

دراسة خصائص ألياف الصبار سالميانا *Agave Salmiana* المتواجد في الساحل السوري

د.م.: راميه المحمد، قسم هندسة الغزل والنسيج، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية،
جامعة البعث.

ملخص البحث:

يقدم هذا البحث، دراسة عن السلوك الميكانيكي لألياف طبيعية مستخرجة من نبات أغاف سالميانا والمتواجد بكثرة في سوريا. حيث أظهرت النتائج الخصائص الميكانيكية المميزة لهذه الألياف من الاستطالة حتى القطع، معامل يونغ وكذلك متانة الألياف و تمت دراسة هذه الخصائص بعد قياس أقطار الألياف المدروسة.

تسمح هذه الدراسة بتوصيف ألياف سالميانا و مقارنتها مع الألياف النسيجية وخصوصاً الألياف التي تستخدم في التطبيقات التقنية مثل المواد المركبة أو الجيوتكستائل. كذلك أجريت دراسة إحصائية على نتائج الخصائص الميكانيكية لكل جزء من ورقة أغاف سالميانا لمعرفة فيما إذا كان هناك تقارب في القيم، فوجدنا أنه بالنسبة قوة القطع للألياف هي موحدة على كامل الورقة بينما الاستطالة حتى القطع وقيم المتانة تختلف من جزء لآخر ولذلك يتوجب علينا خلط جميع ألياف الورقة قبل البدء باستخدامها.

الكلمات المفتاحية: أغاف سالميانا، الخصائص الميكانيكية، ألياف طبيعية.

Characterization of the Fibers of Agave Salmiana Located in Syria

Abstract:

In This paper, the results of mechanical behavior study of natural fibres extracted from the agave Salmiana plant, the most abundant variety in Syria, are presented. These results deal with the principal mechanical characteristics of these fibers which are the elongation at break, the elasticity modulus, tensile strength.

These results permitted to situate these fibres, compared to the other textile fibers, as materials that can be used in technical applications such as reinforcing or geotextile.

In order to compare the mechanical properties of these fibres from the different parts of the plants, a statistics study was done. The obtained results showed that the tensile strength is the same between the different parts of the plant, while the elongation at break and tenacity are not the same that's why we have to mix the fibres before using.

Key words: Agave Salamiana, Mechanical properties, Natural fibers.

1. مقدمة Introduction:

تصنف الألياف النسيجية إلى مجموعتين أساسيتين : الألياف الطبيعية والألياف الصناعية، تنقسم كل مجموعة لعدة أنواع فالألياف الطبيعية تضم ألياف نباتية وألياف حيوانية، بينما الألياف الصناعية تضم ألياف تحويلية و ألياف تركيبية. [1]

على الرغم من العدد الكبير للألياف النسيجية إلا أن الحاجة لإيجاد ألياف جديدة كان مطلب الصناعيين والباحثين. لذلك كان التوجه لإيجاد ألياف ذات خصائص فيزيائية، ميكانيكية تلبي متطلبات المنتجات الجديدة ذات الاستخدامات التقليدية و التقنية.

تم التوجه لدراسة أحد أنواع الصبار حيث أوضحت بعض الدراسات أن هناك 300 نوع من الصبار تنبت في جميع مناطق العالم.[2]

تختلف أنواع الصبار حسب عدد الأوراق، عدد الأشواك، الحجم، المظهر والبنية. يمكن بشكل عام، تصنيف أهم أنواع الصبار المستخدمة في الصناعات الطبية، الصحية، الغذائية و النسيجية كما يلي:

1. الأوليفيرا: من أهم نباتات الفصيلة الزنبقية، وهو نبات معمر، أوراقه قاعدية شوكية متجمعة وتظهر من التربة على هيئة باقة رمحية يتراوح طولها ما بين 20-30 سنتمتر، وهو أكثر نباتات الصبار شيوعاً في الاستخدامات الطبية والتجميلية [3].
2. الساجوارو: أو الصبار العملاق وهو أكبر صبار ينمو في الولايات المتحدة، حيث ينمو بشكل أعمدة طويلة و يمكن أن طول النباتات إلى أكثر من 12 متراً. تم استخدامه لعدة قرون بين الهنود كمصدر للطعام والشراب والعديد من الاستخدامات الأخرى[4].

3. التين الشوكي: نوع من أنواع الصبار، موطنه الأصلي دول أمريكا الجنوبية مثل الارجننتين، وهو يزهر في الصيف لينتج ثماراً معروفة بفائدتها الغذائية، كما يحتاج لتربة جيدة التهوية [4].
4. فيورسيريللا: من الأنواع النادرة، ساقه قصيرة جداً والأوراق طويلة عريضة سيفية متراكمة فوق بعضها، زهرته طويله جداً بيضاء اللون. يمكن تربيته في أماكن نصف ظليلة [3].
5. سيراسيولا: أوراقه سميكة مستديرة لحد ما وصلبة، السطح السفلي مبرقش والحواف ملساء، أزهاره كبيرة لونها وردي، يستخدم للزينة في الحدائق [5].
6. البروفوليم: أوراقه متقابلة في حلقات مبرومة لتشكل ما يشبه الزهرة، لونها قرنفلي فاتح مبرقشه بالأخضر والأزهار حمراء برتقالية، يزرع في الحدائق الصخرية والمناطق الجافة [5].
7. الأغاف: هو صبار من النباتات الصحراوية تنتمي إلى عائلة أحادية الفلقة. نبات الأغاف عديم الساق تقريباً، أوراقه متراكمة فوق بعضها البعض ذات حواف مسننة باللون الأبيض أو الأصفر تنتهي الورقة بشوكة طرفية. يعد الأغاف النوع الوحيد من أنواع الصبار الذي أثبت إلى الآن وجود الألياف في بعض أنواعه: مثل أغاف أمريكانا، أغاف مارجيناتا و أغاف السالميانا. يوجد أنواع مختلفة لصبار الأغاف حيث يوضح الشكل التالي بعض أنواع الأغاف الموجودة عالمياً [6].



الشكل (1) : بعض أنواع الأغاف [3]

صبار الأغاف:

يتميز نبات الأغاف بأوراق شوكية تحتوي أنواعاً مختلفة من الألياف ولا تحتاج إلى رعاية دقيقة حيث تتكون ألياف الأغاف بشكل أساسي من حوالي 80% سليولوز، 15% لجنين و 5% هيميسليلوز بالإضافة لوجود مكونات مثل البكتين والشموع والمواد القابلة للذوبان في الماء. يعتمد التركيب الكيميائي لهذا النوع من الصبار على عوامل مختلفة مثل نوع التربة المستخدمة، الظروف الجوية وعمر الألياف الطبيعية. [7,8]

من بين جميع هذه الأنواع يوجد نوعين مستخدمين سابقاً من أنواع الأغاف في الصناعة وهما *Agave Sisalana* والتي يتم الحصول منها على ألياف سيزال *Sisal* و *Agave Fourcroydes* التي يتم الحصول منها على ألياف هينيكين [9].

لذلك تم التوجه لدراسة أحد أنواع الصبار ويسمى صبار سالميانا *Salamiana* الذي يعيش في أماكن مختلفة من العالم ومنها سوريا. حيث يزرع في بلادنا للزينة في الحدائق العامة ويتميز هذا النبات بطول ورقه الذي يمكن أن يصل إلى مترين كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2) : صبار السالميانا

تتمتع ألياف الأغاف بخصائص ميكانيكية جيدة وكذلك متانة عالية. يوضح الجدول

التالي مقارنة بين الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية [10].

الجدول (1): مقارنة الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف النسيجية

Fibres	Tenacity (cN/tex)	Strain (%)	Initial modulus (N/tex)	Work facture (mN/tex)
Agave Americana L.	28.3	49.64	0.61	15.4
Sisal	36 – 45	2 – 3	25 – 26	-
Henequen	20 – 24	3.5 – 5	-	-
Flax	23 – 24	2.7 – 3.3	18	8
Jute	26 – 51	1.2 – 1.9	17.2	2.7
Coton	26 – 44	3 – 10	5	10.7
Wool (Botany 645)	11	42.5	2.3	30.9
Glass fibres -E	75	2.5	29.4	9.8
PET (HT)	56	7	13.2	22

نلاحظ من الجدول أن قيم الخصائص الميكانيكية لألياف الأغاف أمريكانا و سيزال تجعل منها مؤهلة كمصدر مهم لألياف النسيج.

2. هدف البحث : The Aim of Research

يهدف البحث إلى استخراج ألياف صبار سالميانا و دراسة خصائصه الفيزيائية والمورفولوجية والميكانيكية وبالتالي الوصول لنتيجة إمكانية استخدامه أم لا في الصناعات التقنية مثل استخدامه في Geotextile أو مثلاً المواد المستجدة Biodegradable .

3. مواد وطرق البحث:

1.3 المواد: Materials

صبار السالميانا *Salamiana agave*

هو نبات دائم الخضرة يتميز بأوراق خضراء داكنة كبيرة مع هوامش حادة، يزهر مرة واحدة كل 15-25 سنة.

هو نبات شديد التحمل للجفاف، حيث يتم ريه كل 2 إلى 3 أسابيع في الصيف حيث بدأت زراعته في حدائق و صحارى وسط أريزونا وكذلك وسط وجنوب المكسيك. بعدها تمت زراعته في الدول ذات الظروف المناخية للبحر الأبيض المتوسط مثل إسبانيا و شمال إفريقيا وكذلك سورية. يمكن الاستفادة من صبار السالميانا في :

- يستخدم النسغ المستخرج من برعم الأزهار في تخمير مشروب كحولي.
- تستخدم الأوراق المعمرة في صناعة الأريطة.
- تتكون الجذور من مادة الصابونين و هي بديل جيد للصابون.

2.3 طرق البحث:

1.2.3 استخراج الألياف :

تم البدء بالعمل على ثلاث أوراق من صبار سالميانا، بحيث قطعت كل ورقة إلى ثلاثة أجزاء متساوية وسميت كالتالي: الجزء القريب من الجذر B ، الجزء الأوسط M ، الجزء العلوي H.

تم استخراج ألياف كل جزء بشكل يدوي حتى الحصول على كمية تكفي لإجراء الاختبارات جميعها. كان الاستخراج سهلاً ولكن بقي القليل من المادة الخضراء (اللجنين) على الألياف لذلك تم التوجه للخطوة التالية وهي غسيل الألياف المستخرجة.



الشكل (3) : استخراج الألياف

2.2.3 غسل الألياف المستخرجة :

تم غسل الألياف بمياه مقطرة ومن ثم نقعها لمدة ساعتين، بعد ذلك تم سحب كل ليف لوحده حتى يتم فصل الألياف المتلصقة وكذلك إزالة بقايا اللجنين على الليف. جففت الألياف في هواء المخبر في الشروط النظامية (درجة حرارة 20 درجة سيلسيوس و 65 % رطوبة) وبذلك كانت الألياف جاهزة للاختبارات.



الشكل (4) : عينة ألياف مستخرجة من أغاف السالميانا

3.2.3 فحص الألياف باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح SEM :

يتميز المجهر الإلكتروني بقدرته التكبيرية العالية و ذلك لاستخدام إشعاع الكتروني مكون من حزمة الكترونات عالية الطاقة تصطدم عمودياً بسطح العينة المدروسة ومن ثم يتم جمع الإشارات المنعكسة عن العينة بواسطة كواشف.



الشكل (5) : المجهر الإلكتروني SEM

تم فحص عينات من الألياف مستخرجة من الأجزاء الثلاثة H،M،B بالمجهر الإلكتروني بتكبير 300× و 1000× سوف نوضح صور لليفين من كل جزء.

4.2.3 قياس قطر الألياف:

تم استخدام برنامج Image J لمعرفة أقطار 10 ألياف من كل جزء بعد قياسها على المجهر الإلكتروني حيث يعتبر هذا البرنامج من البرامج الهامة في تحليل ومعالجة الصور العلمية، حيث يمكن من خلاله حساب أبعاد ومسافات على الصورة وفقاً لمقياس رسم مناسب يعطي القيمة الحقيقية لهذا البعد وفقاً للوحدة المستخدمة. تم استخدامه لتحليل صور العينات المجهرية الناتجة.

5.2.3 قياس الخصائص الميكانيكية :

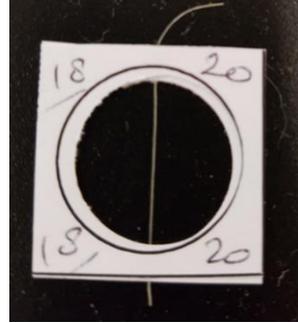
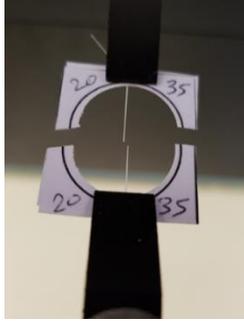
تم استخدام آلة الشد MTS المجهزة بحساس N10 لقياس الخصائص الميكانيكية للألياف المفردة المستخرجة بسرعة 10 mm/min.



الشكل (6) : آلة الشد MTS

بدايةً، لم تتمكن من تثبيت الألياف بشكل مباشر بين مقابض الجهاز، لذلك تم تصميم إطار من الكرتون وتثبيت الليف المقاس قطره سابقاً بداخله كما هو موضح في الشكل

(7)، ثم قص الجهة اليمنى واليسرى للإطار قبل البدء بالاختبار بعد تثبيته بين مقابض الجهاز.



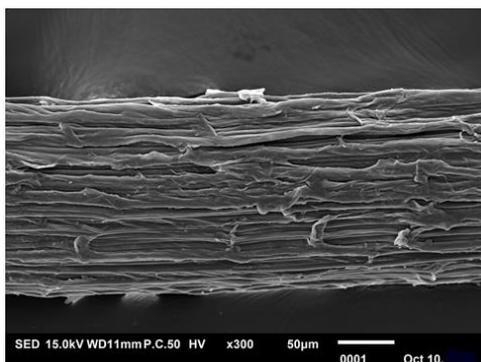
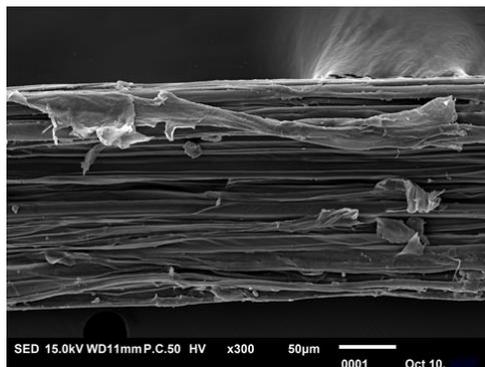
الشكل (7) : يوضح الليف داخل الإطار الشكل (8) : يوضح تقطع الخيط بين مقبضي الجهاز

تم إجراء الاختبار على 10 ألياف من كل جزء من أجزاء ورقة أغاف سالميانا.

4. النتائج ومناقشتها :

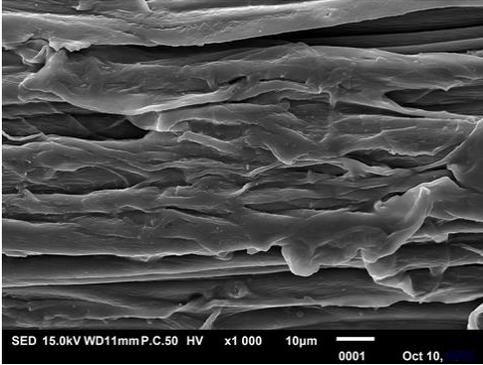
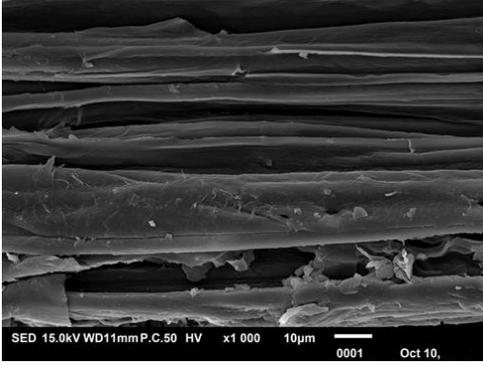
1.4 باستخدام المجهر الالكتروني الماسح تم الحصول على الصور التالية لكل جزء من الورقة:

1.1.4 صور الجزء السفلي B من أغاف سالميانا:



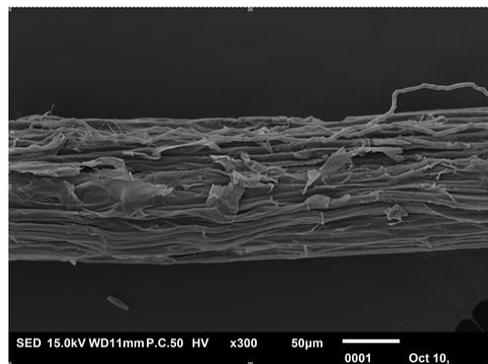
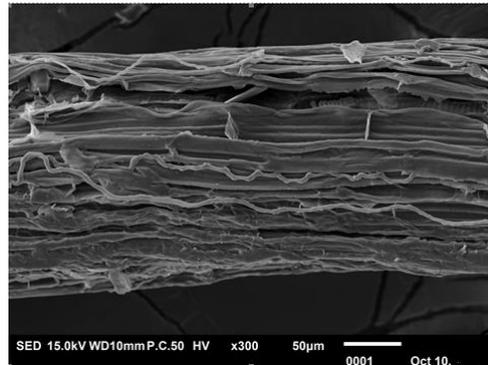
الشكل(9):الليف الأول من الجزء B بتكبير $\times 300$ الشكل(10):الليف الثاني من الجزء B بتكبير

$\times 300$

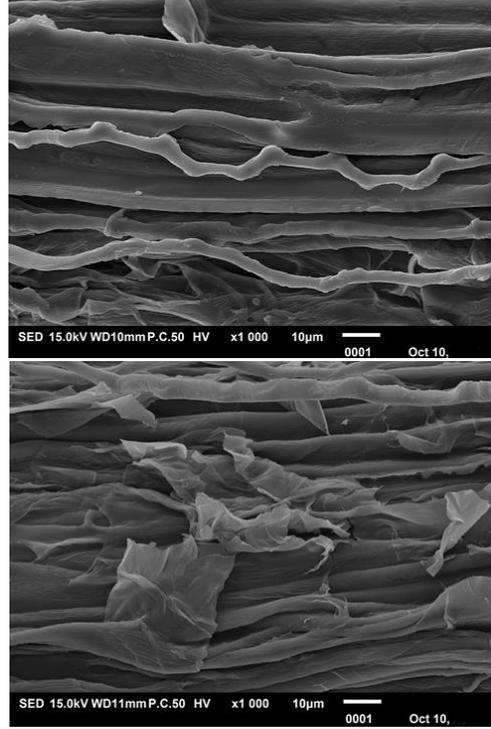


الشكل(11):الليف الأول من الجزء B بتكبير1000× الشكل(12):الليف الثاني من الجزء B بتكبير1000×

2.3.4 صور الجزء الأوسط M من أغاف سالميانا:

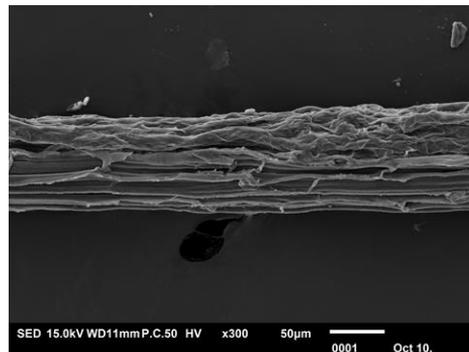
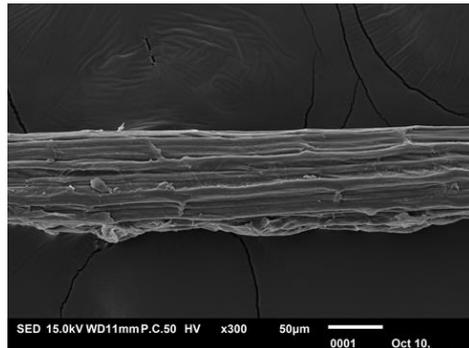


الشكل (13): الليف الأول من الجزء M بتكبير 300
الشكل (14): الليف الثاني من الجزء M بتكبير $\times 300$



الشكل(15):الليف الأول من الجزء M بتكبير $\times 1000$ الشكل(16):الليف الثاني من الجزء M بتكبير $\times 1000$

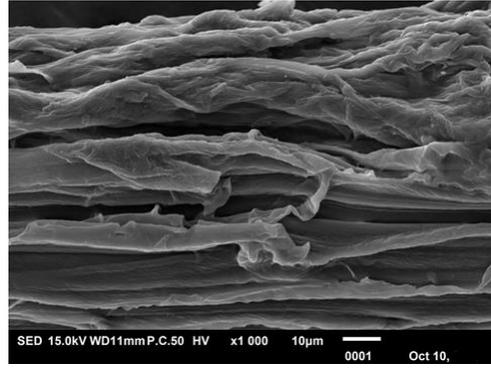
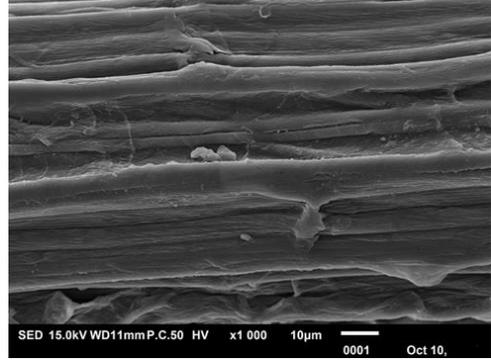
3.3.4 صور الجزء العلوي H من أغاف سالميانا:



الشكل(18):الليف الثاني من الجزء H بتكبير

الشكل(17):الليف الأول من الجزء H بتكبير $\times 300$

$\times 300$



الشكل (19): الليف الأول من الجزء H بتكبير $\times 1000$ الشكل (20): الليف الثاني من الجزء H بتكبير $\times 1000$

بملاحظة الأشكال السابقة من الشكل 9 إلى الشكل 20 أنه لا يوجد أي فارق مرئي ملحوظ بين الأجزاء الثلاثة لورقة أغاف السالميانا.

تظهر الألياف ناعمة ومفردة و لكن نلاحظ بقاء القليل من مادة اللجنين حول الليف ماعدا الجزء السفلي الذي كان نظيفاً تماماً كما هو واضح في الشكل 9. لذلك يتوجب علينا إيجاد طريقة أخرى لتنظيف الألياف بعد استخراجها.

2.4 قطر الألياف : تم قياس قطر الخيط ل 10 ألياف من كل جزء وكانت النتائج كالتالي بوحدة μm :

الجدول(2): متوسط أقطار ألياف الأجزاء الثلاثة

	الجزء السفلي B	الجزء الأوسط M	الجزء العلوي H
متوسط قطر الألياف	47,65	43,25	35,65
الانحراف المعياري	9,68	5,38	4,86
معامل الاختلاف CV%	20,32	12,45	13,65

من أجل معرفة فيما إذا كان هناك فرق واضح بين أقطار ألياف الأجزاء الثلاثة كان لابد من أن تجري اختبار إحصائي لمعرفة تجانس متوسط الأقطار لكامل الورقة.

تم استخدام قانون فيشر و الذي اعتبر القيمة الاحتمالية تساوي 0.05 أي تقريباً القيمة 1.65 كحد أقصى في الحكم على ما إذا كان الانحراف ذو أهمية أم لا [11].. يتم التحقق من خلال تطبيق القانون التالي :

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{\partial^2}{100}\right)_{x_1} + \left(\frac{\partial^2}{100}\right)_{x_2}}}$$

فإذا كانت $Z > 1.65$ نقول أن هنالك فرق واضح بين الأقطار.

الجدول (3) : دراسة إحصائية لمتوسط أقطار الألياف

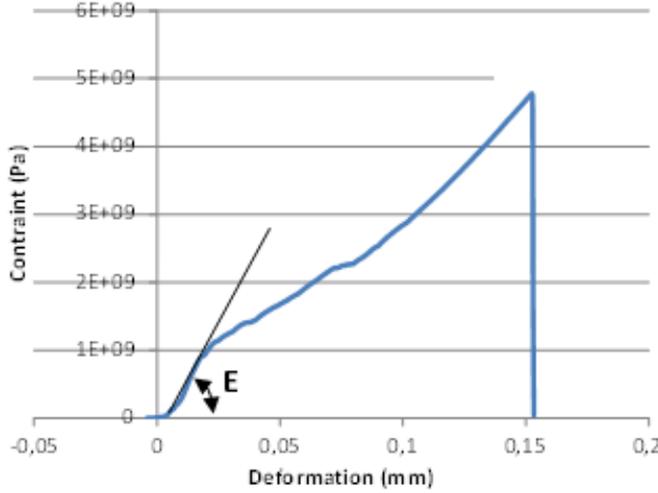
	x	6	6 ²	6 ² /100	6 x1-x2	z
B الجزء السفلي	47.65	9.68	93.79	0.94	1.11	7.84
M الجزء الأوسط	43.25	5.39	29.04	0.29	0.7	10.46
H الجزء العلوي	35.65	4.87	23.71	0.24	1.1	11.07

من الواضح أن هناك فرق واضح بين أقطار الألياف في الأجزاء الثلاثة و لذلك يتوجب خلط جميع الألياف مع بعضها البعض من الأجزاء الثلاثة في مرحلة الغزل.

3.4 الخصائص الميكانيكية :

أجرينا اختبار الشد على 10 ألياف لكل جزء من أغاف سالميانا على آلة الشد، حيث وضعنا كل خيط مفرد داخل إطار والذي تم قصه من الجهة اليمينية واليسارية قبل البدء بالاختبار.

نخضع العينة لشد أولي ومن ثم يبدأ الاختبار حتى القطع، نحصل على منحنى التشوه- الانفعال الموضح في الشكل (21) لكل عينة.



الشكل (21): منحنى التشوه

يوضح الشكل (21) سلوك الليف حتى الوصول للحظة التمزق، حيث نلاحظ من الشكل

قيمة الاستطالة حتى التمزق أعلى من معظم الألياف الطبيعية. [9]

من خلال هذه التجارب تم تحديد الخصائص الميكانيكية لألياف أغاف السالميانا من حيث قوة القطع، الاستطالة عند التمزق، معامل يونغ وكذلك المتانة. موضحة في

الجداول التالية :

1.3.4 الخصائص الميكانيكية للجزء السفلي B

الجدول (4) : الخصائص الميكانيكية للجزء السفلي

	قطر الليف μm	القطر Tex	قوة القمع CN	الاستطالة حتى القمع %	المتانة CN/TEX
المتوسط	42.80	2.09	338.71	26.44	211.72
الانحراف المعياري	12.17	1.20	108.96	10.81	148.39
معامل الاختلاف CV%	28.43	57.34	32.17	40.89	70.09

2.3.4 الخصائص الميكانيكية للجزء الأوسط M

الجدول (5) : الخصائص الميكانيكية للجزء الأوسط

	قطر الليف μm	القطر Tex	قوة القمع CN	الاستطالة حتى القمع %	المتانة CN/TEX
المتوسط	36.80	1.57	344.16	18.50	276.48
الانحراف المعياري	11.63	1.09	79.09	5.00	101.25
معامل الاختلاف CV%	31.59	69.22	22.98	27.04	36.62

3.3.4 الخصائص الميكانيكية للجزء العلوي H

الجدول (6) : الخصائص الميكانيكية للجزء العلوي

	قطر الليف μm	القطر Tex	قوة القمع CN	الاستطالة حتى القمع %	المتانة CN/TEX
المتوسط	50,00	3,00	401,48	16,91	174,21
الانحراف المعياري	18,43	2,21	155,32	5,03	80,69
معامل الاختلاف CV%	36,86	73,61	38,69	29,76	46,32

لمعرفة فيما اذا كان هناك فرق في الخصائص الميكانيكية بين الأجزاء الثلاثة M، B، H، نستخدم قانون Student Fisher.

حيث تكون Z الجزء السفلي : تحليل الفرق بين الجزء السفلي والجزء الأوسط، كذلك Z الجزء الأوسط: تحليل الفرق بين الجزء الأوسط والجزء العلوي، Z الجزء العلوي: تحليل الفرق بين الجزء العلوي والجزء السفلي.

تم تحليل الفرق بين الأجزاء الثلاثة بالنسبة لقوة القطع، الاستطالة حتى القطع و المتانة فكانت النتائج كالتالي:

الجدول (7) : دراسة إحصائية لقوة القطع

	x	6	6 ²	6 ² /100	6 X1-X2	Z
B الجزء السفلي	338.712	108.9623	11872.78	118.73	13.5	0.40
M الجزء الأوسط	344.16	79.08944	6255.14	62.55	10.9	1.234482
H الجزء العلوي	330.72	74.81896	5597.877	55.98	13.2	0.604646

الجدول (8) : دراسة إحصائية للاستطالة حتى القطع للأجزاء الثلاثة

	x	6	6 ²	6 ² /100	6 X1-X2	Z
B الجزء السفلي	26.44	10.81022	116.8608	1.17	1.2	6.67
M الجزء الأوسط	18.5	5.002083	25.02083	0.25	0.7	1.534306
H الجزء العلوي	17.5	4.178317	17.45833	0.17	1.2	7.713803

الجدول (9) : دراسة إحصائية لمتانة الألياف للأجزاء الثلاثة

	x	6	6 ²	6 ² /100	6 X1-X2	Z
B الجزء السفلي	211.7161	148.3913	22019.97	220.20	18.0	3.61
M الجزء الأوسط	276.4791	101.2485	10251.27	102.51	18.9	3.432822
H الجزء العلوي	347.8037	159.1873	25340.59	253.41	21.8	6.25331

يظهر الجدول أنه لا يوجد فرق بين أجزاء الورقة بالنسبة لقوة القطع بينما يظهر الجدولين فرق واضح بين أجزاء الورقة من حيث الاستطالة عند القطع والمثانة. نستنتج أنه يجب خلط جميع ألياف الورقة مع بعضها البعض في مرحلة الغزل.

5 الاستنتاجات والمقترحات:

1.5 الاستنتاجات:

أظهرت الخصائص الميكانيكية لعينة الألياف المستخرجة من نبات الأعاف المتواجد بكثرة في سوريا، إمكانية استخدامها لخصائصها المميزة مقارنة بباقي الألياف.

• بلغ قطر الليف وسطياً حوالي 40 μm وهي قيمة قريبة من قطر ليف الكتان (

μm (80-18

• بلغت قيمة مثانة هذه الألياف 276 Cn/tex لألياف الجزء الأوسط وتعتبر هذه

القيمة عالية مقارنة مع مثانة باقي الألياف الطبيعية، الجدول (2).

• أظهرت الاستطالة عند التمزق لألياف السالميانا قيمة مرتفعة مقارنةً بالألياف

الطبيعية الأخرى وتميزت بمثانة عالية.

• من الناحية المورفولوجية ظهرت ألياف السالميانا بمقطع منتظم ناعم خالي من

الفراغات.

وبالتالي يوجد إمكانية لاستخدام ألياف سالميانا في مجال الغزل والنسيج.

2.5 المقترحات :

- 1 استخراج الألياف بطرق أخرى مثل الطريقة الميكانيكية أو الأنزيمية لتقليل كمية اللجنين المتبقية على الألياف المستخرجة.
- 2 دراسة الخصائص الميكانيكية لأنواع أخرى من الأغاف وإجراء المقارنة بينها.
- 3 دراسة إمكانية استخدام ألياف الأغاف في المواد المركبة والأقمشة غير المنسوجة.
- 4 دراسة إمكانية استخدام ليف الأغاف في صناعة الحرير الصناعي.

6 المراجع العلمية

1. HAMOUD M., 2020–Fibres Science. Al Baath University, Syria, pp: 41–161.
2. CHAABOUNI Y., DREAN J–Y., MSAHLI S. and SAKLI F., 2006 –Morphological Characterization of Individual Fiber of Agave Americana L. Textile Research Journal, 76, (5): 367–374.
3. GUENDO L., FLORE Z., April 2001–Europeenne, agave Americana Fibre, Hachette, article, Paris, pp: 914–918.
4. ENGELMANN G., RODRIGUEZ E., 2018– Cactus Plant, (Family Cactaceae). United States, pp: 127.
5. CHATTOPADHYAY D.P., KHAN J.S.2012–Agave Americana: A New Source of Textile Fibre. united states,pp:33–36.
6. GENTRY H., 2008–The Agave Family. University of Texas, United States, PP: 55–56.
7. NAVA N., July 2014–Agave biotechnology. United State, PP: 3–13.
8. ALLISON A., 2014– The Definition of Agave Fiber. New–Delhi, PP: 3–4.
9. BEN BRAHIM S., 1998– Elaboration d'un Matériau

Composite à base de Fibres d'Agave, Tunis : ENIT.

10. ORTEGA Z., CASTELLANO J., and SUAREZ L., 2019–
Characterization of Agave Americana L. Plant as
Potential Source of Fibers for composites Obtaining,
Switzerland, Springer Natural Journal.
11. CARBON M., 2015–STT-2300, Analyse de la Variance,
Laval university.

