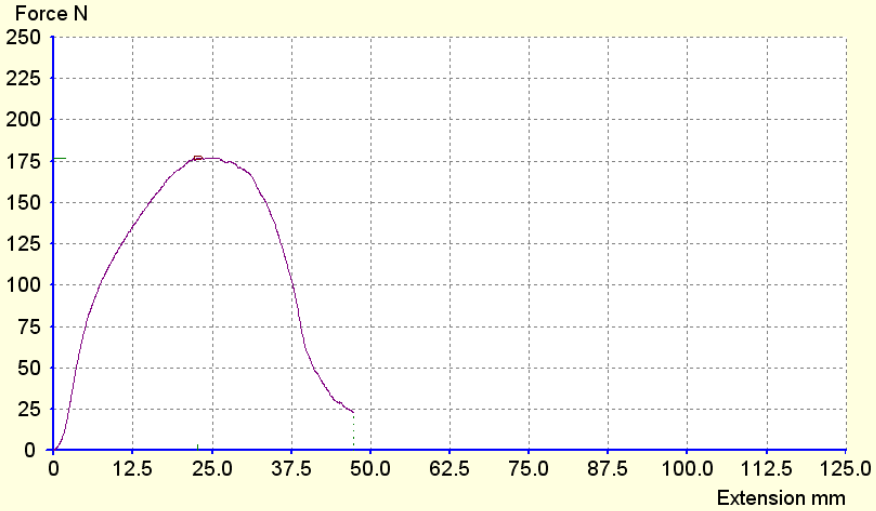
كما تم إجراء التجارب على خمس عينات وعند خمس تراكيز مختلفة وذلك بإجراء خمس اختبارات شد لكل تركيز من المادة الرابطة وثم حساب المتوسط الحسابي للقراءات، وكانت النتائج كما يلي:

الجدول (4): نتائج قوة الشد عند تغيير تركيز المادة الرابطة

العينة	المادة الرابطة	تركيز المادة الرابطة (%)	قوة الشد (N)
6	بولي إيثيلين	1	113
7		2	115
8		3	120
9		4	135
10		5	176

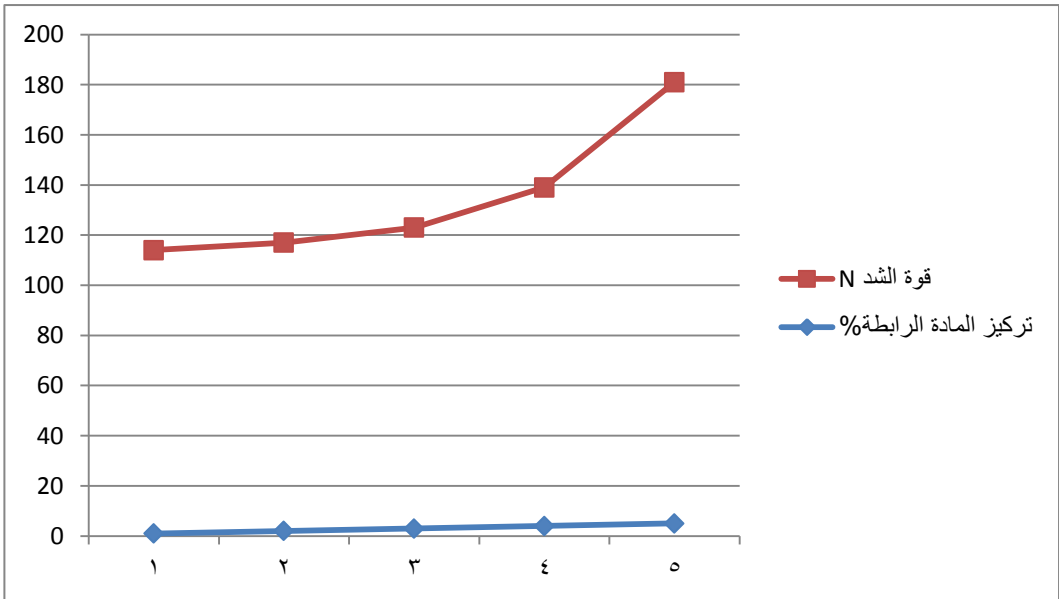
كما تُظهر النتائج فإنه مع زيادة تركيز مادة البولي إيثيلين ازدادت قوة الشد للعينة الناتجة مما يدل على أنها أعطت ترابطاً جيداً للألياف.

يظهر المخطط التالي وصول قوة الشد إلى القيمة (176N) عند استخدام تركيز (5%) من مادة البولي إيثيلين.



الشكل (8): المخطط الذي أعطاه جهاز قوة الشد عند استخدام 5% من حبيبات البولي إيثيلين

يبين الشكل (9) العلاقة بين تركيز المادة الرابطة وقوة الشد.



الشكل (9): يبين العلاقة بين قوة الشد للعينات و تركيز المادة الرابطة

من خلال العلاقات التالية وبالاستعانة بالمخططات التي حصلنا عليها لكل عينة تم حساب القيم التالية:

$$\varepsilon = \Delta L / L * 100$$

$$\sigma^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2 / N - 1$$

$$CV = \sigma / \bar{X} * 100$$

$$\varepsilon = \sigma / \text{معامل يونغ}$$

الجدول (5): يبين قيم σ و CV و ε و معامل يونغ للعينات

العينة	التركيز (%)	قوة الشد (N)	$\sigma (N/cm^2)$	CV (%)	ε (%)	معامل يونغ
6	1	113	9.4	7.132	7.5	1.25
7	2	115	8.4	6.373	9.2	0.913
8	3	120	5.9	4.47	12	0.49
9	4	135	1.6	1.21	18	0.088
10	5	176	22.1	16.76	20	1.105

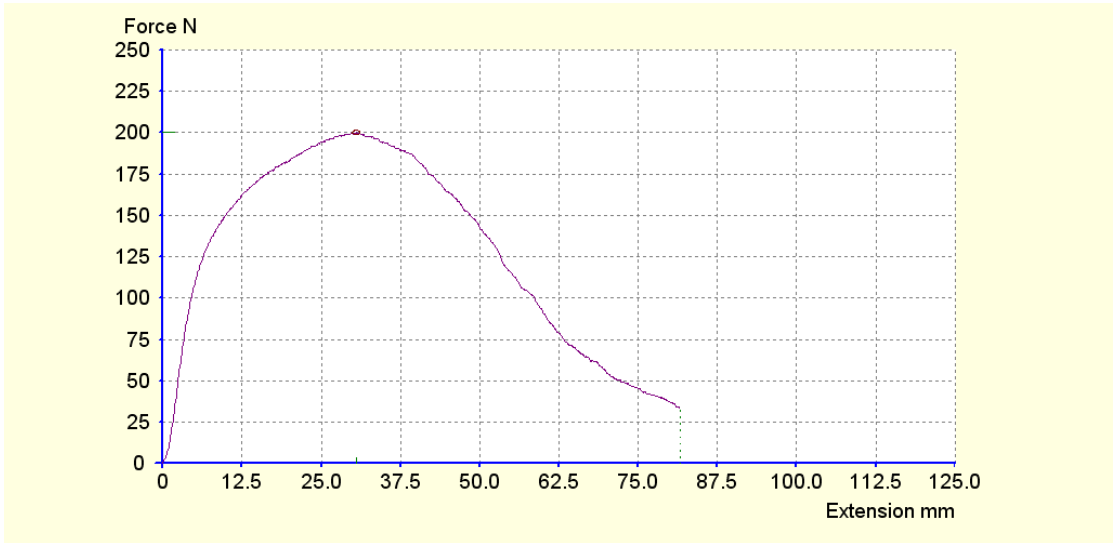
4-4- إجراء عملية الربط الكيميائي باستخدام البوليستر السائل:

تم استخدام تراكيز مختلفة من البوليستر السائل وذلك بإذابتها في (100 ml) من كحول الإيثانول وعند درجة حرارة الغرفة ومع التحريك المستمر. وعند إجراء اختبارات الشد كانت النتائج كما يلي:

الجدول (6): يبين نتائج قوة الشد للعينات على جهاز قياس قوة الشد

قوة الشد (N)	تركيز المادة الرابطة	المادة الرابطة	العينة
114	1%	بوليستر سائل	11
135	2%		12
155	3%		13
178	4%		14
200	5%		15

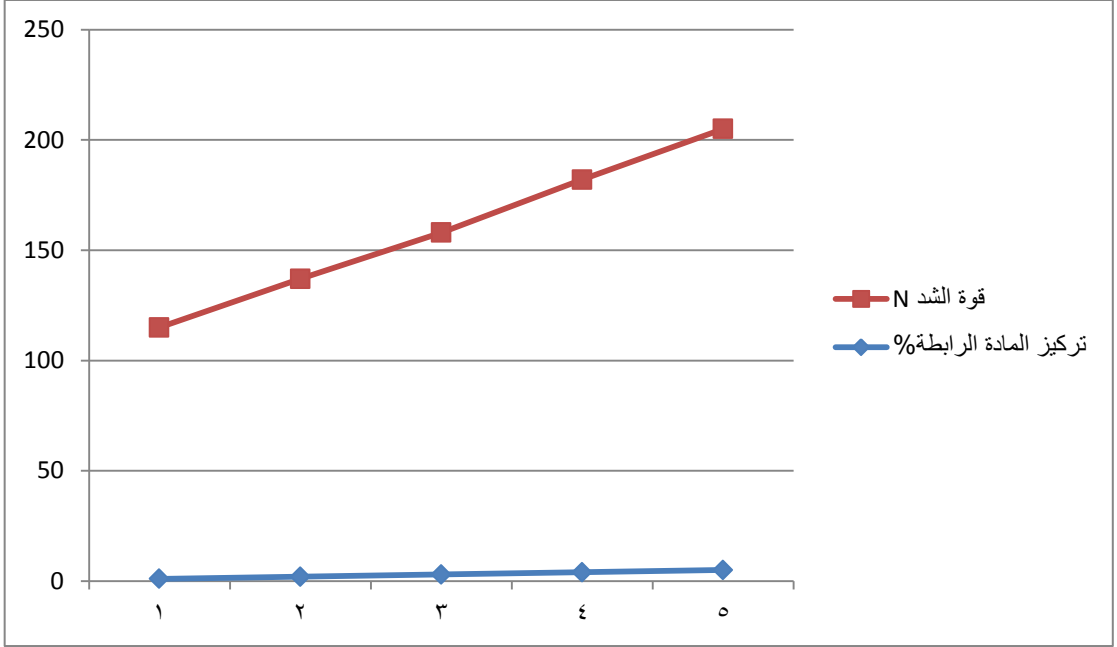
حيث يشير المخطط التالي الذي ظهر على شاشة جهاز قياس قوة الشد إلى القيمة 200 N التي وصلت لها قوة الشد عند استخدام تركيز 5% من مادة البوليستر السائل.



الشكل (10):المخطط الذي أعطاه جهاز قوة الشد عند استخدام 5% من البوليستر

السائل

ويبين المخطط التالي العلاقة بين قوة الشد و تركيز المادة الرابطة للعينات السابقة:



الشكل (11): يبين علاقة قوة الشد مع تركيز المادة الرابطة

من خلال العلاقات التالية وبالاستعانة بالمخططات التي حصلنا عليها لكل عينة تم حساب القيم التالية:

$$\varepsilon = \Delta L \backslash L * 100$$

$$\sigma^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2 / N - 1$$

$$CV = \sigma \backslash \bar{X} * 100$$

$$\text{معامل يونغ } (\varepsilon) = \sigma \backslash \varepsilon$$

الجدول(7): يبين قيم σ و CV و ϵ و معامل يونغ للعينات

العينة	قوة الشد (N)	σ (N/cm ²)	CV(%)	ϵ	معامل يونغ
11	114	21.199	13.55	0.56	37.8
12	135	10.7	6.84	0.73	14.65
13	155	0.7	0.45	0.81	0.86
14	178	10.8	6.9	1	10.8
15	200	21.8	13.4	1.3	16.76

4-5- إجراء عملية الربط الكيميائي باستخدام البولي بروبيلين:

تم استخدام تراكيز مختلفة من حبيبات مادة البولي بروبيلين وذلك بإذابتها في 100 (ml) من مذيب الكزائلين النقي Xylene وعند درجة حرارة الغليان ومع التحريك المستمر لمدة نصف ساعة.

وتم رش المحلول المتشكل بين طبقتي العوادم ومن ثم تطبيق الضغط اللازم باستخدام مكبس حراري عند درجة حرارة (100° C).

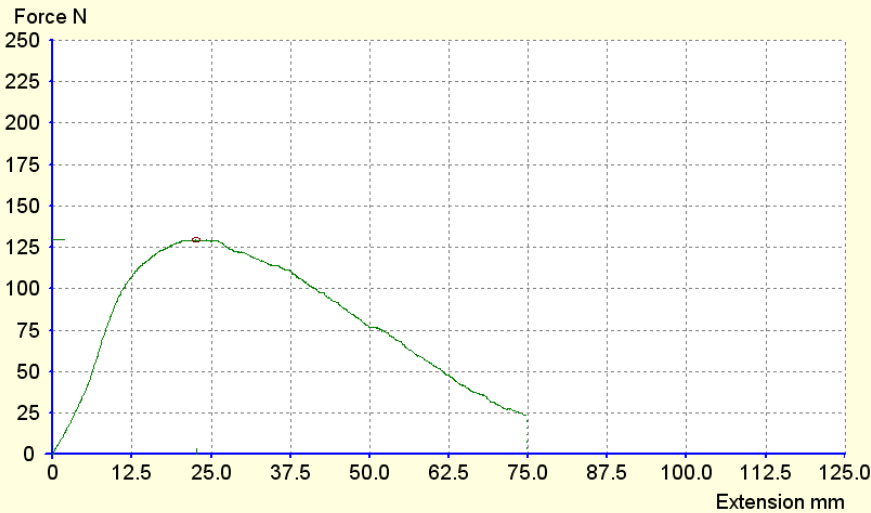
تم إجراء التجارب على خمس عينات وعند خمس تراكيز مختلفة وعند إجراء اختبارات الشد على العينات كانت النتائج كما يلي:

الجدول (8): يبين نتائج اختبار قوة الشد للعينات

قوة الشد (N)	تركيز المادة الرابطة (%)	المادة الرابطة	العينة
39.5	1	بولي بروبيلين	16
55	2		17
87.5	3		18
112.5	4		19
127	5		20

كما تُظهر النتائج فإنه مع زيادة تركيز مادة البولي بروبيلين ازدادت قوة الشد للعينات الناتجة مما يدل على أنها أعطت ترابطاً جيداً للألياف.

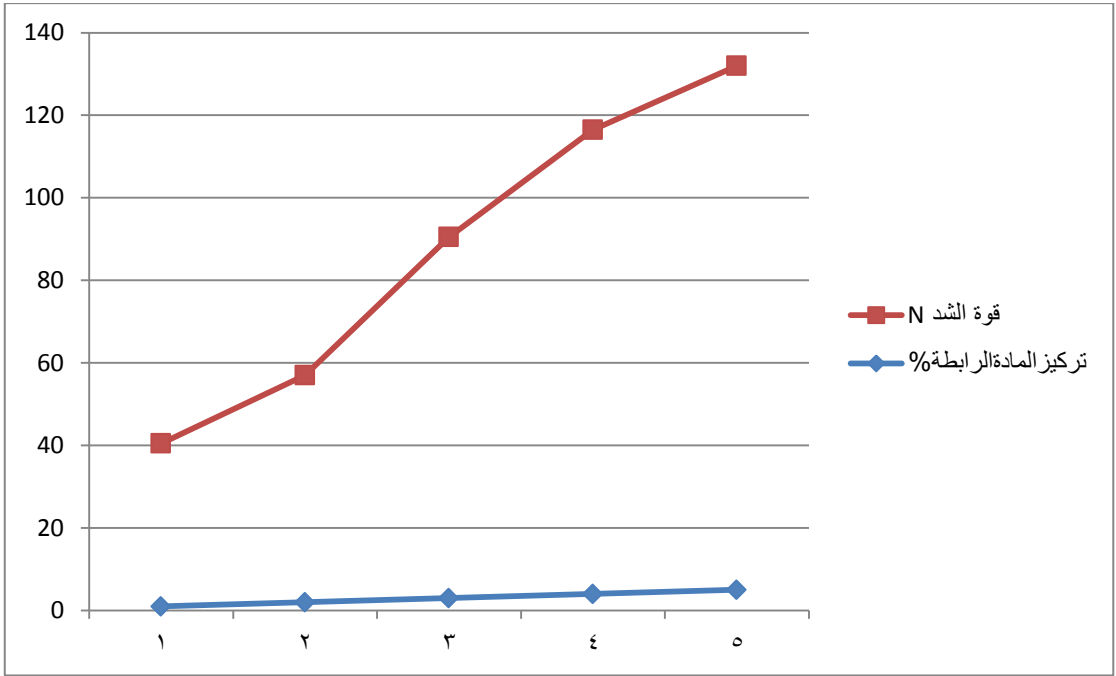
حيث يشير المخطط التالي الذي ظهر على شاشة جهاز قياس قوة الشد إلى القيمة (127N) التي وصلت لها قوة الشد عند استخدام تركيز (5%) من مادة البولي بروبيلين.



الشكل (12): أحد المخططات التي أعطاها جهاز قوة الشد عند استخدام 5% من

حببيات البولي بروبيلين

يبين المخطط التالي العلاقة بين قوة الشد و تركيز المادة الرابطة للعينات السابقة:



الشكل(13): يبين علاقة قوة الشد بتركيز المادة الرابطة

من خلال العلاقات التالية وبالاستعانة بالمخططات التي حصلنا عليها لكل عينة تم حساب القيم التالية:

$$\varepsilon = \Delta L \backslash L * 100$$

$$\sigma^2 = \sum(Xi - \bar{X})^2 / N - 1$$

$$CV = \sigma \backslash \bar{X} * 100$$

$$\text{معامل يونغ } (\varepsilon) = \sigma \backslash \varepsilon$$

ويبين الجدول التالي قيم σ و CV و ε و معامل يونغ للعينات حسب قوة الشد كالتالي:

الجدول(9): يبين قيم σ و CV و ϵ و معامل يونغ للعينات

العينة	قوة الشد (N)	σ (N/cm ²)	CV(%)	ϵ	معامل يونغ
16	39.5	22.39	26.55	0.66	33.92
17	55	14.64	17.36	0.74	19.78
18	87.5	1.6	1.89	0.92	1.73
19	112.5	14.09	16.7	1.2	11.74
20	127	21.34	25.31	1.5	14.22

4-5- إجراء عملية الربط الكيميائي باستخدام البولي ستايرن:

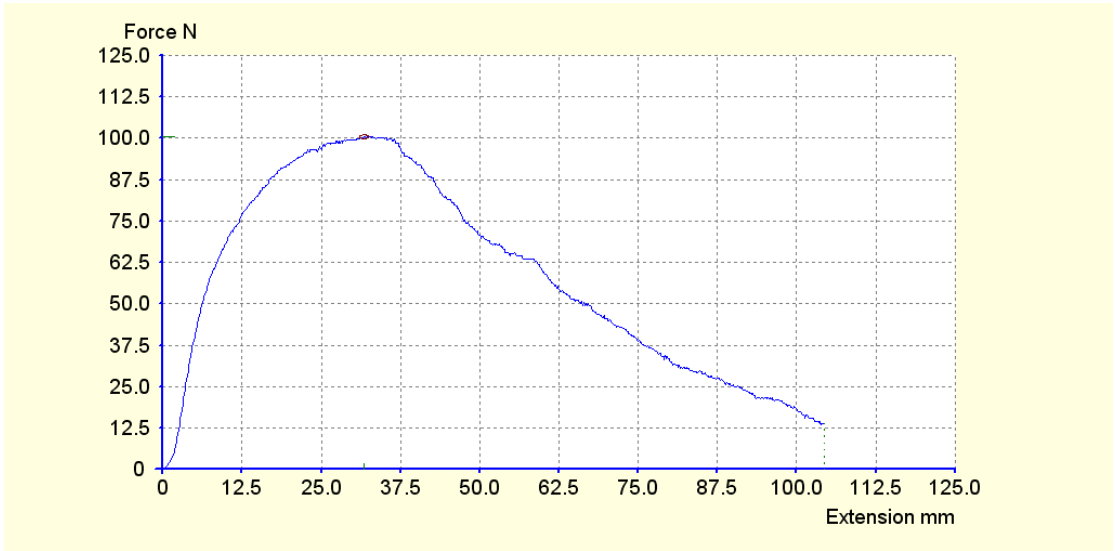
تم استخدام تراكيز مختلفة من حبيبات مادة البولي ستايرن وذلك بإذابتها في (100 ml) من مذيب الكلوروفورم وعند درجة حرارة الغليان ومع التحريك المستمر لمدة نصف ساعة. وتم رش المحلول المتشكل بين طبقتي العوادم ومن ثم تطبيق الضغط اللازم باستخدام مكبس حراري عند درجة حرارة (100°C) و ضغط (800 pa).

تم إجراء التجارب على خمس عينات وعند خمس تراكيز مختلفة وعند إجراء اختبارات الشد على العينات كانت النتائج كما يلي:

الجدول (10): يبين نتائج اختبار قوة الشد للعينات

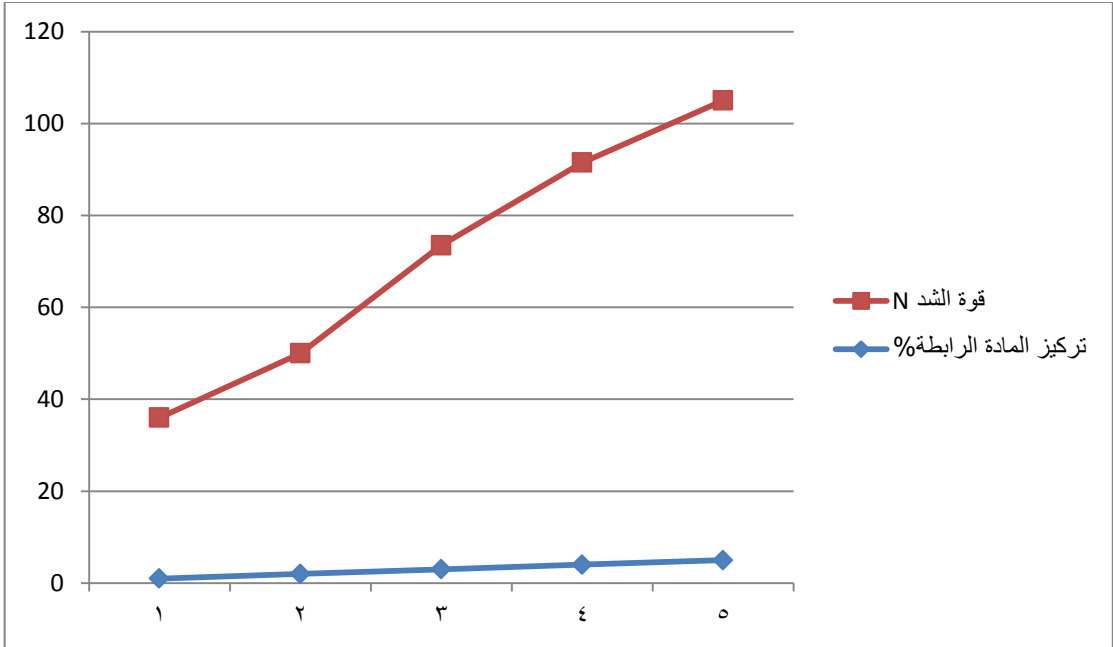
العينة	المادة الرابطة	تركيز المادة الرابطة	قوة الشد (N)
21	بولي ستايرن	1%	35
22		2%	48
23		3%	70.5
24		4%	87.5
25		5%	100

كما تُظهر النتائج فإنه مع زيادة تركيز مادة البولي ستايرن ازدادت قوة الشد للعينة الناتجة مما يدل على أنها أعطت ترابطاً جيداً للألياف، حيث يشير المخطط التالي الذي ظهر على شاشة جهاز قياس قوة الشد إلى القيمة (100N) التي وصلت لها قوة الشد عند استخدام تركيز (5%) من مادة البولي ستايرن.



الشكل (14): أحد المخططات التي أعطاها جهاز قوة الشد عند استخدام 5% من حبيبات البولي ستايرن.

ويبين المخطط التالي العلاقة بين تركيز المادة الرابطة و قوة الشد للعينات السابقة:



الشكل (15): يبين العلاقة بين تركيز الماد الرابطة وقوة الشد

من خلال العلاقات التالية وبالاستعانة بالمخططات التي حصلنا عليها لكل عينة تم حساب القيم التالية:

$$\varepsilon = \Delta L \backslash L * 100$$

$$\sigma^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2 / N - 1$$

$$CV = \sigma \backslash \bar{X} * 100$$

$$\text{معامل يونغ} (\varepsilon) = \sigma \backslash \varepsilon$$

ويبين الجدول التالي قيم σ و CV و ε و معامل يونغ للعينات حسب قوة الشد كالتالي:

الجدول(11): يبين قيم σ و CV و ϵ و معامل يونغ للعينات

العينة	قوة الشد (N)	σ (N/cm ²)	CV(%)	ϵ	معامل يونغ
21	35	16.6	24.34	0.5	33.2
22	48	10.1	14.8	0.68	14.85
23	70.5	1.14	1.67	0.71	1.60
24	87.5	9.64	14.13	0.9	10.71
25	100	15.9	23.31	1.1	14.45

5-الخاتمة:

بينت التجارب أنه يمكن الاستفادة من عوادم الصوف باستخدام مواد رابطة معينة وعند تطبيق درجة حرارة وضغط كافيين، حيث أعطت المواد الرابطة المستخدمة ترابطاً جيداً وهذا ما بينته اختبارات جهاز قوة الشد، إذ أعطت مادة PVAC نتائج جيدة جداً مقارنة ببقية المواد الرابطة ووصلت قيمة قوة الشد عند استخدام (5%) من هذه المادة إلى (226 N) .

6-المقترحات:

1-إجراء اختبارات النفاذية للهواء للعينات السابقة.

2-إجراء اختبارات النفاذية للماء للعينات.

7-المراجع:

- 1-PATEL,M,Bharmbhatt,D,2004-NONWOVEN TECHNOLOGY,M.S.University.Textile Technology,Vadodara,54.
- 2- XUELIANG,X,2020, Animal fibers: wool. Handbook of fibrous materials, 37-74.
- 3-AMMAYAPPAN,L, JEYAKODI MOSES,J,SHUNMUGAM,V2006,An Overview of the Production of Nonwoven Fabric from Woolen Materials, ResearchGate,vol.22.
- 4-RADETIC,M, DRAGAN,M. JOCI,C, PETER,M. JOVANCI,C, ZORAN,J. PETROVI,C, HELGA,F. THOMA,S,2003,Recycled Wool-Based Nonwoven Material as an Oil Sorbent, Science and technology, 37,5,1008.1012.
- 5-RUBINO,R.ARACIL,M.LIUZZI,S.STEFANIZZI,P,2021, Wool waste used as sustainable nonwoven for buiding application, Journal of cleaner production, Volume.278.
- 6-ROY,Tanveer,M,2018,THERMAL BONDED NONWOVEN AN OVERVIEW, Technical Textiles.vol.2.3-15.
- 7-4-Lei Xia, Quping Zhang, Xupin Zhuang, Shuo Zhang, Chengpu Duan, Xiaoyin Wang, Bowen Cheng,2019, Hot-Pressed Wet-Laid Polyethylene Terephthalate Nonwoven as Support For Separation Membranes, Polymers, China. Vol 3.