

مجلة جامعة البعث

للعلوم الهندسية البترولية والكيميائية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 13 . العدد 4

1442 هـ . 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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

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

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

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

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

ISSN: 1022-467X

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

25 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

قيمة الاشتراك السنوي : 1000 ل.س للعموم

500 ل.س لأعضاء الهيئة التدريسية والطلاب

250 دولاراً أمريكياً خارج القطر العربي السوري

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

باسم جامعة البعث.

تضاف نسبة 50% إذا كان الاشتراك أكثر من نسخة.

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

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

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
30-11	د. لما الدروبي	دراسة وتحليل خوارزميات التخمين لحساب الجذر التربيعي
56-31	فرح الأخرس	دراسة تأثير استخدام الأمواج فوق الصوتية في معالجة الأقمشة الممزوجة (قطن / بوليستر) ببعض مؤخرات اللهب الفوسفورية
78-57	د.محمد تركاوي	دراسة الخواص المورفولوجية لألياف الصوف السورية

دراسة وتحليل خوارزميات التخمين لحساب الجذر

التربيعي

الباحثة: د. لما الدروبي

كلية العلوم - جامعة البعث

الملخص

تعتبر عملية الجذر التربيعي من أصعب العمليات الحسابية و أكثرها تعقيداً ، نقدم في هذه المقالة دراسة لبعض خوارزميات ايجاد الجذر التربيعي مع مجموعة من الخوارزميات المعدلة وننفذها برمجياً لبيان فعالية كل منها .كما سنورد مقارنة ما بين هذه الخوارزميات من حيث عدد التكرارات في كل خوارزمية بالإضافة الى دقتها ، حيث تم تنفيذ خوارزمية نيوتن- رافسون معدلة و أظهرت فعالية أكبر بتقليل عدد التكرارات اللازمة للحصول على النتيجة ،كما تم إظهار بعض مساوئ الخوارزمية المعدلة. وستنتهي المقالة بمجموعة من التوصيات التي تفيد في الحصول على قيمة الجذر التربيعي بعدد محدود من التكرارات و بالدقة المطلوبة .

الكلمات المفتاحية

الجذر التربيعي ، خوارزمية نيوتن-رافسون ، خوارزمية عدم الاستعادة ، ماتلاب .

Study and Analysis of the Estimation Algorithms to Calculate the Square Root

Abstract

The square root of the process is one of the most challenging arithmetic operations, and most complex, in this article we offer a study of some algorithms to find the square root with a group of modified algorithms and implement them programmatically to demonstrate the effectiveness of each of them. As we will cite a comparison between these algorithms in terms of the number of iterations in every algorithm in addition to the accuracy, where implementation of Newton–Raphson algorithm modified and showed greater efficiency by reducing the number of iterations needed to get the result, as we have shown some disadvantages. and will end the article a set of recommendations which are useful for obtaining the value of the square root of a limited number of iterations and the required precision.

Key Words : Square Root, Non–restoring algorithm , Newton–Raphson Method, Matlab .

مقدمة

تعتبر عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة والجذر التربيعي هي العمليات الحسابية الخمس الأساسية في الحاسوب . الجذر التربيعي هو احدى أكثر العمليات استخداماً في المخططات البيانية الحاسوبية و الحسابات العلمية كخوارزميات معالجة الاشارة الرقمية DSP و التحكم بالبيانات ومعالجتها وكذلك تطبيقات الوسائط [3].

تعتبر هذه العملية من المسائل التقليدية في نظرية الأرقام الحسابية والمستخدمة في مختلف التطبيقات ، حيث يعتبر الحصول على نتيجة دقيقة لهذه العملية أمراً صعباً. تمت دراسة العديد من خوارزميات الجذر التربيعي وتطويرها ثم كتابة الكود الرقمي لها وهي:

Newton-Raphson method ، SRT redundant method ، SRT non redundant method ، sequential algorithm (digit-by-digit method).

قدم الباحث وانمينغ تنفيذاً لعملية حساب الجذر التربيعي بأداء عالي وكلفة منخفضة [5]، تتضمن البنية المقترحة جامع حفظ الحمل (CSA(carry-save Adder)، ولحساب البت الحالي من الجذر التربيعي يستخدم جامع CSA مرة واحدة فقط ، مما سمح باستخدام البنية الأنبوبية في التصميم للحصول على أداءٍ عالي.

استخدم بعض الباحثون كوان وفان دير ميروي [7] وكذلك كوليوكوفا [10] مرشحات كالمان لتخمين البارامترات التي تفضي بالنهاية الى حساب الجذر التربيعي. حيث أشار الباحث الى تفوق مرشح كالمان الخالي من المشتقات UKF(Unscented Kalman Filter) على مرشح كالمان الموسع EKF(Extended Kalman Filter) . كما نفذ البعض خوارزميات مختلفة لحساب الجذر التربيعي، مستخدماً بارامتر استهلاك الطاقة

وكذلك التأخير الزمني للمقارنة بين هذه الخوارزميات [8]، وذلك لأطوال مختلفة 4 بت و 8 بت و 16 بت و 32 بت و 64 بت.

ناقش بعض الباحثون أفضل طريقة لحساب الجذر التربيعي باستخدام لوحات FPGA لتحقيق أفضل استخدام للموارد المتاحة [9] ، مبيناً أن الحصول على الدقة الأفضل يتم على حساب استخدام الموارد.

بشكلٍ عام، تصنف خوارزميات حساب الجذور التربيعية ضمن فئتين :

❖ الفئة الأولى تدعى مناهج التخمين مثل Newton-Raphson و Rough estimation .

❖ الفئة الثانية تدعى مناهج الحساب رقم-رقم digit-by-digit method .

من الضروري تصنيف منهج الحساب رقم-رقم إلى صنفين هما خوارزميات الاستعادة restoring وعدم الاستعادة non-restoring .

هدف البحث :

يتركز الهدف الأساسي للبحث في كيفية إيجاد قيمة الجذر التربيعي لعدد ما ، وذلك بخوارزميات مختلفة - وتحديد متطلبات كل خوارزمية من حيث عدد التكرارات و تسلسل التنفيذ متضمناً العمليات الحسابية اللازمة لكل خوارزمية للوصول الى النتيجة وبالذقة المطلوبة .

المواد وطرائق البحث :

التركيز الأكبر في البحث على الخوارزميات المعتمدة على التخمين حيث تم تنفيذها على برنامج ماتلاب ومنه تم استخلاص النتائج .

سنبين فيما يلي مجموعة الخوارزميات التي تمت دراستها في المقالة وخطوات كل منها.

1- التخمين التقريبي Rough Estimation

تتطلب العديد من خوارزميات الجذر التربيعي قيمة ابتدائية، اذا كانت هذه القيمة بعيدة عن القيمة الحقيقية للجذر التربيعي عندها سوف تتباطأ الخوارزمية ، لذلك سيكون من المفيد أن يكون هناك تقدير تقريبي والذي قد لا يكون دقيق بما فيه الكفاية ولكن يسهل من عملية الحساب.

بفرض s (العدد المطلوب جذره) معبر عنها بالعلاقة الرياضية $a \times 10^{2n}$ حيث $1 \leq a < 100$ و n عدد صحيح يكون الجذر التربيعي $\sqrt{s} = \sqrt{a} \times 10^n$ يمكن تخمينه كالتالي:

$$\sqrt{s} \approx \begin{cases} 2 \times 10^n & \text{if } a < 10 \\ 6 \times 10^n & \text{if } a \geq 10 \end{cases}$$

المعاملات 2 و 6 تم اختيارها لأنها تقرب المتوسط الهندسي للقيم العليا والدنيا للعدد المعطى كما يلي:

$$\sqrt{\sqrt{1} \cdot \sqrt{10}} = \sqrt[4]{10} \approx 2$$

$$\sqrt{\sqrt{10} \cdot \sqrt{100}} = \sqrt[4]{1000} \approx 6$$

فمن أجل :

$$s = 125348 = 12.5348 \times 10^4 \Rightarrow \sqrt{s} \approx 6 \times 10^2 = 600$$

هذا التقريب مهم جداً في الخوارزميات التكرارية من أجل الحصول على نتيجة أسرع.

2- طريقة نيوتن-رافسون Newton-Raphson method

اقترح إسحاق نيوتن أول تفسير طبيعي لكفاءة الطريقة البابلية BABYLONIAN METHOD. أظهر نيوتن أن هذه الطريقة هي حالة خاصة لطريقة عامة لحل المعادلة غير الخطية [4].

منهج نيوتن-رافسون هو تقنية لحل المعادلات عددياً، وهذا المنهج يعتمد على فكرة بسيطة للتقريب الخطي. ليكن $f(x)$ تابع وليكن r جذر المعادلة $f(x) = 0$ ، نبدأ بتخمين القيمة $x_0 \perp r$ ، ومن x_0 نوجد القيمة المخمنة الأفضل x_1 ومن x_1 نوجد x_2 وهكذا حتى نحصل على القيمة الأقرب لقيمة r ونطلق على هذه العملية "التكرار" *iterative* .

في بعض الأحيان نطلق على القيمة المخمنة *guess* حيث يكون منهج نيوتن جيداً في حال كانت x_0 المخمنة قريبة من r والعكس صحيح. لذلك عملية تخمين القيمة x_0 يجب أن تتم بعناية .

3- التكرار في منهج نيوتن-رافسون Newton-Raphson Iteration

لتكن x_0 القيمة المخمنة $\perp r$ ولتكن $r = x_0 + h$ حيث هو الجذر الحقيقي و $h = r - x_0$ ، يبين الرقم h الفرق ما بين القيمة الحقيقية والقيمة المخمنة x_0 .

باستخدام التقريب الخطي نقول:

$$0 = f(r) = f(x_0 + h) \approx f(x_0) + h \cdot f'(x_0)$$

$$h \approx -\frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$$

$$r = x_0 + h \approx x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$$

وتكون القيمة المحسنة لـ r هي x_1 وتعطى بالعلاقة :

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \Rightarrow x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$$

ونستمر بهذه الطريقة، فإذا كانت القيمة المخمنة الحالية هي x_n عندها تكون القيمة

المخمنة التالية :

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

4- طريقة نيوتن رافسون لإيجاد الجذر التربيعي Newton-Raphson Method

وهي الخوارزمية الأولى التي استخدمت لحساب \sqrt{s} ، الفكرة الرئيسية هي أنه إذا كانت x القيمة التقريبية للجذر التربيعي لعدد حقيقي غير سالب s عندها سوف تكون $\frac{s}{x}$ أقل من القيمة التقريبية للجذر.

بكلام آخر ، إذا كانت x هي القيمة المخمنة البدائية لـ \sqrt{s} و e هو الخطأ في القيمة المخمنة $s = (x + e)^2$ عندها نقول :

$$e = \frac{s - x^2}{2x + e} \approx \frac{s - x^2}{2x} ; e \ll x$$

وبالتالي نستطيع تعويض الخطأ وتعديل القيمة المخمنة .

$$x := x + e = \frac{s + x^2}{2x} = \frac{x + \frac{s}{x}}{2}$$

مع كل عملية تكرار نحصل على تخمين أفضل ، وتستمر عملية التحديث حتى الحصول على الدقة المطلوبة ، أي تكون الخطوات كالتالي :

1- نبدأ بقيمة بدائية موجبة لـ x_0 (القيمة الأقرب للجذر التربيعي لـ s) $x_0 \approx \sqrt{s}$.

2- نحسب قيمة x_{n+1} من العلاقة : $x_{n+1} = \frac{1}{2} \left(x_n + \frac{s}{x_n} \right)$.

3- نكرر الخطوة الثانية حتى يتم الحصول على الدقة المطلوبة $\sqrt{s} = \lim_{n \rightarrow \infty} x_n$.

لحساب \sqrt{s} حيث $s = 125348$ وباستخدام منهج التقدير التقريبي:

$$x_0 = 6 \times 10^2 = 600$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \left(x_0 + \frac{s}{x_0} \right) = \frac{1}{2} \left(600.000 + \frac{125348}{600.000} \right) = 404.457$$

$$x_2 = \frac{1}{2} \left(x_1 + \frac{s}{x_1} \right) = \frac{1}{2} \left(404.457 + \frac{125348}{404.457} \right) = 357.187$$

$$x_3 = \frac{1}{2} \left(x_2 + \frac{s}{x_2} \right) = \frac{1}{2} \left(357.187 + \frac{125348}{357.187} \right) = 354.059$$

$$x_4 = \frac{1}{2} \left(x_3 + \frac{s}{x_3} \right) = \frac{1}{2} \left(354.059 + \frac{125348}{354.059} \right) = 354.045$$

$$x_5 = \frac{1}{2} \left(x_4 + \frac{s}{x_4} \right) = \frac{1}{2} \left(354.045 + \frac{125348}{354.045} \right) = 354.045$$

$$\sqrt{125348} \approx 354.045$$

لحساب \sqrt{s} حيث $s = 127$

$$s = 127 = 1.27 \times 10^2 \Rightarrow \sqrt{s} \approx 2 \times 10^1 = 20$$

$$x_0 = 2 \times 10^1 = 20$$

$$x_1 = \frac{1}{2} \left(x_0 + \frac{s}{x_0} \right) = \frac{1}{2} \left(20.000 + \frac{127}{20.000} \right) = 13.175$$

$$x_2 = \frac{1}{2} \left(x_1 + \frac{s}{x_1} \right) = \frac{1}{2} \left(13.175 + \frac{127}{13.175} \right) = 11.407$$

$$x_3 = \frac{1}{2} \left(x_2 + \frac{s}{x_2} \right) = \frac{1}{2} \left(11.407 + \frac{127}{11.407} \right) = 11.270$$

$$x_4 = \frac{1}{2} \left(x_3 + \frac{s}{x_3} \right) = \frac{1}{2} \left(11.270 + \frac{127}{11.270} \right) = 11.269$$

$$x_5 = \frac{1}{2} \left(x_4 + \frac{s}{x_4} \right) = \frac{1}{2} \left(11.269 + \frac{127}{11.269} \right) = 11.269$$

$$\sqrt{127} \approx 11.269$$

5- خوارزمية نيوتن-رافسون المعدلة Modified Newton-Raphson

Method

كما تبين لنا أن التخمين الأولي يؤثر وبشكل كبير على سرعة الحصول على النتيجة الدقيقة ، ولحل هذه المشكلة تم اقتراح حيز من الذاكرة [6] ، نخزن فيه مجموعة من القيم $2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{31}, 2^{32}$. عندها نقارن العدد المطلوب الحصول على الجذر

التربيعي له وليكن m ، مع القيم السابقة ، فإذا كان m بين $2^2, 2^0$ عندها تكون القيمة المخمنة $x_0 = \frac{m}{2}$ ، وإذا كانت m بين القيمتين $2^4, 2^2$ عندها تكون القيمة المخمنة $x_0 = \frac{m}{4}$ وهكذا .

الجدول 1- الذاكرة المستخدمة لاختيار القيمة المخمنة

رقم المجال	الحد الأدنى	الحد الأعلى	القيمة المخمنة x_0
1	2^0	2^2	$m/2$
2	2^2	2^4	$m/4$
3	2^4	2^6	$m/8$
4	2^6	2^8	$m/16$
5	2^8	2^{10}	$m/32$
6	2^{10}	2^{12}	$m/64$
7	2^{12}	2^{14}	$m/128$
8	2^{14}	2^{16}	$m/256$
9	2^{16}	2^{18}	$m/512$
10	2^{18}	2^{20}	$m/2^{10}$
11	2^{20}	2^{22}	$m/2^{11}$
12	2^{22}	2^{24}	$m/2^{12}$
13	2^{24}	2^{26}	$m/2^{13}$
14	2^{26}	2^{28}	$m/2^{14}$
15	2^{28}	2^{30}	$m/2^{15}$
16	2^{30}	2^{32}	$m/2^{16}$
17	$> 2^{32}$		$m/2^{17}$

6- خوارزمية حساب الجذر التربيعي بالاستعادة وبدون استعادة restoring and non-restoring square root algorithm

تعتبر هاتين الخوارزميتين من طرق الحساب رقم-رقم (digit by digit) ، وفيها يتم توليد رقم واحد في الجذر التربيعي في كل تكرار وبشكل متسلسل ، ومن مميزات هذه الطرق أن كل رقم يتم إيجاده في الجذر التربيعي لا يتغير فيما بعد .

في خوارزمية الاستعادة restoring لنعرف $r_0 = D \times 2^{-32}$ ، الجذر التربيعي الجزئي $q_i = Q1Q2...Qi$ (partial square root) مع $q_0 = 0$ ، لتحديد بت الجذر التربيعي Q_{i+1} ، ($i = 0,1,2, \dots, 15$)، يحسب الباقي المؤقت $4r_i - (4q_i + 1)$ حيث r_i هو الباقي الجزئي (partial remainder) الذي تم الحصول عليه في التكرار i . إذا كان الباقي المؤقت غير سالب عندها :

$$\begin{aligned} Q_{i+1} &= 1 , \\ q_{i+1} &= 2q_i + 1 , \\ r_{i+1} &= 4r_i - (4q_i + 1) . \end{aligned}$$

في حالات أخرى:

$$\begin{aligned} Q_{i+1} &= 0 , \\ q_{i+1} &= 2q_i , \\ r_{i+1} &= 4r_i . \end{aligned}$$

حيث q للدلالة على الجذر التربيعي الجزئي (حتى التكرار الحالي) و Q للدلالة على الجذر التربيعي النهائي.

معنى الاستعادة restoring هو أنه عندما يكون الباقي المؤقت سالباً ، نحن نستعيد الباقي الجزئي عن طريق إضافة $(4q_i + 1)$ إلى الباقي المؤقت أو اختيار الباقي الجزئي القديم $4r_i$.

من أجل:

$$D = D_{31}D_{30}D_{29} \dots \dots \dots D_1D_0$$

$$Q = \sqrt{D} = Q_{15}Q_{14}Q_{13} \dots \dots \dots Q_1Q_0 \quad \text{و}$$

نبدأ الحساب مع الخانتين الأكثر أهمية ($D_{31}D_{30}$) من D ، حيث يوجد أربع قيم محتملة 00,01,10,11 . يمكن تحديد قيمة Q_{15} بطرح 01 من $D_{31}D_{30}$. إذا كانت النتيجة موجبة $Q_{15} = 1$ ، وإذا كانت النتيجة سالبة ، عندها $Q_{15} = 0$ ونستعيد القيمة التي تم طرحها .

D_{31}	D_{30}	D_{29}	D_{29}	$\dots \dots \dots$	D_1	D_0
----------	----------	----------	----------	---------------------	-------	-------

Q_{15}	Q_{14}	Q_{13}	$\dots \dots \dots$	Q_0
----------	----------	----------	---------------------	-------

الشكل -1- صيغة المعامل (المجذور) D والجذر التربيعي Q

```

/ 01 01 11 01
  -1
-----
00 01 ←
-1 01
-----
11 00 ←
+1 01 ←
-----
00 01 11
   -10 01
-----
11 11 10 ←
   +10 01 ←
-----
01 11 01
-1 00 01
-----
0 11 00 ←
    
```

نتاج الطرح موجب إذاً البت الأول في النتيجة 1

نتاج الطرح سالب إذاً البت الثاني في النتيجة 0
نضيف اخر قيمة تم طرحها (استعادة)

نتاج الطرح سالب إذاً البت الثالث في النتيجة 0
نضيف اخر قيمة تم طرحها (استعادة)

نتاج الطرح موجب إذاً البت الأخير في النتيجة 1

الشكل -2- مثال على خوارزمية الاستعادة

في خوارزمية عدم الاستعادة non-restoring نعدل كل بت في النتيجة Q مرة واحدة وليس مرتين ، حيث نبدأ بتخمين أولي $Q = Q_{15}Q_{14}Q_{13} \dots \dots Q_1Q_0 = 1000 \dots 0$ ومن ثم نكرر من $k = 14$ to 0 ، وفي كل تكرار ننفذ العملية $D - Q \times Q$ ، وبناءً على اشارة النتيجة نضيف أو نطرح 1 في البت الموافق في Q_k .

```

D = 01,11,11,11
Q = 1000 D - Q x Q = 00,11,11,11 is nonnegative
+ 0100
Q = 1100 D - Q x Q = 11,10,11,11 is negtive
- 0010
Q = 1010 D - Q x Q = 00,01,10,11 is nonnegative
+ 0001
Q = 1011 D - Q x Q = 00,00,01,10
    
```

الشكل 3- مثال على خوارزمية عدم الاستعادة

يتضح لنا مما سبق أن الخوارزمية لها عدة مساوئ ، فهي تتطلب عملية جمع أو طرح للحصول على كل بت في النتيجة ، كما أنه من المحتمل حدوث خطأ في البت الأخير ، وتتطلب الخوارزمية اجراء العملية $D - Q \times Q$ في كل تكرار ، وعلى الرغم من امكانية تبديل العملية $Q \times Q$ الا أنها ستبقى معقدة .

قدم كل من Yamin Li و Wanming Chu خوارزمية عدم استعادة جديدة [1] ، ركزت هذه الخوارزمية على الباقي الجزئي في كل تكرار ، بعكس خوارزميتي الاستعادة وعدم الاستعادة السابقة التي ركزت على كل بت من الجذر التربيعي في كل تكرار .

الخوارزمية الجديدة تولد بت صحيح في النتيجة عند كل تكرار ، بما فيها التكرار الأخير ، وتكون العملية في كل تكرار بسيطة جداً ، نجمع أو نطرح بناءً على اشارة النتيجة في التكرار السابق ، الباقي الجزئي الذي يولد في كل تكرار يتم استخدامه في التكرار التالي حتى اذا كان سالباً (هذا هو معنى عدم الاستعادة في الخوارزمية). في التكرار الأخير ،

إذا كان الباقي الجزئي ليس سالباً ، فيكون هذا الباقي دقيق ، وفي حالات أخرى يمكن الحصول على الباقي الدقيق من خلال عملية جمع مع الباقي الجزئي.

D = 01,11,11,11	R=0	Q=0000	R: nonnegative
R = 01			
- 01	(-Q01)		
R = 00,11		Q=0001	R: nonnegative
- 01,01	(-Q01)		
R = 11,10,11		Q=0010	R: negative
+ 00,10,11	(+Q11)		
R = 00,01,10,11		Q=0101	R: nonnegative
- 00,01,01,01	(-Q01)		
R = 00,00,01,10		Q=1011	R: nonnegative

الشكل -4- مثال على خوارزمية عدم الاستعادة الجديدة

النتائج والمناقشة :

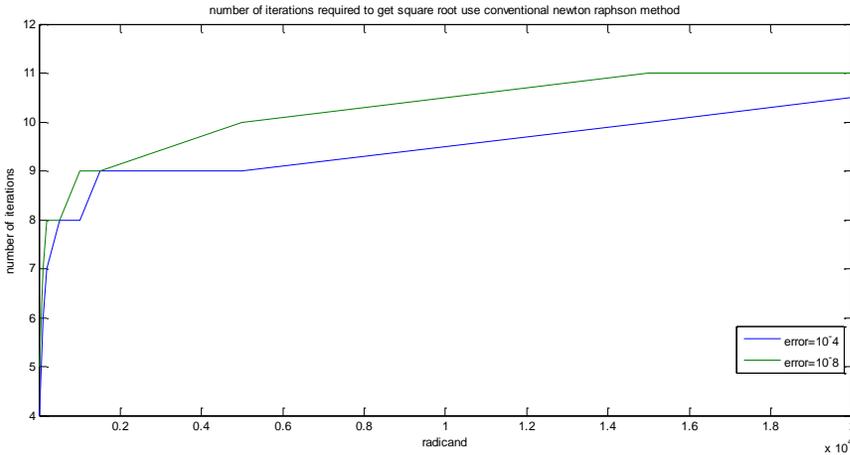
تعتمد فعالية الخوارزمية على عاملين أساسيين ، عدد المتحولات المستخدمة ضمن الخوارزمية ، وعدد العمليات الحسابية والمنطقية الموجودة ضمن الخوارزمية ، فكلما كانت العمليات أقل كلما كانت الخوارزمية أكثر فعالية ، والعكس صحيح.

أولاً : في خوارزميات حساب الجذر التربيعي رقم-رقم يتم توليد بت صحيح في النتيجة في كل تكرار ، وبالتالي لا حاجة لتغيير هذا البت فيما بعد . حيث في خوارزمية الاستعادة restoring يتم طرح 01 من المجذور ، وفي حال كانت النتيجة (الباقي) سالبة يجب استعادة القيمة السابقة و ذلك عن طريق جمع القيمة التي طرحت. بينما في خوارزمية عدم الاستعادة non-restoring لا يوجد استعادة ، وبالتالي تم تقليل عدد العمليات الحسابية .

في خوارزمية عدم الاستعادة الجديدة ، لا يتم التركيز على كل بت من الجذر التربيعي ، وإنما تم التركيز على الباقي الجزئي في كل تكرار .

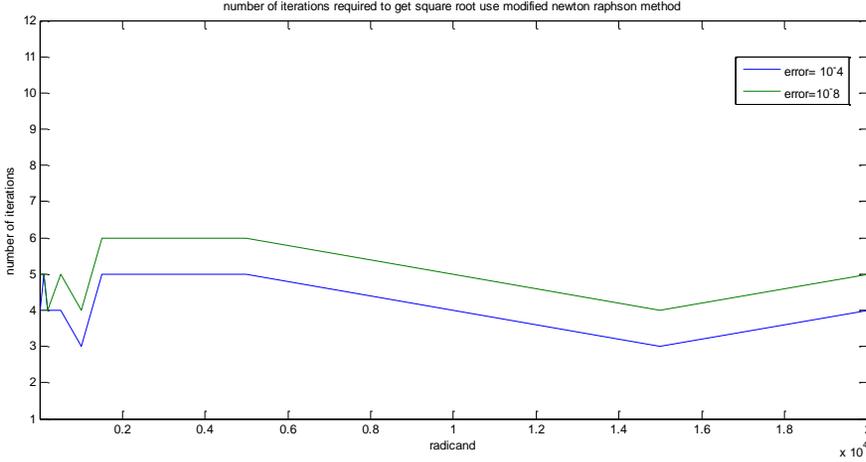
ما يميز الخوارزميات السابقة ، أنه وبما أنها تتعامل مع بتات المجذور يمكن تنفيذ الدارة التي تقوم بعملية الجذر التربيعي بشكل أنبوبي، وبالتالي الاستفادة من مزايا المعالجة الفرعية ، ما يؤدي الى تسريع عملية المعالجة وخصوصاً اذا تم تنفيذ الدارة بشكل أمثل [2][3].

ثانياً : في الخوارزميات المعتمدة على التخمين ، نجد أنه كلما كانت القيمة المخمنة أقرب الى القيمة الحقيقية كلما كانت الخوارزمية أسرع ، وكان عدد التكرارات أقل .ففي خوارزمية نيوتن رافسون التقليدية نجد ومن العلاقة ما بين المجذور وعدد التكرارات اللازمة للحصول على النتيجة بنسبة خطأ محددة، أنه كلما كانت نسبة الخطأ أقل (الدقة أكبر) كلما ازداد عدد التكرارات ، أي ازداد زمن التنفيذ نتيجة زيادة العمليات الحسابية المطلوبة في كل تكرار .



الشكل -5- التكرارات اللازمة للحصول على النتيجة باستخدام خوارزمية نيوتن التقليدية

في خوارزمية نيوتن رافسون المعدلة أصبحت القيمة المخمنة أقرب الى القيمة الحقيقية وذلك بسبب استخدام الذاكرة ، مما أدى الى تقليل عدد التكرارات بشكلٍ واضح . وكما في الخوارزمية التقليدية فإن عدد التكرارات يزداد مع زيادة الدقة المطلوبة في النتيجة.



الشكل -6- التكرارات اللازمة للحصول على النتيجة باستخدام خوارزمية نيوتن المعدلة

الاستنتاجات والتوصيات :

أولاً : مما سبق تبين لنا أنه وكلما كانت العمليات الحسابية في كل تكرار أبسط ، كلما كانت الخوارزمية أقل تعقيداً و أسهل وبالتالي تكون الدارة التي تنجز العملية أبسط(التكلفة أقل) .

ثانياً : تعتبر خوارزميات حساب الجذر التربيعي رقم- رقم ذات فعالية أكبر مع أنظمة المعالجة التفرعية التي تقلل من زمن التنفيذ.

ثالثاً : قدمت خوارزمية نيوتن رافسون المعدلة نتائجاً جيدة بالمقارنة مع الخوارزمية التقليدية ، حيث عدد التكرارات أصبح أقل بشكلٍ واضح ، ولكنها تتطلب عمليات مقارنة

بالإضافة الى حيز من الذاكرة ، ما يجعل هذه الخوارزمية ذات كلفة وتعقيد أكبر ، وبالتالي تستخدم هذه الخوارزمية عندما يراد تقليل عدد التكرارات التي تعطينا النتيجة بغض النظر عن الكلفة المادية.

رابعاً : من غير العملي تطبيق الاصدار الأنبوبي على طريقة نيوتن (حتى ولو كان عملياً فإنه مكلف للغاية).

خامساً : مما سبق يمكن طرح المواضيع التالية للدراسة ، والتي تؤدي الى زيادة فعالية الخوارزميات :

1- في الخوارزميات المعتمدة على التخمين يكون توجه الباحث الى تحسين القيمة المخمنة ،والتي تقضي بالنهاية الى تقليل عدد التكرارات ، وبالتالي تقليل عدد العمليات الحسابية و تقليل الزمن.

2- يجب التركيز على محددات مثل هذه الخوارزميات (التكلفة ، تعقيد الخوارزمية) وبالتالي يتم مراعاة هذه العوامل بحسب متطلبات المسألة.

المراجع

- [1]- LI.Y & CHU.W, 1996 – A New Non-Restoring Square Root Algorithm and Its VLSI Implementations. IEEE International Conference on Computer Design, VLSI in Computers and Processors, Austin ,Texas, USA , pp538–544.
- [2]- LI.Y & CHU.W, 1997 – Parallel-Array Implementations of A Non-Restoring Square Root Algorithm. IEEE International Conference on Computer Design (ICCD'97), Austin, Texas, USA, pp690–695.
- [3]- SUTIKNO.T , 2011– An Efficient Implementation of the Non Restoring Square Root Algorithm in Gate Level. IACSIT International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol.3, No.1.
- [4]- KOSHELEVA.O, 2006 – Babylonian Method of Computing the Square Root :Justifications Based on Fuzzy Techniques and on Computational Complexity. Texas, USA.
- [5]- LI.Y & CHU.W, 1997 –Cost/Performance Tradeoff of n-Select Square Root Implementations .
- [6]- KHAN.A & ANAND.D & CHATURVEDI.D , 1997 –A Low Complexity Square Root Implementation.
- [7]- WAN.E & Merwe.R , 2001 – THE SQUARE-ROOT UNSCENTED KALMAN FILTER FOR STATE AND PARAMETER-ESTIMATION.IEEE, Beaverton,USA.
- [8]- Franke.M & Th.Schwarzbacher.A & Brutscheck.M & ecker.St, 2007 – Implementation of Different Square Root Algorithms. CIITU

China–Ireland International Conference on Information and Communications Technologies.

[9]– De Dinechin.F & Joldes.M & Pasca.B, 2010 – Multiplicative Square Root Algorithms for FPGAs. ensl-00475779, version 1, France.

[10]– Kulikova.M, 2017 – Square–Root Algorithms for Maximum Correntropy Estimation of Linear Discrete–Time Systems in Presence of non–Gaussian Noise. Systems & Control Letters Volume 108, October 2017, Pages 8–15, ELSEVIER.

دراسة تأثير استخدام الأمواج فوق الصوتية في معالجة الأقمشة المزوجة (قطن / بوليستر) ببعض مؤخرات اللهب الفوسفورية

طالبة الدراسات العليا: فرح الأخرس

كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة البعث

إشراف الدكتور: زياد سفور

ملخص البحث :

تصنّف أقمشة الحماية كجزء مهم من الأقمشة التقنية والتي تعرّف بأنها الأقمشة المصممة لتحمي مرتديها من تأثيرات البيئة المحيطة ، وبما أن جميع الألياف الطبيعية منها والصناعية تتميز بأنها مواد قابلة للاشتعال اتجه الاهتمام على المعالجة الكيميائية لهذه الألياف لحماية مرتديها من خطر الاحتراق.

لذلك قمنا في هذا البحث بإضافة خاصية تأخير اللهب لأقمشة مزوجة (قطن / بوليستر) ذات تركيب نسيجي مبرد وذلك عن طريق المعالجة بالأمواج فوق الصوتية.

حيث تمت معالجة الأقمشة ببعض مؤخرات اللهب الفوسفورية وتطبيقها على الأقمشة باستخدام طريقتين : الطريقة التقليدية (الباد - التجفيف - التعتيق) وطريقة المعالجة باستخدام الأمواج فوق الصوتية (غمر - تجفيف - تعتيق) والمقارنة بين الطريقتين السابقتين في فعالية تأخير اللهب للأقمشة، وفي المرحلة التالية تم اختبار تأخير اللهب للأقمشة من أجل معرفة فعالية وأهمية استخدام الأمواج فوق الصوتية في المعالجة وكانت النتائج جيدة من حيث تأخير اللهب والحد من انتشاره.

كما قمنا باختبار ثباتية المعالجة لتأخير اللهب تجاه الغسيل للعينات المعالجة غير أن النتائج كانت غير ايجابية وتأثرت العينات بعملية الغسيل ولم تعطي فعالية لتأخير اللهب.

كلمات مفتاحية : تأخير اللهب ، أقمشة مزوجة ، مؤخرات اللهب الفوسفورية ، الأمواج

فوق الصوتية .

Study the effect of using ultrasonic waves in treating blended fabrics (cotton / polyester) by some phosphorous flame retarders.

Abstract:

The protective fabrics are classified as an important part of technical fabrics, which are defined as fabrics designed to protect who wear them from the effects of the environment, and since all natural and synthetic fibers are characterized as flammable materials, attention has been directed to the chemical processing of these fibers to protect the wearer from the risk of burning.

Therefore, in this search, we have added, the flame retardant properties to blended fabrics (cotton/polyester) with a twill texture by means of ultrasound wave.

The fabrics were treated with some phosphorous flame retarders and applied them to fabrics by using two methods: the conventional method(pad-dry-cure) and the method of treatment using ultrasound (pad-dry-cure) and a comparison between the two previous methods in the effectiveness of flame retardation of fabric , and in the next step the flame retardation of fabrics was tested, In order to know the activity and importance of using ultrasound in the treatment, and the results were good in terms of flame retarding and reducing its spread.

Also, we tested the fastness to washing of the flame retarding of the treated samples. However, the results were not good and the samples were affected by the washing process and did not give efficacy to the flame retardant.

Keyword:

**Flame retardant, Blended fabric , Phosphorous flame retarders,
Ultrasound waves.**

1- مقدمة :

تعد جميع الألياف النسيجية الطبيعية منها والصناعية المستخدمة في صناعة أقمشة الملابس ، أقمشة الأثاث المنزلي ، أقمشة الاستخدامات اليومية (كأغطية الأسرة ، أغطية الوسائد ، السجاد وغيرها) مواد قابلة للاشتعال ، حيث أن أياً منها لا يتمتع بطبيعته بخاصية منع انتشار اللهب ولذلك فإنها تسبب خطر الاحتراق خلال استخدام المنتجات النسيجية المصنعة منها.

من ناحية أخرى ، فإن الأقمشة المصنوعة من الألياف السيللوزية تحترق بسرعة وينتقل اللهب بسرعة على طول النسيج ، أما ألياف البوليستر إذا تعرضت للهب فإنها تنكش ثم تتصهر وتترك خلفها بقايا سوداء متصلبة ويلاحظ أن ألياف البوليستر المنصهرة تسبب حروقاً خطيرة .

تعد ملابس الأطفال الأكثر عرضة لهذه الأخطار و كذلك رمي بقايا السجائر بدون اهتمام أدى في كثير من الأحيان إلى حرائق مفرجة تسببت بشكل مؤسف في إصابة ومقتل العديد من الأفراد .

لذلك تم بذل العديد من الجهود من أجل جعل الأقمشة مؤخرة للهب لكي تصبح أكثر أماناً عند الاستخدام ، حيث تحدد قوانين وأنظمة حكومية الشروط الأساسية التي يجب أن تمتلكها الملابس والمواد النسيجية بشكل عام وخاصة تلك المستخدمة في قطاع ملابس الأطفال وملابس النوم [2,3,12].

وبدأ التقدم في هذا المجال حديثاً وكان يستهدف الأغراض التالية :

- إعطاء مقاومة ضد الاحتراق والتوهج للأقمشة السيللوزية.
- إيجاد المواد المناسبة التي تستخدم بتركيز مقبول حتى لا تؤثر على ملمس الخامة ولا تؤثر في زيادة وزنها .

• إيجاد المركبات المناسبة التي لا تؤثر على متانة الخامة وكذلك سهولة خلطها مع مواد التجهيز الأخرى .

• عدم تكوين طبقة تمنع مرور الهواء وبخار الماء .

• ألا يكون لها تأثيراً فيزيولوجياً ضاراً بالجلد للمستهلك عند استعمالها أو العامل عند تحضيرها .

ولقد لوحظ وجود ثلاث طرق لصناعة مواد نسيجية مؤخرة للذهب وهي :

(1) خلط ألياف قادرة بطبيعتها على تأخير الذهب مع الألياف الأخرى أو استخدام هذه الألياف المؤخرة للذهب في صناعة المواد النسيجية .

(2) إدخال المواد المؤخرة للذهب ضمن البوليميرات ومن ثم الغزل للحصول على ألياف مؤخرة للذهب

(3) تطبيق المواد المؤخرة للذهب على الأقمشة كمعالجة نهائية بتقنية (الباد التجفيف أو – الباد التجفيف التعتيق) . ومن بين هذه الطرق تستخدم الطريقة الثالثة بشكل واسع [13].

1-1- آليات مؤخرات الذهب وأنواعها :

يبين (الشكل 1) كيفية إجراء الاحتراق على شكل نظام دائرة مغلقة والذي يتوقف عند نقاط مختلفة لتشكيل مؤخر للذهب. ليكون ذلك حقيقياً لا بد من أن يدخل مؤخر الذهب مع نظام الدارة المغلقة في واحد أو أكثر من الطرق التالية :

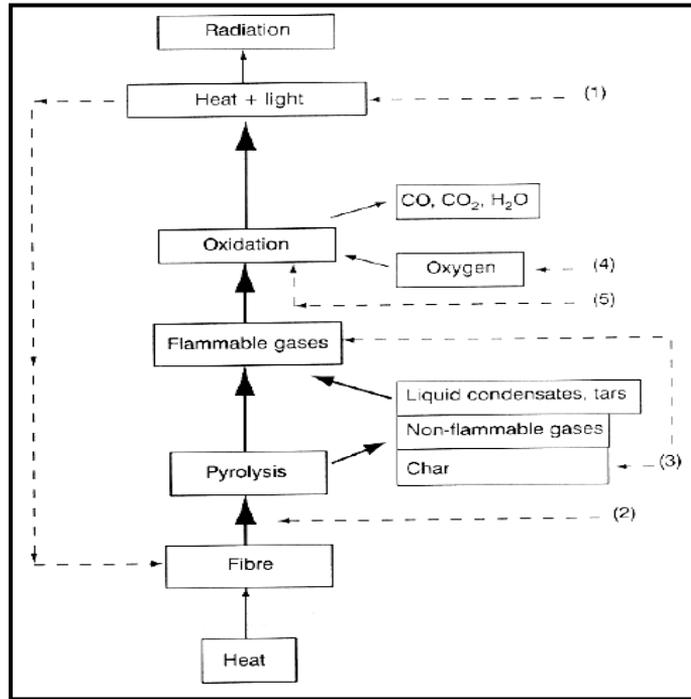
(1) انتزاع الحرارة: مثلاً مواد عضوية أو غير عضوية حاوية على الفوسفور ، هيدروكسيد الألمنيوم

(2) رفع درجة حرارة التفكك T_p والتي عندها يتشكل الكثير من المواد الطيارة : لا يتم ذلك فقط عن طريق مؤخرات الذهب ولكن بشكل أساسي عن طريق ألياف مقاومة للذهب والحرارة مثل (ألياف الأراميد) .

(3) تخفيض كمية الغازات القابلة للاحتراق وتعزيز تشكل الفحم ، يجب أن يحدث ذلك عند درجات حرارة منخفضة بحيث لا يحدث الاشتعال، ومن هذه المواد مؤخرات اللهب الحاوية على فوسفور وأزوت على السيللوز والصوف ، والمعقدات المعدنية الثقيلة على الصوف .

(4) منع المزيد من الأوكسجين من الوصول إلى اللهب أو تمديد غازات الوقود في اللهب إلى تراكيز أقل من تلك التي لا تدعم الاحتراق ، ومن هذه المواد مؤخرات اللهب المميهة hydrated التي تحرر الماء ومؤخرات اللهب الحاوية على هالوجين والتي تحرر الهالوجين .

(5) رفع درجة حرارة الاحتراق للوقود : تستخدم مؤخرات لهب حاوية على هالوجين وأحياناً ترفق بأكاسيد الأنتيموان .



الشكل 1: إجراء الاحتراق على شكل نظام دارة مغلقة

نادراً ما تعمل مؤخرات اللهب بطريقة واحدة. من المتعارف عليه حالياً الإشارة إلى أن نشاطها المؤخر يعمل إما في الطور المكثف condensed phase كما في الحالات

(1) و (2) و (3) ، وإما في الطور الغازي vapor phase كما في الحالتين (4) و (5) أو كليهما [5,4,11].

1-2-دراسة مرجعية عن معالجة الأقمشة الممزوجة (قطن بوليستر) ضد الذهب:

وجد الباحثون في جامعة Guelph في أونتاريو في كندا ، أن شوارد الفوسفات فعالة في تأخير التوهج اللاحق خلال دراسات تأخير الذهب للأقمشة القطنية ، أقمشة رايون الفسكوز، الأقمشة الممزوجة من (البولستر \ القطن) وأقمشة البوليستر [9].

كما وجدوا أيضاً أن المركبات الفوسفورية العضوية تعدّ بشكل عام غير فعالة كمواد تأخير التوهج اللاحق ، كما أن الشوارد القلوية المعدنية تعزز وتزيد من التوهج اللاحق للأقمشة النسيجية.

وفي عام 1980 تم انتاج ألياف تدعى بألياف trevira cs لشركة Hoechst وهي من البولستر المعدل المزود بقدرة داخلية على تأخير الذهب إضافةً إلى تمتع هذه الألياف بالراحة والأمان ، فالمنسوجات المصنوعة من هذه الألياف والخيوط تحمل العلامة التجارية Trevira CS وهي مثبتة للهب بشكل دائم ، حيث يتم فيها دمج مركب فوسفوري عضوي ضمن البولستر ، وبترافق هذا الأمر مع نقص خفيف في المتانة ومقاومة الاحتكاك المرن بينما يحتفظ الليف ببقية خواصه الأساسية ، ففي حالة البولستر العادي تؤدي القطرات المنصهرة المتساقطة من القماش إلى احتراق ثانوي بينما لا ينطبق هذا الأمر على ألياف trevira cs .

درس كل من johnson و Moore معدل احتراق القطن وخليط القطن والبولستر (50/50) بوجود تراكيز منخفضة إلى متوسطة من فوسفات النتروجين ثنائي الأمونيوم و ١ أو رباعي بروم فتالات ثنائي الأمونيوم باستخدام أداة تحليل قابلية الاشتعال الذي طوره معهد أبحاث النسيج ، و يتألف الجهاز بشكل أساسي من دولاب دوار ذي سرعات متغيرة موضوع ضمن نظام يتمتع بالقدرة على التحكم بالظروف الجوية داخل هذا الجهاز، و تم

خلال الدراسة حرق عينات القماش باتجاه السداء وذلك بالوضعية الأفقية أو الشاقولية عند درجات مختلفة لتركيز الأوكسجين ، كما تم أيضاً قياس معدل الاحتراق [8].

و عند حرق هذه الأقمشة في الوضعية الأفقية لوحظ تحسن في معدل الاحتراق عند تراكيز منخفضة للمواد المؤخرة للهب الفوسفورية أو البرومية على الأقمشة القطنية 100 % أو الأقمشة الممزوجة من القطن والبولستر (50 \ 50) ، وعند زيادة الإضافات الفوسفورية حتى (2,5 %) أو البروم حتى (3%) انخفض معدل الاحتراق للقماش القطني والقماش الممزوج مع زيادة محتوى المواد المؤخرة للهب.

1-3- الأمواج فوق الصوتية وتطبيقاتها في المعالجات الرطبة للمواد النسيجية:

تعتبر الطاقة فوق الصوتية فرعاً من فروع علم الصوتيات العام، علم التذبذب الميكانيكي للأوساط الصلبة والسائلة والغازية ، وهي عبارة عن اضطراب ميكانيكي يتحرك كموجة انضغاطية عبر وسط ما، تنتشر عبر الغازات ، السوائل ، النسيج الرخوة (لحم ، عضو) أو الأجسام الصلبة والتي ترددها أعلى من 17000 هرتز .

يأتي هذا الاسم من تردد هذه الأمواج ، فهو أعلى بكثير من مجال الترددات التي تسمعها الأذن البشرية، وبنفس الطريقة نجد أن مصطلح " تحت الصوت" تشير إلى الأصوات التي يكون ترددها ضعيفاً جداً بحيث لا يمكن للأذن البشرية إدراكه.

إن الموجة ذات التردد المحصور ضمن المجال [20 - 17000 Hz] عبارة عن موجة صوتية ممكن سماعها بالأذن البشرية ، أما الموجة تحت الصوتية Infrasonic فهي عبارة عن موجة صوتية ترددها أقل من 20Hz ومن غير الممكن سماعها بالأذن البشرية، والموجة فوق الصوتية (ultrasonic) wave ultrasound تملك ترددات أكبر من 17000 Hz وهي أيضاً غير مسموعة.

في التشخيصات السريرية ، تستخدم الأمواج فوق الصوتية ذات الترددات المحصورة بين [1-20] MHz.

أما القيمة المرغوبة لتردد الأمواج فوق الصوتية في المعالجات الرطبة في مجال النسيج حوالي (42 KHz) .

- التطبيقات :

ان تطبيقات الأمواج فوق الصوتية متنوعة :

على سبيل المثال في مجال النسيج : استخدمت الطاقة فوق الصوتية في عمليات التحضير المختلفة للنسيج مثل إزالة النشاء، التنظيف، التبييض، والصبغة والعمليات المساعدة، مثل التعقيم والغسيل وكذلك الصباغة والمعالجات النهائية [6] .

وفي السنوات العشرين الأخيرة نفذت على المستوى التجريبي العديد من الدراسات على صباغة وغسيل الألياف الطبيعية والاصطناعية بمساعدة الأمواج فوق الصوتية. تولد الموجات فوق الصوتية الشديدة المارة في السوائل فجوات صغيرة تسمى فجوات صوتية acoustic cavitations سرعان ما تتضخم و تنفجر في الداخل مولدة طاقة حرارية عالية.

وأول من تعرف على هذه التأثيرات للموجات فوق السمعية المارة في السوائل هو العالم ألفريد ل لويس سنة 1937 ، وفي الثمانينات احتلت هذه الظاهرة موقعاً مناسباً نتيجةً للتطور الذي حدث على الأجهزة المولدة للأمواج فوق الصوتية ذات الشدة العالية. و يتم توليد هذه التجاويف عن طريق الموجات فوق الصوتية المركزة في السوائل، حيث أن مثل هذه الموجات نتيجة لتأثيرها الضغطي من خلال مراحل الضغط والتخلخل الذي تولده في السائل يمكنها من تشكيل فقاعات (تجاويف) بقطر 100ميكرون تنفجر هذه الفقاعات بشدة داخل السائل في أقل من ميكرو ثانية مسخنة محتوياتها إلى درجة حرارية عالية .

تنشأ التأثيرات الفيزيائية للموجات فوق الصوتية من خلال المراحل الفيزيائية التي تولد وتضخ وتفجر التجاويف المحتوية على الأبخرة والغازات داخل السائل، وهذه الموجات الصوتية تتركب من أشواط من الضغط والتخلخل ، ففي خلال شوط الضغط يتم تسليط ضغط إيجابي على السائل يدفع الجزيئات للتقرب من بعضها أما من خلال شوط التخلخل فإن الضغط السلبي يؤدي إلى سحب وتباعد الجزيئات عن بعضها، وخلال شوط التخلخل للموجة الصوتية ذات الشدة المناسبة يمكن أن تتشكل أو تتولد هذه التجاويف.

عندما يتم تعريض سائل حاوٍ على غاز منحل للأمواج فوق صوتية قوية تحدث ظاهرة معروفة باسم الفجوات الصوتية acoustic cavitations التي تتميز بتشكيل فقاعات

صغيرة جداً كثيرة ، حيث تتعرض الفقاعات للتمدد والتقلص المتكرر تبعاً لتقلب الضغط الذي تولده الموجة فوق الصوتية ، و تتحطم أو تنهار بعض الفقاعات بشكل عنيف عند طور انقباض (تقلص) الموجة فوق الصوتية، كما تزداد درجة الحرارة والضغط داخل الفقاعات حتى 5000 K و 300 atm على التوالي أو أكثر عند التحطم العنيف للفقاعات، ونظراً لدرجة الحرارة والضغط المرتفع داخل الفقاعات خلال التحطم الشديد يحدث تفكك لبخار الماء داخل الفقاعات وتتشكل نواتج كيميائية كجذور O, OH, و H إضافةً إلى جزيئات H₂O₂ و O₃ [10] .

يوفر استخدام الطاقة فوق الصوتية في المعالجة الرطبة للمنسوجات الكثير من الإيجابيات. وقد أوضحت دراسات سابقة أن استخدام الطاقة فوق الصوتية في الصباغة يعطي الفوائد التالية:

1- توفير الطاقة والتقليل من زمن المعالجة.

2- التحسينات البيئية .

3- تحسين المعالجة.

4- تقليل تكاليف المعالجة ككل [7] .

2- هدف البحث:

1- استخدام الأمواج فوق الصوتية في معالجة الأقمشة لتأخير اللهب وذلك لتقليل زمن الاحتراق ما أمكن والتقليل من استهلاك الطاقة اللازمة في عمليات التسخين.

2- إجراء الاختبارات اللازمة لتحديد فعالية تأخير اللهب للأقمشة الممزوجة بالمعالج.

3- إجراء اختبارات تتعلق بدراسة بعض خصائص الثباتية للنسيج المعالج كالثباتية تجاه الغسيل .

3- خطة البحث :

يتضمن إجراء البحث المراحل الأساسية التالية :

1-إجراء التحليل الكيميائي للعينات الممزوجة للكشف عن نسبة المزج (قطن/بوليستر).

2-نزع النشاء من العينات.

3-معالجة الأقمشة الممزوجة بالمواد الفوسفورية بطريقتين:

أ- الطريقة التقليدية (غمر في حوض الفولار + عصر + تجفيف)

ب- الطريقة المعدلة(غمر في المحلول داخل جهاز الأمواج فوق الصوتية + عصر +
تجفيف)

4-إجراء اختبارات الذهب للعينات المعالجة بالطريقتين.

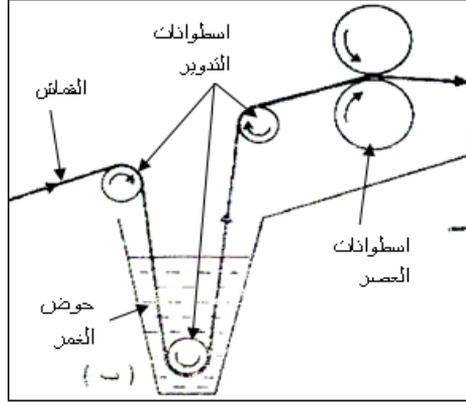
5-إجراء اختبار الثباتية تجاه الغسيل للعينات المعالجة بالطريقتين.

4- الأجهزة والأدوات المستخدمة في البحث :

1-آلة الغمر والعصر (البادر-الفولار):

تعد آلة الغمر والعصر (الانكليزية Padder والفرنسية Foulard) من الآلات المستخدمة على نطاق واسع في المعالجات الرطبة للأقمشة كعمليات التجهيز للصباعة والطباعة وعمليات الصباغة والطباعة وكذلك عمليات المعالجة النهائية للمنسوجات ، حيث تتطلب كل هذه العمليات تطبيق أوساط سائلة على الأقمشة . تستخدم آلات الغمر والعصر لهذا الغرض سواء كان ذلك بإجراءات مستمرة أم نصف مستمرة على الأقمشة مفردة العرض. تتكون آلة الغمر والعصر كما هو موضح في الشكل (2) من حوض الغمر الذي يحوي السائل المراد تطبيقه على القماش ، ثم تليه أسطوانات العصر وهي عبارة عن درافيل أسطوانية معدنية مغطاة بطبقة من المطاط وبتراوح عدد الدرافيل من 2 إلى 4 . تقوم هذه

الاسطوانات بتطبيق ضغط ميكانيكي على القماش ويهدف ذلك إلى نزع الكمية الفائضة من السائل المطبق عن طريق الضغط الميكانيكي على كامل عرض القماش وهذا يؤدي إلى ارتفاع تركيز السائل في القماش وتوزيعه بشكل متجانس على كامل القماش.



الشكل 2: يوضح المخطط العام لآلة الغمر أو العصر

2- حجرة التجفيف: هذا الجهاز من شركة SDL international ، انظر الشكل:



الشكل 3 : شكل توضيحي لحجرة التجفيف

يتيح هذا الجهاز إمكانية التحكم بدرجة الحرارة مع ضبط الزمن (ثانية ،دقيقة ،ساعة)
حيث يمكن استخدامه في تحفيف العينات وتعتيقها في درجات حرارة مرتفعة وضمن
فترات زمنية مضبوطة، ويمكن استخدام الجهاز لتخزين العينات القماشية .

3-جهاز الأمواج فوق الصوتية:

يتكون الجهاز من حوض من الستانلس ستيل سعته العظمى (2500 mL) مثبت ضمن
هيكل الجهاز البلاستيكي كما يوجد لوحة تحكم تحتوي على شاشة رقمية وعدة أزرار :
زر التسخين - زر ضبط مدة الأمواج فوق الصوتية - زري off/on.
تردد الأمواج فوق الصوتية التي يعطيها الجهاز (42kHz) و درجة الحرارة العظمى
التي يصل إليها الجهاز هي (60 C°) وذلك بتشغيل زر بالتسخين و الأمواج معاً.



الشكل 4 : شكل توضيحي لجهاز الأمواج فوق الصوتية

5- المواد المستخدمة في البحث :

1-المواد الكيميائية:

أ- مواد التجهيز الأولي :

هيدروكسيد الصوديوم: NaOH

يستخدم في نزع النشاء والشوائب المرافقة للسيليلوز مثل (أشباه الشموع وغيرها...) وهو يتواجد كمادة صلبة.

ب- مواد التجهيز لتأخير اللهب:

(NaH₂PO₄) Sodium Hydrogen Phosphate-1

(NH₄)₂HPO₄ di-Ammonium Hydrogen Orthophosphate -2

(Na₄P₂O₇) tetra-Sodium Pyro Phosphate-3

(NH₄)H₂PO₄ Ammonium di Hydrogen Orthophosphate -4

5 - يوريا (مادة مساعدة) CH₄N₂O

6-حمض الفوسفور H₃PO₄

2-عينات النسيج الممزوجة (مواصفاتها):

تمت التجارب على عينة نسيج ممزوجة (قطن / بوليستر) ذات تركيب نسيجي مبرد وبعد إجراء التحليل الكيميائي للعينة الذي أجريناه في المخبر باستخدام الفينول تبين لنا أن العينة ممزوجة بنسبة 77% قطن و 23% بوليستر.

وزن المتر المربع للعينة بالغرام الثقلي : 259غ/م²

حيث أن وزن المتر المربع بالغرام الثقلي = 10000 * وزن العينة بالغرام / مساحة العينة بالسنتيمتر المربع .

تم استخدام عدة عينات من القماش وبأبعاد (25 x 8.7 cm) لكل عينة حسب الاختبار الذي قام به Sanders الذي يشتمل على تقريب شعلة اللهب لمدة ثلاث ثواني من عينات اختبار أبعادها (10×3.5) إنش معلقة بشكل عمودي.

حيث قمنا في البداية بعملية ازالة النشاء وأشباه الشموع وذلك باستخدام محلول يحوي على
الماء وماءات الصوديوم NaOH .

6- طرق البحث :

6-1-التجهيز الأولي للعينات :

6-1-1: نزع النشاء من العينات:

إنّ وجود النشاء في النسيج يجعله قاسياً ومن ثم يعيق المعالجات المختلفة الأخرى أثناء
المعالجات النهائية .

تعتبر عملية إزالة النشاء من النسيج القطني والتي تجري بواسطة الحموض والعوامل
المؤكسدة أو القلويات طويلة جداً ولتجنب تخريب السليلوز تستخدم هذه المركبات بتركيز
منخفضة جداً ويمكن لعملية إزالة النشاء أن تجرى كمرحلة منفصلة أو بالمشاركة مع
عمليات أخرى والجدول التالي يبين كميات المواد المستخدمة لنزع النشاء:

الجدول(1): وصفة ازالة النشاء

نسبة الحوض	ماءات الصوديوم (%من وزن العينة)	حمض الخل للتعديل Gr/L
40:1	4	2

وبعد تحضير المحاليل حسب الجدول تغلى كل عينة في المحلول الخاص بها لمدة 20
دقيقة ثم يتم إخراج العينة وإجراء عملية غسيل بالماء الفاتر الحاوي على حمض الخل
وبعد ذلك تجفف أو تترك لتجف.

6-2- تحضير المواد والأوساط المطبقة: [1,2]

قمنا باختيار طريقة التحضير التالية لاعتبارها الأنسب (من حيث فعالية مقاومة الاحتراق وتقليل أثر حمض الفوسفور على متانة السيللوز أقل ما يمكن) بعد الاطلاع على عدة طرق لتحضير طريقة اجراء التجربة :

الجدول (2) المواد المستخدمة للمعالجة:

يوربا (مادة مساعدة)	مادة مؤخرة للهب	حمض الفوسفور
50gr/L	200gr/L	75gr/L

ومن أجل اختبارات تقييم مقارنة الاحتراق التي سوف نمر بها لاحقاً سنقوم بقص عينات على شكل شرائط بالأبعاد التالية: (25×8,7) cm أي (10×3,5) انش وعينات أخرى لمعالجتها باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتية بأبعاد (30×30) cm لكل عينة ونقوم بالتجهيز النهائي لتأخير اللهب باستخدام المواد المؤخرة للهب المتوفرة بالإضافة إلى اليوربا وحمض الفوسفور بجميع العينات حسب المحاليل المحضرة التالية :

A1- عينة مجهزة بمادة فوسفات الصوديوم الحامضية Sodium Hydrogen Phosphate (NaH_2PO_4) بالطريقة التقليدية

B1- عينة مجهزة بمادة فوسفات الأمونيوم الثنائية di-Ammonium Hydrogen Orthophosphate ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) بالطريقة التقليدية

C1- عينة مجهزة بمادة فوسفات رباعي الصوديوم tetra-Sodium Pyro Phosphate ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) بالطريقة التقليدية

D1- عينة مجهزة بمادة فوسفات الأمونيوم Ammonium di Hydrogen Orthophosphate ($(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$) بالطريقة التقليدية

A2- عينة مجهزة بمادة فوسفات الصوديوم الحامضية Sodium Hydrogen
Phosphate (NaH_2PO_4) بالطريقة المعدلة

B2- عينة مجهزة بمادة فوسفات الأمونيوم الثنائية di-Ammonium Hydrogen
Orthophosphate $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ بالطريقة المعدلة

C2- عينة مجهزة بمادة فوسفات رباعي الصوديوم tetra-Sodium Pyro
Phosphate $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ بالطريقة المعدلة

D2- عينة مجهزة بمادة فوسفات الأمونيوم Ammonium di Hydrogen
Orthophosphate $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ بالطريقة المعدلة

6-3- طرق المعالجة:

6-3-1- المعالجة بالطريقة التقليدية: غمر في حوض الفولار + عصر + تجفيف
(مجفف 80°C لمدة 15 دقيقة):

يتم غمر العينات في محلول التشريب لمدة ربع ساعة بدرجة (95°C) للعينات ثم نقوم
بالغسيل بالماء البارد وتعصر على الفولار ويتم التجفيف في المجفف بدرجة حرارة
(80°C) لمدة (15) دقيقة ثم التصلب والتعتيق لمدة خمس دقائق فقط في الدرجة
(120°C) وفقاً للأجراء (باد-تجفيف-تعتيق) (pad-dry-cure) ونقوم بإجراء اختبار
اللهب.

6-3-2- المعالجة بالطريقة المعدلة:(غمر في المحلول داخل جهاز الأمواج فوق
الصوتية + عصر + تجفيف):

يتم غمر العينات في محلول التشريب داخل الجهاز ونقوم بتشغيل زر الأمواج لمدة ربع
ساعة وتكون درجة الحرارة (60°C) وبعد الانتهاء من المعالجة نقوم بغسل العينة بالماء
البارد وتعصر على الفولار ويتم التجفيف في المجفف بدرجة حرارة (80°C) لمدة 15

دقيقة ثم التعتيق لمدة خمس دقائق فقط عند الدرجة (120C°) وفقاً للإجراء (Pad-dry-cure) ونقوم بإجراء اختبار اللهب.

6-4-4- اختبارات تأخير اللهب :

6-4-4-1- اختبار Sanders: يشتمل الاختبار الذي قام به Sanders على تقريب شعلة اللهب لمدة ثلاث ثواني من عينات اختبار أبعادها (3.5×10) إنش معلقة بشكل عمودي ويتم اعتبار أن العينة قد تخطت هذا الاختبار بنجاح إذا كان:

1- طول الاحتراق المتوسط (في حال الانصهار أو الاحتراق) لخمس عينات لا يتعدى (7 إنش) والذي يساوي 17.5سم.

2- ولا عينة تحترق بطولها الكامل.

3- ألا يتخطى زمن الاحتراق الثانوي (Rft) (زمن التوهج) لكل عينة مفردة مدة 10 ثواني ، وتسمى العينات التي فشلت في تحقيق الشرط الثالث ب Rft failures .

6-4-4-2- اختبار الكبريت : حسب AATCC34-1969 (الجمعية الأمريكية لكيميائيين النسيج - اختبار مقاومة الحريق للأقمشة) فإن اختبار الكبريت هو اختبار غير معياري ، وبشروط أفسى من اختبار اللهب العمودي، وفيه كان القماش نفس الحجم الخاص باختبار اللهب العمودي ، ولقد تم تعليق القماش بشكل حر في جهاز اختبار اللهب واستخدام عود كبريت لإشعال الحافة السفلية بكاملها ، فإذا كان من الممكن إطفاء اللهب ضمن طول 3 إنش من القماش فإن القماش ينجح في الاختبار. يحظى أداء الأقمشة خلال اختبار الكبريت باهتمام كبير حيث يعتقد ان الخصائص التي تمكن القماش من النجاح تعبر نسبياً عن تلك الخصائص الخاصة باختبار اللهب العمودي وهذا يتعلق بدرجة حرارة الاشتعال خلال الاختبار .

6-5- اختبار الثباتية تجاه الغسيل:

قمنا باختبار الثباتية للغسيل للعينات جميعها لمعرفة ثباتية المعالجة لتأخير اللهب لعمليات الغسيل فأجرينا الاختبار التالي: حسب ISO C01 تمت العملية في الدرجة (40c) لمدة 30 دقيقة وبإضافة (5gr/l) من مادة منظفة(الصابون) بحيث تكون نسبة الحمام (1:50) وتمثل هذه العملية عملية غسيل منزلية واحدة.

7 - النتائج:

7-1: نتائج اختبار اللهب:

الجدول (3) يوضح نتائج اختبار اللهب للعينات المعالجة بالطريقة التقليدية:

رقم العينة	نتيجة الاحتراق حسب ساندريس	طبيعة الاشتعال	طول الاحتراق (mm)	زمن التوهج(زمن الاحتراق الثاني) sec
A1	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد ازالة اللهب	3	2
B1	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد ازالة اللهب	3	3
C1	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد إزالة اللهب	3	لا يوجد
D1	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد إزالة اللهب	3	لا يوجد

الجدول (4) يوضح نتائج اختبار اللهب للعينات المعالجة بالطريقة المعدلة:

رقم العينة	نتيجة الاحتراق حسب ساندرس	طبيعة الاشتعال	طول الاحتراق (mm)	زمن التوهج (زمن الاحتراق الثاني) sec
A2	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد إزالة اللهب	2	لا يوجد
B2	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد إزالة اللهب	1	لا يوجد
C2	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد إزالة اللهب	1	لا يوجد
D2	ناجحة	انطفاء ذاتي بعد إزالة اللهب	2	لا يوجد

7-2: نتائج اختبار الثباتية تجاه الغسيل:

لاحظنا أن عملية الغسيل أثرت سلباً على المعالجة النهائية لتأخير اللهب بالنسبة للعينات فجميع هذه العينات تأثرت بعملية الغسيل ولم تعطي فعالية لتأخير اللهب حيث أن جميع النتائج كانت فاشلة والعينات احترقت بالكامل.

8- مناقشة النتائج :

يمكن تلخيص وتوضيح النتائج السابقة كما يلي :

1- تبين لدينا من خلال التجارب أن استخدام الأمواج فوق الصوتية أعطى فعالية أفضل لتأخير الذهب والحد من انتشاره للأقمشة الممزوجة مقارنة بالطريقة التقليدية في المعالجة باستخدام نفس المحاليل المحضرة من المواد الفوسفورية السابقة جميعها حيث انخفض طول الاحتراق وزمن التوهج .

2- ان اضافة حمض الفوسفور للمادة المؤخرة للذهب يعتبر ضروري كعامل ربط بين المادة المؤخرة للذهب والعينات النسيجية.

3- تحتاج المعالجة النهائية لتأخير الذهب لعملية تعتيق بهدف تثبيت فعالية تأخير الذهب.

2- أما بالنسبة لعملية الغسيل فإنها أثرت سلباً على المعالجة النهائية لتأخير الذهب وذلك باستخدام الطريقتين السابقتين في المعالجة وذلك بسبب أن المركبات الفوسفورية ذوابة في الماء وبالتالي فان أثر المعالجة النهائية ضد الذهب يكون مؤقتاً وقدرة تأخير الذهب التي تمنحها للأقمشة يتناقص خلال عمليات الغسيل اللاحقة.

9- المقترحات :

1) نقترح استخدام أقمشة أخرى مختلفة في نسبة مزج (قطن-بوليستر) والمقارنة مع القماش المستخدم في الدراسة.

2) نقترح استخدام أقمشة أخرى مختلفة في التركيب النسيجي والمقارنة مع القماش المستخدم في الدراسة.

3) نقترح العمل في مجال تحسين الثباتية تجاه الغسيل للأقمشة الممزوجة المعالجة باستخدام الأمواج فوق الصوتية.

10- المراجع:

• المراجع العربية:

- 1) بكر ؛ حسين ، النجار ؛ عهد ، المعالجة النهائية للمنسوجات - الجزء العملي، الطبعة الأولى ، منشورات جامعة البعث ، 2010 .
- 2) بكر ؛ حسين ، المعالجة النهائية للمنسوجات - الجزء النظري ، الطبعة الأولى ، منشورات جامعة البعث ، 2010 .

• المراجع الأجنبية:

- 3) W.B. HARRISON, Textile Progress Protective Clothing, Manchester Metropolitan University,UK, (1992).
- 4) A R Horrocks and S C Anand, HANDBOOK OF TECHNICAL TEXTILES, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, (2000).
- 5) Charles Tomasino, Chemistry & Technology of Fabric Preparation & Finishing, Department of Textile Engineering, Chemistry & Science College of Textiles North Carolina State University Raleigh , North Carolina,(1992).
- 6) Erhan Öner , Inci Baser and Kamil Acer (1995).Use of Ultrasonic Energy in Reactive Dyeing of Cellulosic Fabrics, JSDC Volume 111,279–281.
- 7) H. W. Beckham, W.W.Carr, S. Michielsen, J. Good, T. Merriman, J. Zhan, Gary Mock , Bob McCall, David Klutz (1996). Fundamental Investigation of Ultrasonic Effects in Textile Wet Processig, National Textile Center Annual Report, 143–151.
- 8) J.R. Johnson , D. R. Moore (1973) . Effect of Phosphorus and Bromine on Burning Rates for Cotton and a Polyester / Cotton Blend1 , Textile Research Journal, Volume 43 Issue 10, 561–567.
- 9) M. A . Kasem and H . R . Richards (1972) . Flame – Retardant For Fabrics , Department of consumer studies , University of Guelph , Canada.

- 10) C.Karaboga, A. E. Körlü, K. Duran, M.i.Bahtiyari (2007) .
Use of Ultrasonic Technology in Enzymatic Pretreatment Processes of Cotton Fabrics, FIBER & TEXTILES in Estern Europe , Vol. 15, No. 4 (63), 97–100.
- 11) Catalogue, Flame Retardants "Frequently Asked Questions" , The European Flame Retardants Associations (EFRA),2004.
- 12) S.GAAN, V.SALIMOVA, P.RUPPER,A.RITTER AND H.SCHMID .Flame Retardant Functional Textiles , Swiss Federal Laboratories for Testing and Research , Switzerland , 2011.
- 13) Kartick K. Samanta, Santanu Basak, and S.K. Chattopadhyay .Sustainable Flame–Retardant Finishing of Textiles Advancement in Technology from Handbook of Sustainable Apparel Production, Publisher: CRC Press , London, 2015.

Registered office: 5 Howick Place, London SW1P 1WG, UK

دراسة الخواص المورفولوجية لألياف الصوف السورية

د.محمد تركاوي

ملخص :

إن تركيب ألياف الصوف أكثر تعقيداً من الألياف النسيجية الأخرى . تم قص ألياف من أماكن مختلفة من جسم الخروف. اعتمدنا في دراستنا على برامج معالجة الصور imag J في تحليل البنية السطحية لليف الصوف حيث أظهرت الصور المجهرية السطوح الحرفية لليف الصوفي.

إن ألياف مؤخرة الخروف تمتلك قطراً أكبر من باقي الألياف. أجريت الدراسة على خراف بأعمار فتية و أخرى هرمة و تبين أن الخروف الصغير يمتاز بنعومة عالية مقارنة بالخروف ذو الأربع سنوات و يظهر الفارق جلياً في الأطراف حيث يبلغ مقدار التفاوت ما يقارب 25 micron .

يتميز السطح الخارجي لليف الخروف الهرم بحراشف واضحة مكتملة النمو على عكس الخروف الفتى الذي يمتاز بعدد كبير من الحراشف الغير ناضجة في واحدة الطول .

تأليف :

د.م: محمد تركاوي

كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – قسم هندسة الغزل والنسيج

Mobile : 0947898858 – Email : mturkawi@hotmail.com

الكلمات المفتاحية : ليف الصوف ، البنية المورفولوجية ، قطر الليف ، سطح الليف .

Abstract

The wool fibers have a more complicated structure than other textile fibers.

Fibers have been taken from different parts of sheep corp. we use a picture treatment program imag j for analyzing the surface structure of wool fiber.

The SEM shows the scaly surface of wool fiber.

The diameter of backside sheep fiber is bigger than the other parts. The study includes a little sheep and an old sheep and it has been shown that The little sheep has more finer fiber in comparison with the four -year sheep. the difference is quite distinct in the legs which reaches 25 micro.

The external surface of old sheep wool fiber has obvious full mature scales on contrary of young sheep which has a great numbers of immature scales per the length unite.

. **Key words** : wool fiber, morphology structure , diameter fiber , fiber surface

1- مقدمة:

يعتبر الإنتاج الحيواني في مختلف أنحاء العالم ذو مكانة هامة في الاقتصاد الزراعي، ويعتبر الصوف أحد المنتجات الهامة للثروة الحيوانية حيث يحتل مركزاً مرموقاً في اقتصاد العديد من البلدان .

الصوف Wool ببساطة هو تلك الشعيرات التي تغطي أجسام بعض الحيوانات و له أنواع. أما الشعيرات التي تنمو على أجسام الحيوانات فتعطي مسميات أخرى مثل الموهير لماعز الأنجورا ، الوبر من الجمال ، الشعر من حيوانات اللاما والماعر.....

استخدم الإنسان الصوف منذ قديم الزمن في تغطية جسده وذلك عندما استعمل جلود الحيوانات التي كان يصطادها حيث تعلم كيف ينتزع الشعر وينسجه لصنع ملابسه.

دلت الاكتشافات على أن الإنسان الأول كان على إلمام بعمليات غزل الصوف ونسجه إذ كان قدماء المصريين و اليونان يقومون بعمليات الغزل و النسج داخل المنازل .وقد برع الرومان في عمل أقمشة متنوعة السماكات من الصوف. [11]

تربى في ايطاليا و نيوزلندا و بلجيكا و اسبانيا أغنام المرينو التي يعد صوفها من أجود الأصواف وذلك لأنه يتميز بنعومة عالية. تعد اسبانيا حالياً أكثر بلدان العالم إنتاجاً لهذا النوع من الصوف.

لم تهتم البلاد العربية لدى تربيتها للأغنام بصوف الأغنام و ذلك لخشونته و سوء نوعيته و تركز اهتمامها على اللحم كما لا يمكن لسلاطات الأغنام ذات الصوف ذو النوعية الجيدة المقدره على العيش في البيئة الصحراوية ، و لذلك تركزت الصناعات النسيجية الصوفية في الدول العربية على إنتاج السجاد و البسط.

يحظى الصوف بأوفر قدر من المزايا التي تتصف بها الأنواع الأخرى من الألياف حيث أنه:

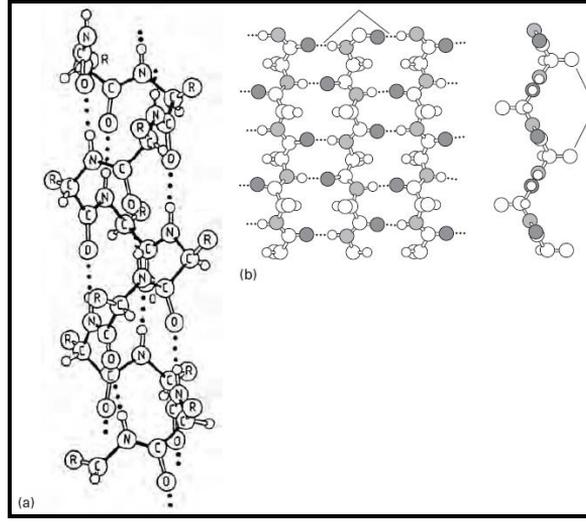
- يساعد على تحمل تقلبات الجو
- عازل جيد للحرارة لاحتجازه حجم أكبر نسبياً من الهواء ضمن شعيراته.

- ذو قدرة عالية على امتصاص الماء.
- عاكس جيد للضوء.
- يمرر الأشعة فوق البنفسجية.
- قابليته للتليد جيدة لوجود الحراشف Scales والانتشاءات Crimps .
- خواصه الكيماوية جيدة فهو لا يتأثر بالكحول أو البنزين أو الإيثير إلا على درجات حرارة عالية.
- لا يميل للاحتراق وتسهل صباغته ويحتفظ بالصباغ لمدة طويلة.
- عازل جيد للكهرباء وفي نفس الوقت مولد جيد للكهرباء الساكنة. [12]
- يتحمل الحرارة العالية (فقط إذا زادت عن 100 درجة مئوية فإنه يبدأ في التحلل ويأخذ لونا مصفراً). [11]

إن الشكل المورفولوجي لشعر الإنسان يشبه بشكل كبير للصوف المغطي لجسم الأغنام. يمتلك الصوف بنية فيزيائية معقدة أكثر من الألياف الأخرى. يحتوي الصوف على البروتين و الكيراتين المكونة من 18 حمض أميني α ذات الصيغة $H_2N.CHR.COOH$. الشكل (1)

يمكننا اعتبار الألياف الصوفية من وجهة نظر جزيئية بأنها ألياف مركبة حيث تتكون من ألياف (fibril) و مادة المحفظة الحاوية لألياف (fibril) ولكلا المادتين التركيب الكيميائي نفسه حيث تكون كلا المادتين متصلتان و مترابطتان فيزيائياً و كيميائياً. [1]

بالنظر إلى تركيب البروتين الداخلي للصوف فإن (fibrils) يتضمن بنية بروتينية مركبة ذات تركيب غير نظامي (شاذ).

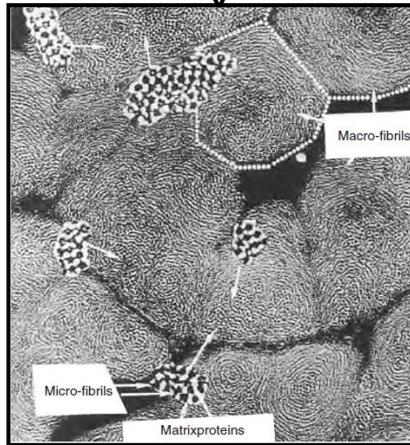
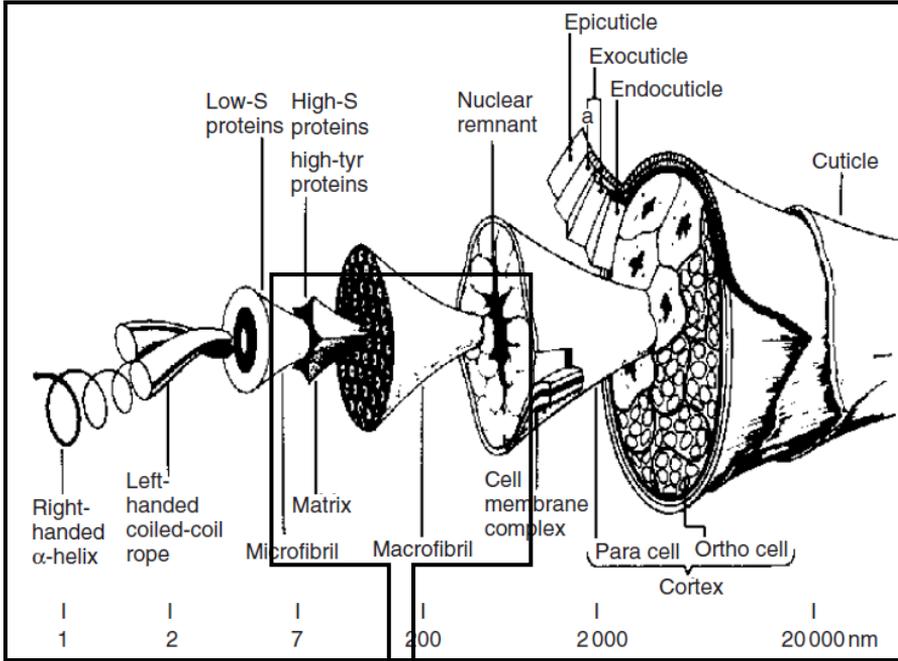


الشكل 1: البنية الكيميائية لليف الصوف

2-توضع و تركيب البنية الشكلية لمكونات الصوف :

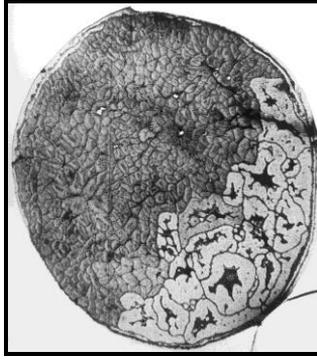
composition and structure of morphological components of)
(wool

يوضح الشكل (2) الشكل الكلاسيكي للتوضع المورفولوجي لشعيرة الصوف حيث أن الشعيرة محاطة بخلايا البشرة (cuticle) و تتألف من أربع طبقات على الأقل و سميت هذه الطبقات بالترتيب (epicuticle, the A-layer) و (B-layer of the) و (exocuticle) و (endocuticle) و تكون البشرة محاطة بكتلة مركبة من خلايا لحائية لها شكل مغزلي و مصطفة مع محور الليف مع نهايات مهدبة متقاطعة مع بعضها البعض و تكون كل من خلايا اللحاء و خلايا البشرة مفصولة عن بعضها البعض بما يعرف بالأغشية الخلوية هذا الغشاء الخلوي المعقد يضمن روابط بين خلوية قوية و متماسكة . [1]



الشكل 2 : الشكل الكلاسيكي للتوضع المورفولوجي لشعيرة الصوف و كذلك صورة
مجهرية لمقطع عرضي لخلايا الطبقة الخارجية

يوضح الشكل (2) صور مجهرية لمقطع عرضي لخلايا اللحاء و التي تبين توضع خلايا (macrofibrils) باتجاه محور الليف ، إن (macrofibrils) تتألف بحد ذاتها من مئات من (microfibrils) و بشكل عام عند تلطخ الليف ببنترات الفضة داخل محلول الأمونيا فإنه يمكن التمييز بين نوعين من خلايا اللحاء التي تتلخ بشكل متباين و هي الخلايا التي تبدو بلون فاتح و تسمى (orthocortex cells) و الخلايا التي تبدو أكثر قتامة و تسمى (paracortex cells) . الشكل (3)



الشكل 3 : مقطع عرضي لخلايا اللحاء تظهر فيها خلايا orthocortex و خلايا paracortex

تشبه خلايا البشرة قاصمة ورقية مستطيلة الشكل منحنية بعض الشيء أبعاده (20مكرون) * (30مكرون) أما الثخانة فتتراوح (0.5-0.8 مكرون) و تبلغ نسبة وزن البشرة إلى وزن الليف الصوفي -16-6% . بالنظر إلى المقطع العرضي للألياف الصوفية سوف نلاحظ طبقة وحيدة مفردة من خلايا البشرة تحيط بخلايا اللحاء (orthocortex) بينما خلايا اللحاء (paracortical) فإنها تحاط على الأقل بطبقتين أو ثلاث طبقات من خلايا البشرة و التي يمكن تحديدها بشكل واضح حيث تكون خلايا البشرة الخارجية أثخن من تلك الداخلية و المتوضعة أسفلها. [13]

من أجل الألياف ذات القطر أقل من 15 مكرون تظهر خلايا بشرة مفردة تحيط بجذع الليف على شكل لولبي و هذه الخلايا تكون متداخلة بعض الشيء مع بعضها البعض و تكون كل الخلايا منفصلة بشكل كامل عن خلايا البشرة المتوضعة أسفلها.

خلايا البشرة (paracortex cells) تكون أكبر بنسبة 40% من خلايا (orthocortex).

يحتوي سطح خلايا البشرة على حموض دسمة مرتبطة بشكل شعاعي و التي تدعى (chiral 18-methyl eicosanoic acid (18-MEA)) و التي ترتبط بروابط من نوع (thioester linkage) و تدعى هذه الطبقة في بعض الأحيان (F-layer).

ومن خلال النظر من المكروسكوب فإن الحموض الدسمة تميل لتشكيل طبقات متداخلة و متكاملة باتجاه السطح أكثر من كونها مستقلة .

إن طبقة البشرة (epicuticle) تتميز بأنها لديها حساسية عالية من المواد القلوية و المواد المؤكسدة و الأوساط الأنزيمية و حيث يتراوح سماكتها 2,5 ميكرومتر و هي تشكل حوالي 1% من وزن الليف و تتألف من مجموعة من الحموض الدسمة بما فيها (18-MEA) و بروتينات بالإضافة إلى كربو هيدرات.

3- الخواص الفيزيائية لألياف الصوف:

يمتلك الصوف تركيباً أكثر تعقيداً بين الألياف المستخدمة في النسيج . إن هذا التركيب لشعرة الصوف لديه تأثيراً واضحاً على المواصفات الفيزيائية و لذلك فإن كل آليات التعامل مع شعيرة الصوف أصبحت مفهومة.

إن شعيرة الصوف الأمثل لها مقطع عرضي دائري ، و الأقطار المختلفة لشعيرة الصوف تتراوح ما بين (20-40 μm) ، لكن في الحقيقة المقطع العرضي لشعيرة الصوف أهليلجي تقريباً وليس دائري. يتراوح طول شعيرة الصوف ما بين (5-50 cm) أما كثافة شعيرات الصوف حوالي (1.3 g/cm³). [2]

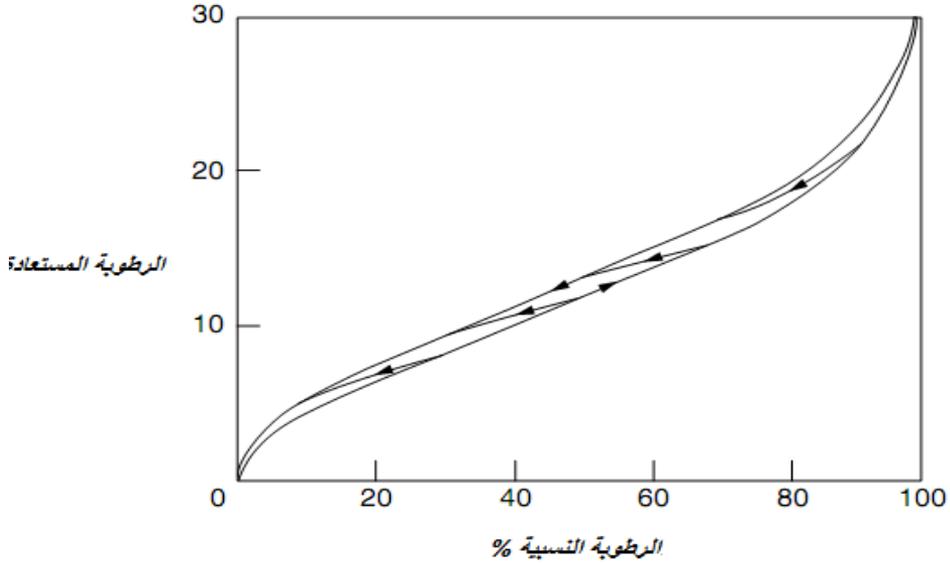
امتصاص الرطوبة:

البروتين الموجود في الصوف يحتوي على $CO.NH_2$ وعلى مجموعات أخرى محبة للماء. الشكل (4) يظهر التغير في استعادة الرطوبة (كتلة الرطوبة الممتصة/ كتلة الألياف الجافة) مع الرطوبة النسبية . في الظروف المثالية عند درجة حرارة 20 درجة مئوية و رطوبة نسبية 56% فإن القيم المستعادة تتراوح ما بين 14 - 18%.

وجد Perston و Nimkar [3] أن الصوف المتحلل يحتفظ ب 133% من الرطوبة المستعادة عندما يمتص 30سم من الزئبق في الحالة الرطبة ، لكن يحتفظ فقط ب 45% عند عملية الطرد المركزية ل 1000 غ لمدة 5 دقائق .

كما نرى في الشكل (4) هناك تراجع في امتصاص الرطوبة ، حيث أن منحنى عدم الامتصاص أعلى من منحنى الامتصاص . المنحنيات المتوسطة تظهر التغير الكلي من الامتصاص إلى عدم الامتصاص عند رطوبات مختلفة . [3]

وجد Darling و Belding [4] أن استعادة الرطوبة عند الرطوبة النسبية المعطاة تتغير مع الحرارة حيث وصلت عند الرطوبة النسبية 70% (18%) ضمن المجال الحراري من 29 درجة مئوية إلى 4 درجة مئوية ، و تنخفض بعد ذلك إلى 13% عند الدرجة 71 مئوية .



الشكل 4: التغير في الرطوبة المستعادة للصوف مع الرطوبة العادية

عندما يمتص الصوف الماء فإن الانتفاخ برمته يكون بالعرض (بتغير نصف القطر) مع تغير بسيط في الطول . الحجم الإجمالي يزداد أصلاً بمقدار أقل من حجم الماء الممتص . يظهر الجدول (1) قيم نصف قطر ليف الصوف وكذلك مقدار الانتفاخ عند مقادير مختلفة من الرطوبة .

دراسة الخواص المورفولوجية لألياف الصوف السورية

الجدول 1 : تغير الكثافة و نصف قطر شعيرة الصوف عند قيم مختلفة للرطوبة

الرطوبة المستعادة %	0	2	5	7	10	15	20	25	30	33
الرطوبة النسبية %	0	2.5	15	27	42	68	85	94	98.5	100
الانتفاخ العرضي %	0	0.66	1.82	2.62	4.00	6.32	8.88	11.7	14.6	16.3
حجم الانتفاخ %	0	1.57	4.24	6.10	9.07	14.3	20.0	26.2	32.8	36.8
الكثافة (g/cm ³)	1.304	1.310	1.314	1.315	1.315	1.313	1.304	1.291	1.277	1.268

يفسر هذا السلوك للألياف بافتراض أن بعض أو كل الماء يمتص بواسطة المحفظة ، بسبب وجود مجموعات محبة للماء. و هذا يؤدي إلى زيادة المساحة الجانبية بين الألياف ، التي لم تتغير أطوالها .

امتصاص الحرارة :

يبين الجدول (2) قيم للطاقة الحرارية اللازمة لترطيب الصوف (كمية الحرارة التي تنطلق عندما يبطل الصوف بشكل كامل) وذلك عند مقادير مختلفة من الرطوبة. انطلاقاً من ذلك يتم حساب درجات الحرارة المختلفة للامتصاص، أي الحرارة المنطلقة عند امتصاص غرام واحد من الماء . الروابط الأولية للماء مع المجموعات المحبة للماء تؤدي لنشوء كمية كبيرة من الحرارة ، و يكون التأثير قليل عند الاقتراب من حد الإشباع. [14]

الجدول 2 : الطاقة الحرارية اللازمة لامتصاص الصوف الماء

الرطوبة المستعادة %	0	5	10	15	20	25	30	33
الرطوبة النسبية %	0	15	42	68	85	94	98.5	100
حرارة الترطيب (kj/kg)	101	64.5	38.1	20.5	10.0	4.19	1.13	0
حرارة الامتصاص (kj/kg)	854	624	431	276	159	100	41.9	33.5

5- الخواص الميكانيكية لألياف الصوف:

أجريت دراسة الخواص الميكانيكية لألياف الصوف بواسطة Max Feughelman [5] حيث يشترط البحث ألا تكون الشعيرة مجهددة أكثر من 30% لمدة أكثر من 1 ساعة . حيث تعود الشعيرة إلى الحالة الأصلية عند نقعها بالماء عند درجة حرارة 52 درجة مئوية لمدة 1 ساعة .

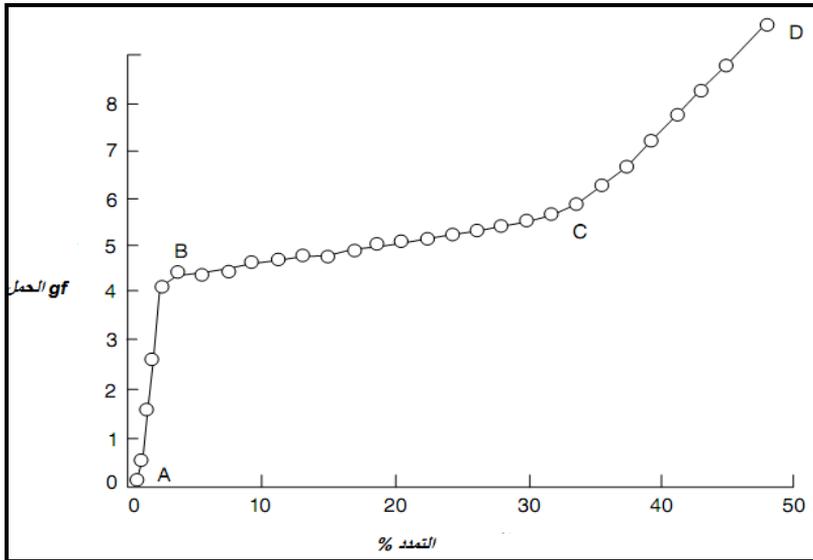
تم إجراء الاختبار على شعيرات مأخوذة من خراف مرياة منزلياً وذلك بهدف تثبيت العوامل المتغيرة و المؤثرة في الخواص على الشعيرة الواحدة أو بين الشعيرات. يظهر الشكل (5) منحنى الحمل و الانفعال من أجل ليف صوف رطب . يمكننا تقسيم هذا المنحني إلى أربع مناطق و هي :

- المنطقة الأولى : حيث تحتاج هذه المنطقة لإجهاد منخفض لتمدد التجعدات بالقرب من A .

- المنطقة الثانية : تتميز بزواية ميل مرتفعة و هي المنطقة المرنة ذات صلابة مرتفعة تنتهي عند B.

- المنطقة الثالثة: ينخفض ميول المنحني عند تجاوز النقطة B و تعتبر هذه المنطقة ذات خواص مرنة لدنة حتى الوصول للنقطة C .

- المنطقة الرابعة: تزداد صلابة الليف من جديد حتى الانهيار عند D .



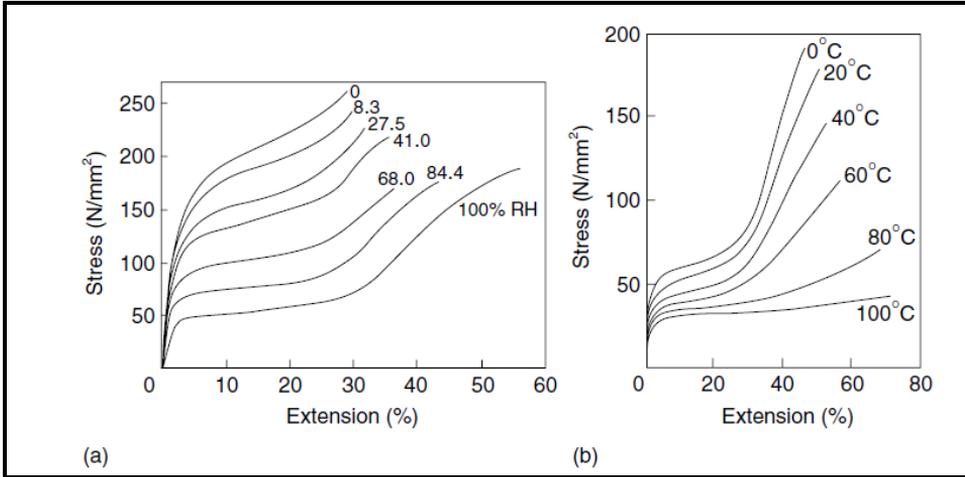
الشكل 5 : منحنى الحمولة و الانفعال لألياف الصوف عند الدرجة 20 درجة

مئوية .

في الاختبارات على مختلف الألياف ، هناك اختلافاً قليلاً في النقاط B و C عند الانفعال 2% و 30% على التوالي ، لكن انفعال الانهيار يتغير بشكل أكبر ويصبح هذا التغير

أقل عند عدم وجود نقاط ضعف أو أذى في الليف المختبر. [10]

إن انفعال الانهيار ضمن المجال 50-60% هو انفعال نموذجي للشعيرات الجيدة . إن الاختلاف على كامل طول الشعيرة يغير شكل المنحني ، لأن الأجزاء الرفيعة تستطيل بسهولة أكبر من الأجزاء الثخينة بالنتيجة فإن أجزاء من الليف سوف تعاني من انفعال أكبر في المنطقة اللدنة ، بينما الأجزاء الأخرى تبقى في المنطقة المرنة (بداية التصلب) و تدخل اللدونة عند الحمولة الكبيرة. يظهر الشكل (6) أن منحني الإجهاد و الانفعال يتغير بتغير الرطوبة و الحرارة حيث ينخفض معامل المرونة مع زيادة الرطوبة. إن زيادة الحرارة تؤدي إلى انخفاض الإجهاد و يكون هذا التغير كبيراً ضمن المجال 40 و 80 °C . [9] [8] .

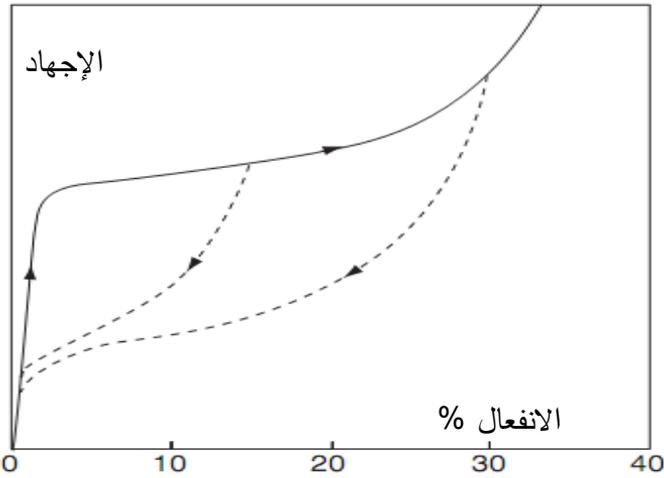


الشكل 6: تغير منحني الإجهاد - الانفعال مع تغير شروط الاختبار (a) تأثير الرطوبة عند درجة حرارة الغرفة (b) تأثير درجة الحرارة من أجل الصوف الرطب.

6- سلوك الاسترجاع :

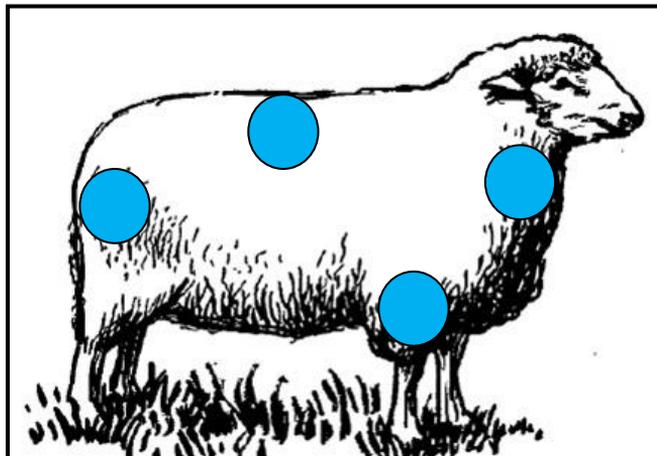
شكل منحني الإجهاد - الانفعال للصوف في حالة الشد ليس نفسه للبوليميرات . لذلك فإن التغيرات عند B و C تكون حادة نوعاً ما . يكون سلوك الرجوعية مختلف بشكل كامل ، ففي أغلب البوليميرات ليس هناك رجوعية من الحالة اللدنة .

في الصوف الرطب ، كما نرى في الشكل (7) هناك رجوعية كلية من الانفعال حتى 30% . لكن الرجوعية تتبع منحني مختلف و تتضمن لمنحني الانفعال عند 3/1 (ثلث) إجهاد الخضوع. [7] [6] .

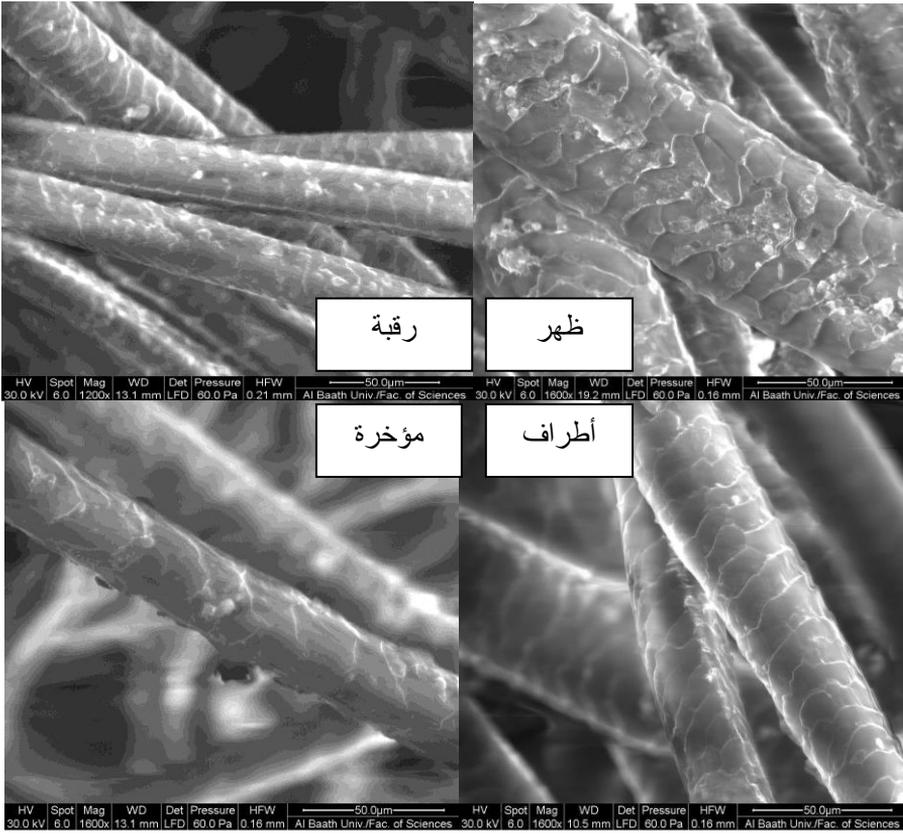


الشكل 7 : منحنى الإجهاد-الانفعال للصوف الرطب في حالة التمدد و الرجوع .
7- الجانب العملي:

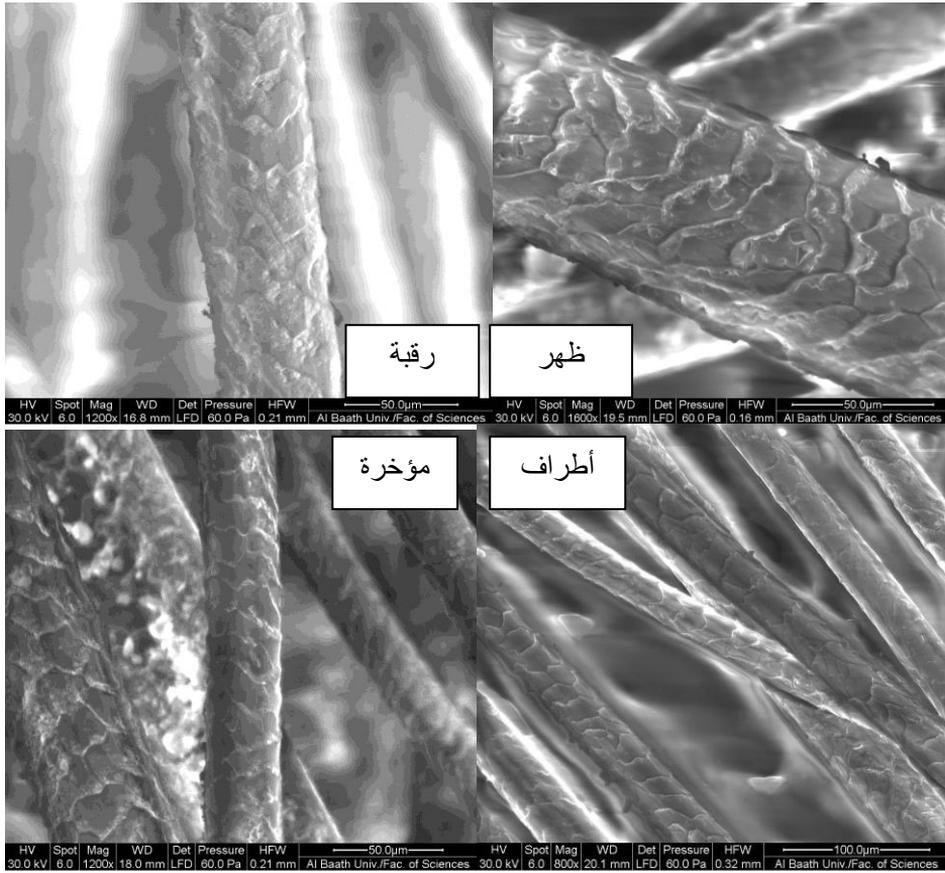
تم أخذ عينات من مناطق مختلفة من جسم الحيوان (الرقبة، الظهر ، الأطراف، المؤخرة) الشكل (8). بالإضافة إلى أخذ عينات من نوعين مختلفين من الحيوانات الأول عمره 25 يوم و الثاني عمره أربع سنوات و الخراف من منطقة حمص ذات المناخ المتوسط الرطب حيث تم تصويرها بالمجهر الالكتروني في كلية العلوم و بالتالي تم الحصول على صور دقيقة ذات مقياس رسم معلوم و الذي سنستخدمه لاحقاً في الحسابات. تمت الدراسة باستخدام برنامج معالجة الصور *imag z* لتحليل صور الألياف المقطعة بشكل علمي و دقيق. حيث تم الاعتماد على هذا البرنامج في قياس الأقطار و كذلك عدد الحراشف في واحدة الطول. الشكل (11) الشكل (12)



الشكل 8: أماكن الاقتطاع في الخروف



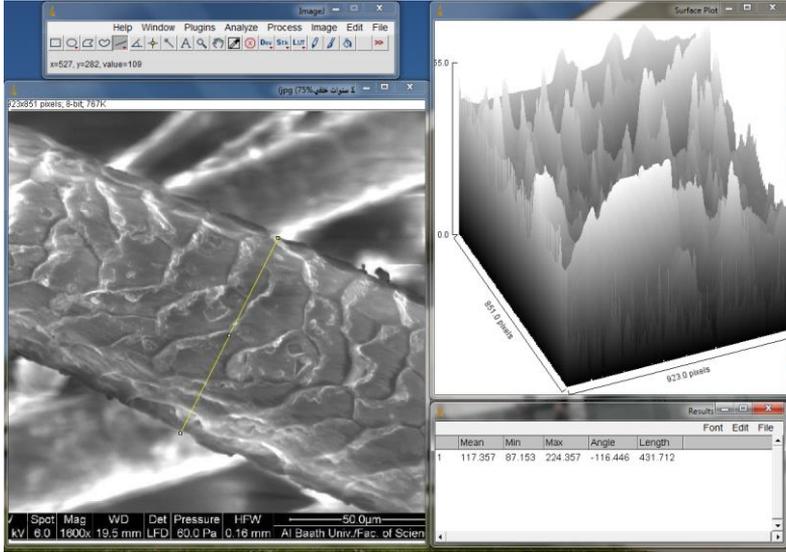
الشكل 9: الصور المجهرية لخروف عمره 25 يوم



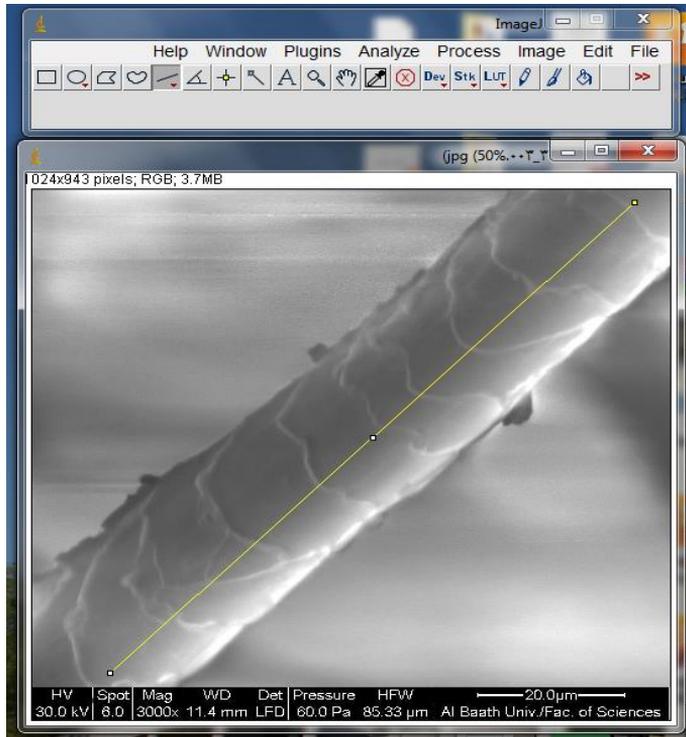
الشكل 10 : الصور المجهرية لخروف عمره أربع سنوات

يتأثر الشكل المورفولوجي لألياف الصوف بمكان أخذ العينة و كذلك عمر الخروف. و لهذا قمنا باقتطاع العينات من أماكن مختلفة و متباعدة من جسم الخروف و هي الرقبة ، الأطراف ، الظهر و المؤخرة. كما تم أخذ عمريين مختلفين و هما خروف فتي لا يتجاوز عمره 25 يوم و خروف هرم بعمر 4 سنوات.

دراسة الخواص المورفولوجية لألياف الصوف السورية

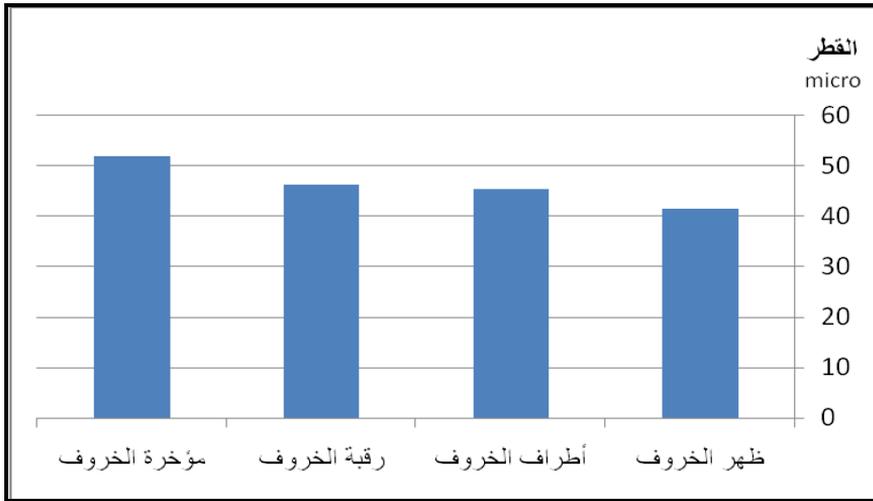


الشكل 11: طريقة قياس القطر على برنامج j imag

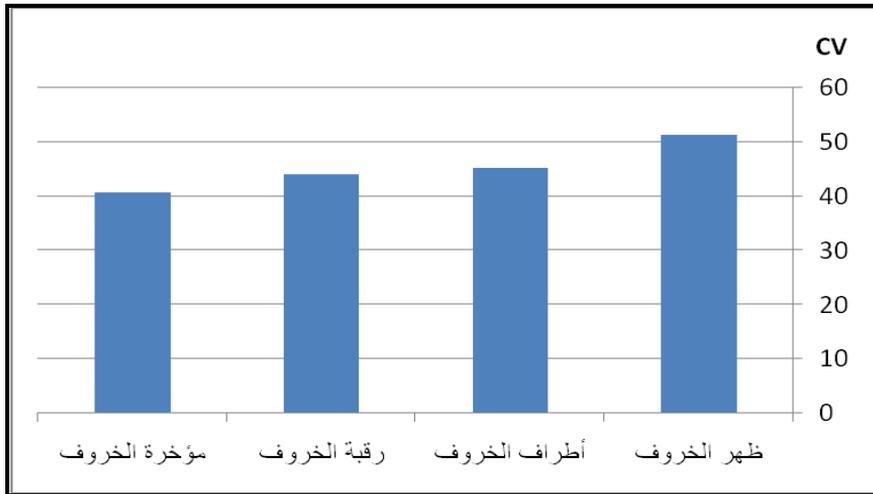


الشكل 12 : طريقة قياس عدد الحراشف في واحدة الطول على برنامج j imag

7-1 تأثير مكان اقتطاع العينة من جسم الخروف ذو الأربع سنوات على قطر شعيرة:



الشكل 13 : تأثير مكان الاقتطاع على قطر الليف



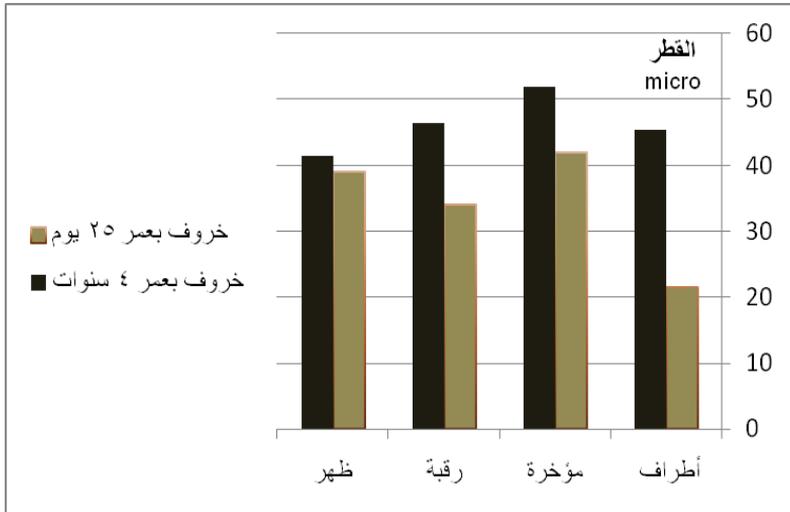
الشكل 14 : معامل الاختلاف حسب مكان الاقتطاع

يظهر الشكل (13) تأثير مكان اقتطاع العينات على قطر ليف الصوف. حيث تبين أن ألياف مؤخرة الخروف تمتلك قطرًا أكبرًا من باقي أجزاء الخروف.

كما يظهر الشكل السابق أن شعيرات الظهر تمتاز بأنها الأنعم حيث يصل قطر الشعيرة إلى مرتبة 40 ميكرون و ذلك بالنسبة للخروف ذو الأربع سنوات. إن معامل الاختلاف المبين في الشكل (14) يظهر عدم انتظامية قطر شعيرة الصوف في كافة أنحاء جسم الخروف حيث تراوح معامل الاختلاف بين 40 و 50 . أن أقطار شعيرات المؤخرة متقاربة في قيمها مقارنة مع باقي الألياف المقطعة من أماكن أخرى.

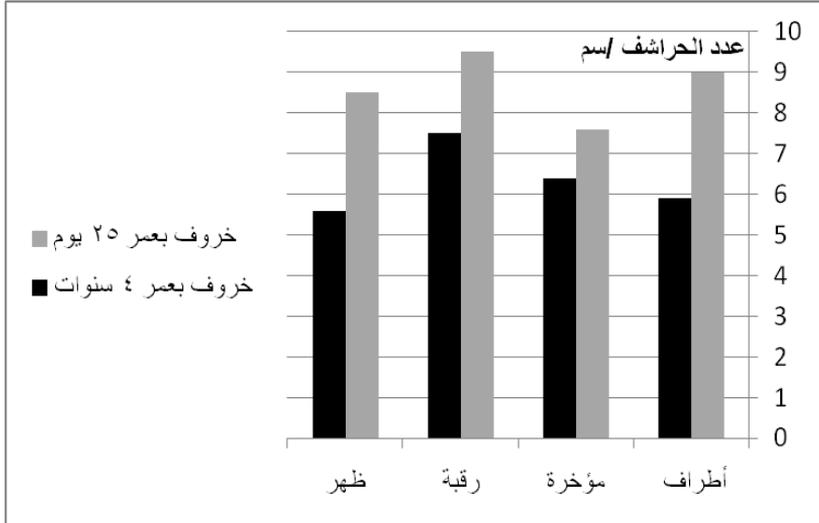
7-2 تأثير عمر الخروف على قطر الشعيرة:

يظهر الشكل (15) تأثير عمر الخروف على قطر الليف وذلك من أجل خراف بأعمار فنية و أخرى هرمة. يظهر الشكل الاختلاف في قطر الليف بين عمرين مختلفين من الخراف حيث يظهر لنا أن الخروف الصغير يمتاز بنعومة عالية مقارنة بالخروف ذو الأربع سنوات. كما يظهر الفارق جلياً في الأطراف حيث يبلغ مقدار التفاوت ما يقارب 25 ميكرون.



الشكل 15 : تأثير عمر الخروف على قطر الشعيرة

7-3 تأثير عمر الخروف على عدد الحراشف في واحدة الطول:



الشكل 16 : تأثير عمر الخروف ومكان الاقتطاع على عدد الحراشف

يظهر الشكل (16) عدد الحراشف في واحدة الطول على كامل طول الشعيرة حيث تبين الصور المجهرية أن شعيرة الخروف الصغير تمتلك عدد أكبر من الحراشف غير ناضجة في واحدة الطول.

و يظهر الفارق جلياً في ألياف الأطراف حيث يصل الفارق لثلاث حراشف في السننيمتر. من خلال المخطط البياني السابق يمكننا القول بأن أكثر المناطق كثافة في عدد الحراشف في واحدة الطول هي الرقبة أياً كان عمر الخروف.

إن الصور المجهرية تظهر كثافة كبيرة في الحراشف غير الناضجة على كامل طول الشعيرة للخروف الصغير . لتبدأ هذه الحراشف بالنمو خارج جسم الشعيرة مع تقدم الخروف بالعمر. كما لا يحتوي السطح الخارجي للشعيرة على كثير من البقايا الدهنية مقارنة بليف الخروف ذو الأربع سنوات حيث يتميز السطح الخارجي للشعيرة بحراشف واضحة مكتملة النمو كما يحتوي السطح الخارجي على بقايا دهنية واضحة بكميات أكبر إضافة إلى وجود بعض الشوائب المكتسبة.

8- الخلاصة:

أجريت الدراسة على أغنام عواس و هي الأنواع الأكثر انتشاراً في الجمهورية العربية السورية . وقد بينت الدراسة أن تأثير الشكل المورفولوجي لشعيرة الصوف بمكان أخذ العينة وكذلك عمر الخروف. إن تركيب شعيرات الصوف أكثر تعقيداً من الألياف النسيجية الأخرى . وقد أظهرت الصور المجهرية السطوح الحشوية لشعيرة الصوف. إن شعيرات مؤخرة الخروف تمتلك قطراً أكبر من باقي الشعيرات. كما تمت الدراسة على خراف بأعمار فتية و أخرى هرمة و تبين أن الخروف الصغير يمتاز بنعومة عالية مقارنة بالخروف ذو الأربع سنوات. كما يظهر الفارق جلياً في الأطراف حيث يبلغ مقدار التفاوت ما يقارب 25 micron .

يتميز السطح الخارجي للليف الخروف الهرم بحراشف واضحة مكتملة النمو على عكس الخروف الفتية الذي يمتاز بعدد كبير من الحراشف الغير ناضجة في واحدة الطول . يحتوي السطح الخارجي على بقايا دهنية واضحة بكميات أكبر إضافة إلى وجود بعض الشوائب المكتسبة.

: المراجع (reference)

- 1) Wool: Science and technology, J E McIntyre, Woodhead Publishing Ltd 2002
- 2) Morton W E and Hearle J W S, physical properties of textile fibers 3rd edition. The textile institute, Manchester, 1993.
- 3) Preston J M and Nimkar M V, 'Measuring the swelling of fibres in water', J.Text. Inst., 1949, 40, P674-88.
- 4) Darling R C and Belding H S, 'Textile yarns: moisture absorption at low temperatures', Industr. Eng. Chem., 1946, 328, 524-9.
- 5) Feughelman M, Mechanical Properties and Structure of Alpha-keratin Fibres, UNSW Press, Sydney, 1997.
- 6) Collins J D and Chaikin M ,The stress-strain behavior of dimensionally and structurally non-uniform wool fibers in water, text. Res. J 1965, 35, 777-87.
- 7) Collins J D and Chaikin M, structural and non-structural effects in the observed stress-strain curve for wet wool fibers, J. Text .Inst., 1968,59,379-400.
- 8) Katz S M and Tobolsky A V, Wool fibers: relaxation of stress, Text, Res, J. 1950, 20, 87-94.
- 9) Chapman B M , The bending stress- strain properties of single fibers and the effect of temperature and relative humidity, J . Text. Inst., 1973, 64, 312-27.
- 10) Carnaby G A and Grosberg P, the mechanics of the relaxation of wool carpet yarns, part 1: Theoretical analysis, J. Text. Inst., 1977, 68, 24- 32.

- 11) Chapman B M, 'A review of the mechanical properties of keratin fibres', J.Text. Inst., 1969, 60, 181–207.
- 12) Hearle J W S, 'Capacity, dielectric constant and power factor of fibre assemblies', Text. Res. J., 1954, 24, 307–21.
- 13) Feughelman M, 'Two-phase structure for keratin fibres', Text. Res. J., 1959, 29, 223–8.
- 14) Darling R C and Belding H S, 'Textile yarns: moisture absorption at low temperatures', Industr. Eng. Chem., 1946, 328, 524–9.