

قسم: الكيمياء
فرع: كيمياء المحيط

كلية العلوم
رقم: 2024/.....

مذكرة لنيل شهادة الماستر أكاديمي

تحت عنوان

تحضير مواد مركبة إنطلاقا من ألياف نباتية
وبقايا زجاجية
لمصنع مغرب بايب MPI بالمسيلة

اعداد الطالبين: - زموري عمار
- علي عمر

لجنة المناقشة:

رئيسا	جامعة المسيلة	الأستاذ: خنيش عبد الحكيم
مشرفا	جامعة المسيلة	الأستاذ: العايب النوري
ممتحنا	جامعة المسيلة	الأستاذ: جريو عمار
مدعوا	مصنع مغرب بايب	المهندس: ولد السهلي سفيان

السنة الجامعية: 2024/ 2023

الفهرس

الصفحة

1	..... مقدمة
	الفصل الأول: الألياف النباتية
3	..... تمهيد
3	..... I. 1. تعريف الألياف النباتية.
3	..... I. 2. تواجد الألياف.....
4	..... I. 3. تصنيف الألياف النباتية.....
5	..... I. 4. خصائص الألياف النباتية
5	..... I. 4. 1. البنية الفيزيائية
6	..... I. 4. 2. البنية الكيميائية.....
7	..... I. 5. مكونات الألياف النباتية.....
7	..... I. 5. 1. السليلوز
8	..... I. 5. 2. الهيميسليلوز.....
9	..... I. 5. 3. اللجنين.....
10	..... I. 5. 4. البكتينات.....
11	..... I. 5. 5. المواد غير العضوية.....
12	..... I. 5. 6. الشموع.....
12	..... I. 6. الخصائص الميكانيكية للألياف النباتية.....
14	..... I. 7. المقارنة بين الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية والاصطناعية
	الفصل الثاني: الليفا والمواد المركبة
15	..... تمهيد
15	..... II. 1. نبات الليفا.....
16	..... II. 2. التسمية والتصنيف النباتي
16	..... II. 3. خصائص ومجال استعمال ألياف الليفا.....
17	..... II. 4. المواد المركبة.....
17	..... II. 5. مكونات المواد المركبة.....

17	..... (Renfort) 1.5. II التعزيز
18	..... 2.5. II المصفوفة
19	..... 6. II أنواع المصفوفات
19	..... Thermoplastique 1.6. II الراتنجات المتلدنة حراريا
20	..... Thermodurcissable 2.6. II الراتنجات المتصلبة حراريا
21	..... 1.2.6. II راتنجات البولي أستر غير المشبع
23	..... 2.2.6. II خصائص راتنجات البولي أستر غير المشبع
25	..... 7. II تصنيف المواد المركبة
25	..... 1.7. II حسب نوع المصفوفة
25	..... 2.7. II حسب هندسة التعزيز

الفصل الثالث: الأدوات والأجهزة المستعملة

30	..... تمهيد
30	..... 1. III مصنع مغرب بايب أندستري
30	..... 1. 1. III موقع مصنع مغرب بايب أندستري MPI
30	..... 2.1. III التعريف بمصنع مغرب بايب أندستري MPI
32	..... 3.1. III المواد الأولية المستعملة في مصنع مغرب بايب MPI
32	..... 2. III معالجة الألياف
32	..... 1.2. III المعالجة الميكانيكية للألياف
33	..... 2.2. III المعالجة الكيميائية للألياف
34	..... 1.2.2. III المعالجة القلوية
34	..... 2.2.2. III تحضير أوراق التقوية Mats
35	..... 3. III تحضير المواد المركبة
39	..... 4. III الاجهزة المستعملة والاختبارات
39	..... 1.4. III جهاز اختبار الشد traction
40	..... 2.4. III اختبار الثني flexion
41	..... 3.4. III جهاز الأشعة تحت الحمراء FTIR
42	..... 4.4. III جهاز الطحن

43	.....III.5.4. الاختبار بجهاز حيود الأشعة السينية DRX....
44	.....III.6.4.المواد المستعملة.....
الفصل الرابع : مناقشة النتائج	
47	.....تمهيد.....
47	.....IV.1. اختبار الأشعة تحت الحمراء.....
53	.....IV.2. التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية DRX... ..
56	.....IV.3. التحليل الميكانيكي.....
56	.....IV.1.3. اختبار الشد Traction.....
60	.....IV.2.3. اختبار الثني flexion.....

خاتمة.

الاختصارات

إجهاد القطع	σ_r
معامل يونغ	E
حمض ايتيلين ديامين تترأ أسيتيك	EDTA
الكتلة الحجمية	g/cm^3
وحدة قياس الإجهاد	GPa-MPa
راتنج بولي استر غير مشبع	UP
مواد مركبة ذات مصفوفة عضوية	CMO
مواد مركبة ذات مصفوفة معدنية	CMM
مواد مركبة ذات مصفوفة خزفية	CMC
مغرب بايب اندستري	MPI
ليفيا غير معالجة	ULF
ليفيا معالجة تركيز المحلول 1% مدة 4 ساعات	LFTA14
ليفيا معالجة تركيز المحلول 3% مدة 4 ساعات	LFTA34
ليفيا معالجة تركيز المحلول 6% مدة 4 ساعات	LFTA64
ليفيا معالجة تركيز المحلول 9% مدة 4 ساعات	LFTA94
ليفيا معالجة تركيز المحلول 12% مدة 4 ساعات	LFTA124
ليفيا	L
ليفيا قطع	DL
ليفيا+بقايا زجاجية المصنع	L-DU

ليفا قطع+بقايا زجاجية المصنع	DL-DU
معامل التبلور	CrI%
الطول النهائي	Lf
الطول الأصلي	L0
القوة المطبقة	F
مساحة مقطع عينة المادة المركبة	S0
عرض العينة	w
سمك عينة الاختبار	h
هي المسافة بين الدعامات	L

قائمة الجداول

الصفحة

11	الجدول (1-1) المكونات الكيميائية لبعض الألياف النباتية.....
13	الجدول (2-1) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية.....
14	الجدول (3-1) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية والاصطناعية...
16	جدول (4-2) تصنيف نبات الليف.....
20	الجدول (5-2) خصائص الراتنجات المتلدنة حراريا.....
21	الجدول (6-2) خصائص الراتنجات المتصلبة حراريا.....
22	الجدول (7-2) مقارنة بين الراتنجات المتلدنة حراريا والمتصلبة حراريا.....
23	الجدول (8-2) المقاومة الكيميائية لراتنجات البولي أستر.....
24	الجدول (9-2) الخصائص المتوسطة للمكونات المستعملة في راتنجات متصلبة حراريا
24	الجدول (10-2) مميزات وسلبيات راتنج متعدد الأستر.....
37	جدول (11-3) عينات ليفا لصنع قوالب L.....
38	جدول (12-3) عينات ليفا لصنع قوالب (DL).....
38	جدول (13-3) عينات ليفا لصنع قوالب (L)-DU.....
39	جدول (14-3) عينات ليفا لصنع قوالب (DL)-DU.....
51	جدول (15-4) تفسير منحنيات طيف الاشعة تحت الحمراء للعينات.....
52	جدول (16-4) اهتزاز المجموعات الوظيفية المميزة للألياف النباتية.....
55	الجدول (17-4) قيم درجة التبلور لكل عينة.....
59	الجدول (18-4) قيم معامل يونغ للعينات (L) و (DL).....

قائمة الاشكال

الصفحة

- 4 (1-1) الإنتاج العالمي للألياف النباتية (عدا القطن و الخشب) 2001-2008.....
- 4 الشكل (2-1) أنواع الألياف النباتية المختلفة.....
- 5 الشكل (3-1) مخطط لبنية مجهرية.....
- 7 الشكل (4-1) بنية الليفات الدقيقة المكونة لليف السيليلوز.....
- 8 الشكل (5-1) البنية الجزئية للسيليلوز.....
- 8 الشكل (6-1) الروابط الهيدروجينية داخل وبين الجزئيات في ليف السيليلوز.....
- 9 الشكل (7-1) بنية الهيميسيلولوز.....
- 10 الشكل (8-1) مخطط تمثيلي للجنين.....
- 10 الشكل (9-1) البنى المكونة للجنين.....
- 11 الشكل (10-1) بنية سلسلة من البكتين (حمض البولي جالاكترونيك).....
- 15 الشكل (11-2) تطور نبات الليف.....
- 17 الشكل (12-2) مكونات المادة المركبة.....
- 18 الشكل (13-2) هيكل تصنيف مواد التعزيز.....
- 19 الشكل (14-2) مخطط لأنواع المصفوفات.....
- 25 الشكل (15-2) اتجاهات الالياف في التعزيز.....
- 30 الشكل (16-3) موقع مصنع انايب المغرب.....
- 31 الشكل (17-3) الأنايب المنتجة في المصنع.....
- 33 الشكل (18-3) الالياف بعد المعالجة الميكانيكية.....

34	الشكل(3-19) الغمر الكلي لألياف الليفا في محلول هيدروكسيد الصوديوم.....
34	الشكل(3-20) الليفا بعد المعالجة الكيميائية والتجفيف.....
35	الشكل(3-21) جهاز ضغط هيدروليكي لضغط قطع الليفا.....
36	الشكل(3-22) القالب المستعمل في تحضير العينات.....
39	الشكل (3-23) يوضح كيفية ترميز العينات وأخذ القياسات.....
40	الشكل(3-24)جهاز اختبار الشد.....
41	الشكل (3-25) جهاز اختبار الثني.....
42	الشكل (3-26) جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء.....
43	الشكل(3-27) جهاز الطحن.....
43	الشكل (3-28) جهاز حيود الاشعة السينية.....
44	الشكل (3-29) مبدأ قانون براج.....
45	الشكل(3-30) المادة البلورية لهيدروكسيد الصوديوم (NaOH).....
45	الشكل(3-31)علبة حمض الأسيتيك(حمض الخل).....
46	الشكل(3-32) جزيء الفينول فيتالين والتحول اللوني.....
47	الشكل(4-33) منحني تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة ULF.....
48	الشكل(4-34) منحني تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA14..
48	الشكل(4-35) منحني تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA34..
49	الشكل(4-36) منحني تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA64..
50	الشكل(4-37) منحني تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينةLFTA94..
50	الشكل(4-38) منحني تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA124..
53	الشكل (4-39)طيف الاشعة السينية للياف العينة ULF.....

53	.....الشكل(4-40) طيف الاشعة السينية لالياف العينة LFTA14
54	.....الشكل (4-41)طيف الاشعة السينية لالياف العينة LFTA34
55	.....الشكل(4-42)طيف الاشعة السينية لالياف العينة LFTA64
55	.....الشكل (4-43) طيف الاشعة السينية لالياف LFTA94
56	.....الشكل (4-44) طيف الاشعة السينية لالياف LFTA124
57	.....الشكل(4-45) اختبار الشد للعينة (L)
57	.....الشكل (4-46) اختبار الشد للعينة DL
58	.....الشكل (4-47) اختبار الشد للعينة L- DU
58	.....الشكل (4-48) اختبار الشد للعينة LFTA (DL)-DU
61	.....الشكل(4-49) اختبار الثني للعينة (L)
61	.....الشكل (4-50) اختبار الثني للعينة DL
62	.....الشكل (4-51) اختبار الثني للعينة L- DU
62	.....الشكل (4-52) اختبار الثني للعينة (DL)-DU

تشكرات

اولا الشكر اجزله لله سبحانه وتعالى ومن بعده للوالدين الكريمين
حفظهما الله ورعاهما ومن بعده نزجي الشكر

للأستاذ : العايب النوري

الذي اشرف على هذا البحث توجيهها وارشادا وتصحيحا كما نخص
بالشكر تلك الأنوار التي سمحت لنا باكمال هذا الطور الدراسي
واضاءت لنا الطريق

اساتذتنا الأجلاء بقسم الكيمياء وادارته

نتقدم بالشكر والتقدير والأمنيات

كما نتقدم بالشكر الجزيل للمهندس :ولد السهلي سفيان مسؤول
مخبر مصنع مغرب بايب على ماقدمه لنا من مساعدات طيلة فترة
التربص وكذا مسؤولوا المصنع وعماله

الى رفقاء الدرب والقلم في ساحات العلم والمعرفة اعانكم الله
ووفقكم لمزيد من النجاح والتوفيق

الألياف النباتية عرفها الإنسان منذ آلاف السنين واستعملها كثيرا في عدة مجالات تقليدية وصناعية وطبية وغيرها، وبدأ الإهتمام في الآونة الأخيرة بمجال الألياف الطبيعية (Natural Fibers) والتركيز على البحوث التي تهتم باستخدام هذه الألياف لتقوية البوليمرات وجذب انظار الباحثين اليها حيث أن استخدامها يفتح افاق جديدة لتوسيع التطبيقات الهندسية ولما تتمتع به من خواص جيدة مثل خفة الوزن الكثافة القليلة [1]، غير سامة، مصادر متجددة [2]، وتوفرها بالإضافة الى كلفتها المنخفضة [3]، ونظرا لما لها من مميزات بدأ استخدام الألياف الطبيعية في تقوية البوليمرات، وبدأ مصطلح المواد المركبة المقواة بالألياف الطبيعية يأخذ دوره و ينتشر تدريجيا وبشكل واضح وبأشكال مقاطع الألياف المختلفة للمادة المتراكبة ذات الاساس البوليمري المقواة بالألياف الطبيعية تستخدم في مجالات كثيرة وواسعة مثل استخدامها في تطبيقات الهندسية المدنية كما في الأبراج وتستخدم في صناعة السيارات [4].

ان بحثنا يهدف إلى استخدام ألياف طبيعية بدلاً من الألياف الصناعية لتقوية البوليمرات لإنتاج مادة متراكبة ذات أساس بولي استر مقوى بألياف الليفنا، حيث تم إجراء المعالجة الكيميائية لألياف الليفنا بمحاليل مختلفة التركيز لهيدركسيد الصوديوم، وتعديلها بحمض الأستيك قصد تحسين كفاءتها بزيادة عملية الإلتصاق ليتم تخفيفها لمدة 48 ساعة، حيث خضعت بعدها لمعالجة ميكانيكية بضغطها على شكل صفائح باستخدام جهاز الضغط على مستوى مخبر الهندسة الميكانيكية، بعد تعديلها أخذت بقايا من كل عينة لسحقها بجهاز الطحن من اجل الخضوع لإختباري الأشعة تحت الحمراء IRTF، وحيود الأشعة السينية DRX، ليأتي بعدها تحضير مركبات البولي أستر المقواة بألياف الليفنا وبقايا الليفنا والنفايات الزجاجية للمصنع لإجراء اختبارات الثني ذو ثلاث نقاط واختبار الشد بمخبر مصنع مغرب بايب المتواجد بالمنطقة الصناعية لولاية المسيلة.

تم تقسيم هذ البحث إلى أربعة فصول وهي :

— الفصل الأول : دراسة نظرية للألياف النباتية

— الفصل الثاني: الليفنا المواد المركبة

— الفصل الثالث : الأدوات والأجهزة المستعملة

— الفصل الرابع : مناقشة النتائج

خاتمة

الفصل الأول

الألياف النباتية

تمهيد

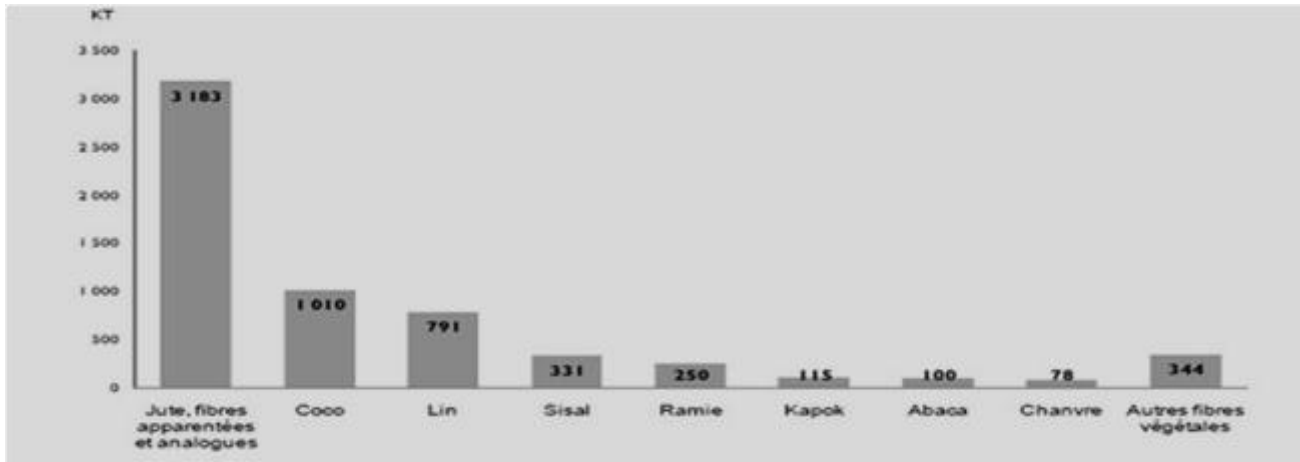
ازداد الاهتمام في الآونة الأخيرة بالألياف النباتية وذلك لاستعمالها الواسع في المجالات الصناعية ولتمتعها بخصائص فيزيائية وميكانيكية عالية من صلابة مثل :خفة الوزن، قلة التكلفة وتحللها البيولوجي السهل وكذا إعادة تدويرها، وقلة انبعاثاتها للغازات السامة فهي صديقة للبيئة ويمكن استخدامها كبديل للألياف الصناعية [2]، وفي هذا الفصل سنتطرق بالتفصيل إلى الألياف الطبيعية من حيث التصنيف، البنية والمكونات الكيميائية لها بهدف فهم ودراسة التأثيرات المتبادلة بين هذه الألياف التي تستعمل كمواد تقوية للبوليميرات والمصفوفة المستعملة في تحضير المواد المركبة.

I. 1. تعريف الألياف النباتية

الألياف النباتية مصطلح يطلق على المواد التي تكون على شكل خيوط طويلة ذات اقطار صغيرة جدا [5]، وهي عبارة عن تركيب بيولوجي ليفي يتكون من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين وكمية منخفضة نسبياً من المستخلصات والبروتين الخام ، والدهون ، والمعادن [6]، كما تتغير نسب هذه المكونات وذلك حسب نوعية وعمر النباتات والمنطقة [7][8].

I. 2. تواجد الألياف

يقدر الإنتاج العالمي السنوي للألياف النباتية حوالي 2600 kt (عدا القطن و الخشب) وذلك خلال السنوات 2001-2008، حيث تمثل ألياف الجيت (jute) نصف الإنتاج العالمي من الألياف النباتية، كما أن مصانع هذه الأخيرة توظف بصفة مباشرة وغير مباشرة حوالي 11 مليون شخص عبر العالم، بعدها يأتي تصنيف ألياف جوز الهند، وألياف الكتان في المستوى الثاني والثالث على الترتيب بمعدل (13.16 %) من الإنتاج العالمي [5].

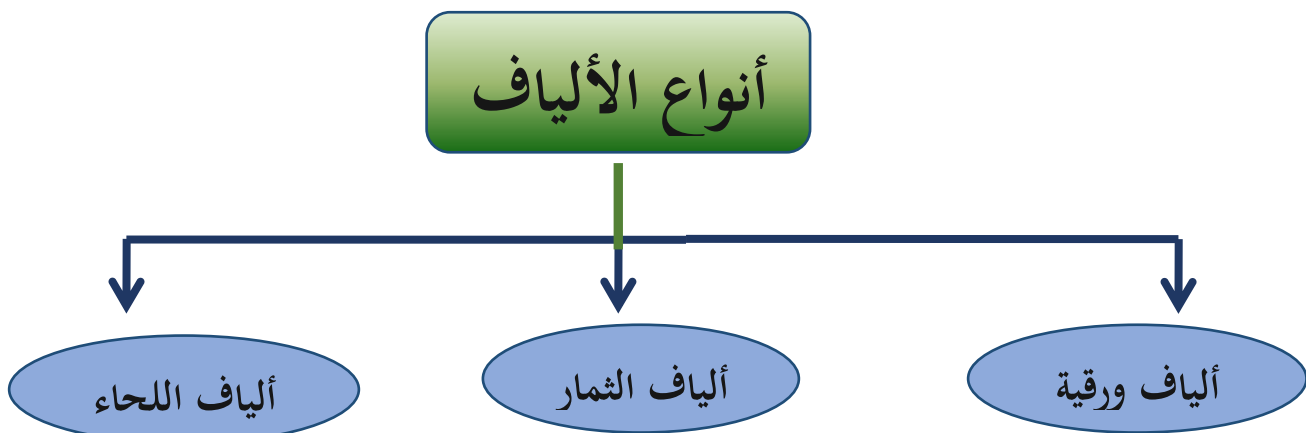


الشكل (1-1) الإنتاج العالمي للألياف النباتية (عدا القطن و الخشب) 2001-2008 [5].

3.I. تصنيف الألياف النباتية

تصنف الألياف النباتية من خلال معايير متعددة نذكر منها ما يلي:

- وفقاً لمصدر النبات، حيث يمكن أن تصنف الألياف إلى ألياف من القصبان الليفية مثل الجوت والكتان والرامي والياف ورقية مثل السيزال والقنب.
- اعتماداً على مكوناتها من السليلوز والهيميسليلوز واللجنين والبكتين والتي يمكن أن تكون لينة أو متصلبة.
- اعتماداً على طولها، وفي هذه الحالة يمكن تصنيف ألياف النبات إلى فئتين: ألياف طويلة، مثل ألياف اللحاء التي تأتي من سيقان ولحاء النباتات السنوية [6].

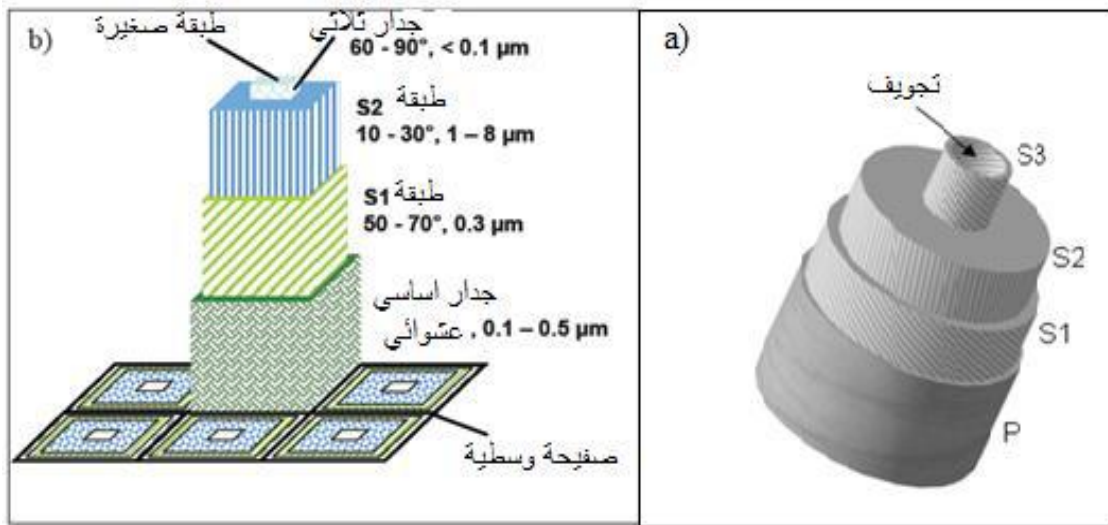


الشكل (1-2) أنواع الألياف النباتية المختلفة [9].

4.I خصائص الألياف النباتية

1.4.I. البنية الفيزيائية.

تعتبر الألياف النباتية مادة متعددة الطبقات مكونة من جدران اسطوانية متحدة المركز، وهي التي تشكل الألياف وذلك كما هو موضح في الشكل (1-3) وفي الوسط توجد الألياف الابتدائية، كما أن هناك تجويف يحتوي على نواة الخلية والسيتوبلازم، ويتم استخدام حجم التجويف لتحديد نوعية ودرجة نضج الألياف [6].



الشكل (1-3) مخطط لبنية مجهرية ل: (a) ليف من القطن (b): ألياف الخشب [6] [5].

أما الجدار الذي هو الغلاف النباتي فإنه يتكون أساساً من جزئين: الجدران الخلوية الأولية (P) والثانوية (S).

- الجزء الأول ويسمى الأولي (P)، فهو يلعب دور لاصق حيث يقوم بتلحيم الألياف بعضها ببعض، ويكون نسبياً ذو سمك رقيق ($0,1-0,5\mu\text{m}$) يتكون هذا الجدار الخلوي الأولي أساساً من البكتين، اللجنين، ومركبات كيميائية مختلفة.

- الجزء الثاني ويسمى الجدار الثانوي ويتكون من ثلاث طبقات (S1)، (S2)، (S3) وتشكل الغالبية العظمى من حجم الليف، ويتألف من ليفيات مجهرية، اللجنين والهيميسيلولوز، كما أن الليفيات المجهرية للسيلولوز لديها بني جد متبلورة وعالية التوجه وتتجمع في حزم من الليفيات متماثلة [10].

إن الليفيات المجهرية لديها ترتيب حلزوني، كما أن الزاوية التي بين الليفيات والمحور الطولي هي من بين العوامل الأكثر تحديدا للخصائص الميكانيكية للألياف النباتية، لقد قام أحد الباحثين وهو الحسيني [6]، بتسليط الضوء على تأثير زاوية الليفيات المجهرية على خصائص الشد لألياف الخشب، وتوصل إلا أنه من أجل زوايا تتراوح بين 1° إلى 46° فإن إجهادات القطع (σ_r) ومعامل المرونة (E) يتناقضان. وكلما كانت الزاوية ضعيفة كلما كانت الخصائص الميكانيكية أفضل.

2.4.I. البنية الكيميائية

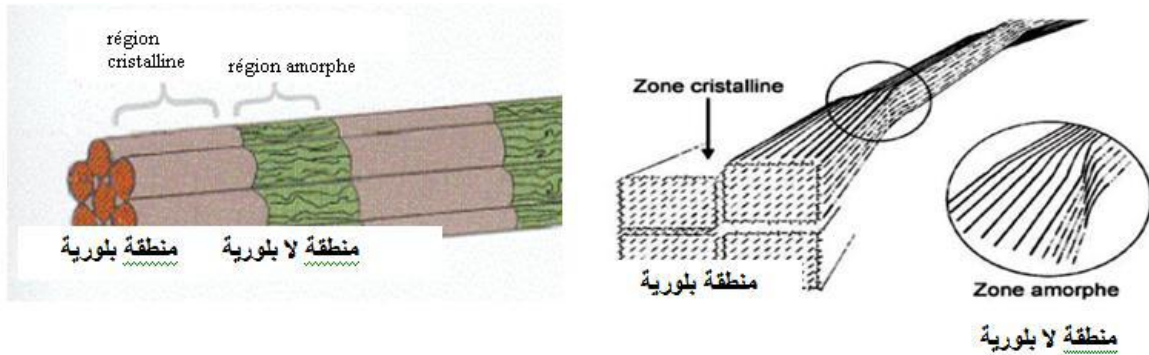
يعتبر التركيب الكيميائي للألياف النباتية مهما لاستخدامها في تحضير المركبات، وتتميز الألياف النباتية من خلال التركيبة الكيميائية، والتي تؤثر بشكل كبير في متانتها وخاصة في الأوساط القلوية ويتكون التركيب الكيميائي للألياف النباتية من ثلاثة عناصر رئيسية وهي: السليلوز، الهيميسيلولوز واللجنين، وهناك أيضا نسبة صغيرة من المواد القابلة للاستخلاص بالمذيبات العضوية، والبروتينات والنشا، وبعض المنتجات غير العضوية.

إن نسبة الهولوسيليلوز (المكون من السليلوز والهيميسيلولوز) ونسبة اللجنين، تتغيران حسب طبيعة ومصدر هذه الألياف، كما أن مكونات الألياف تتعلق بشروط النمو وعمر النبات، والظروف المناخية وطبيعتها، وبصفة عامة ومن خلال الجدول (1-1) الذي يلخص المكونات الكيميائية للألياف النباتية الأكثر استعمالا، فإنه يمكن القول بأن الكمية الغالبة تقريبا هي للسيليلوز بنسبة تتراوح بين 30-40% وقد تكون أكبر في بعض الأحيان كما هو الحال في القطن. نسبة اللجنين تتراوح ما بين 10-30% وقد تتغير حسب نوع النبات، و20-30% نسبة الهيميسيليلوز، هذين المكونين الأخيرين اللذين هما بوليميرين غير متجانسين (hétéropolymères) يشكلان كميات متغيرة كثيرا، وذلك حسب نوع النبات [6]، كما أن الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للألياف الطبيعية تتعلق أيضا بالمكونات الثلاثة السليلوز، والهيميسيليلوز، واللجنين، وهي تتغير بصورة معتبرة، هذه الخصائص تكون محددة بالتركيبة الكيميائية والبنية التي تتعلق بالمصدر الذي تستخلص منه الألياف (الأوراق، البذور أو السيقان) [10].

السيليلوز عموما يشكل المكون الأساسي في الألياف، كما أن له البنية الأبسط في مكونات الجدار الخلوي، وبسبب بساطة السلسلة السيليلوزية (عدم وجود أي تفرع حجمي أو معقد) فإن لماكروجزئيات تتراص بسهولة مكونة مناطق بلورية، إن السيليلوز يساهم في قوة وصلابة الليف بسبب

السلاسل الموجهة بشدة، الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية تتعلق كذلك بنوع السيليلوز، حيث أن كل نوع له بنية هندسية خاصة، والشروط الهندسية تحدد أيضا هذه الخصائص [5]، إذا كان من الممكن أن نعتبر السيليلوز كعامل تقوية (عامل هيكلية)، فإنه عند ذلك يمكن للهيميسيليلوز واللجنين أن يلعبا دور مادة رابطة، أما الهيميسيليلوز فيتكون من مونو سكاريدات وأحماض السكر، وكتلته المولية أقل بكثير من كتلة السيليلوز والبعض من هذه الجزئيات يكون متشعبا، مما يجعل تكوين الشكل البلوري أمرا صعبا، كنتيجة لهذا فإن البوليمير يكون في الهيميسيليلوز من نوع لابلوري، يتميز الهيميسيليلوز بأنه محب للرطوبة ويلتصق بمساحة السيليلوز عبر روابط هيدروجينية، كما أن له روابط قوية مع اللجنين، ويعتبر الهيميسيليلوز هو المسؤول عن التحلل العضوي وامتصاص الرطوبة كما أنه من السهل التحلل حراريا.

بالنسبة للجنين فهو جزيء معقد ثلاثي الأبعاد غير بلوري، ويتكون من مجموعات فينيلية، تركيبها الكيميائية غير معروفة بشكل جيد، يمتاز اللجنين بأنه كاره للرطوبة ويضفي صلابة على خلية الليف النباتي المعبأة في مناطق بلورية، كما أنه مستقر حراريا إلا أنه يتحلل تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية [7].



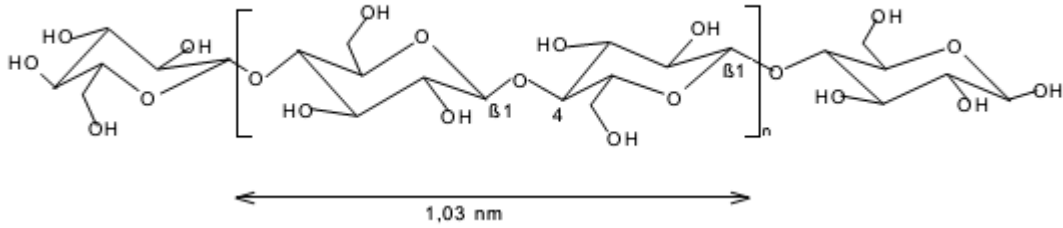
الشكل (1-4) بنية الليفات الدقيقة المكونة للليف السيليلوز [5][10].

5.I مكونات الألياف النباتية

1.5.I السيليلوز

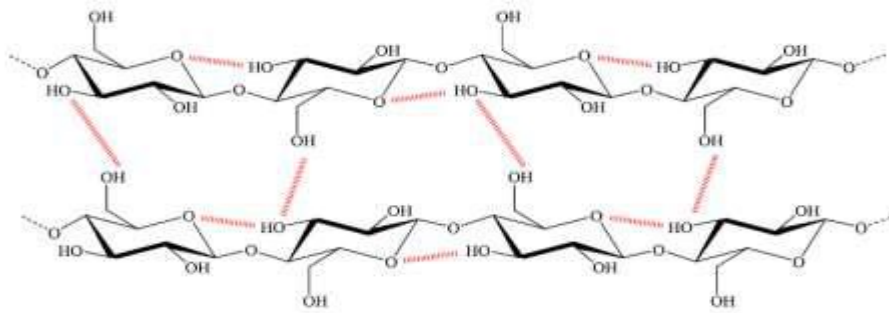
السيليلوز هو بوليمير من عائلة البولي سكاريدات، يمثل الجزيء العضوي الأكثر تواجدا على كوكبنا، يشكل السيليلوز العنصر البنيوي من الدرجة الأولى بالنسبة للغالبية العظمى لجدران الخلايا النباتية، كما أنه هو المكون الرئيسي للخشب، والمكون الرئيسي للقطن، وألياف نسيجية أخرى مثل الكتان والقنب والجوت [6].

يعتبر السليلوز من البوليميرات التي تنتمي لعائلة الهيدروكربونات وتتكون من سلسلة من مونوميرات الكولوبوز التي تتشكل من جزئين من β جليكوز، طول المونومير حوالي $10,3 \text{ \AA}$ كما يحتوي على هيدروكسيدات حرة (OH) في المواضع 2، 3 و 6 من ذرات الكربون الموجودة في السلسلة الكربونية، رابطة (1-4) β كما أنه يتميز بالتشكيل الكرسي لضمان قدر أكبر من الاستقرار، أما بالنسبة للمجموعات الموجودة في نهاية السليلوز فهي وظائف الكحول والألدهيد.



الشكل (5-1) البنية الجزئية للسليلوز.

التشكيل الحلقي هو C14، وهو ما يعني أن المجموعات الوظيفية $-\text{CH}_2\text{OH}$ ، $-\text{OH}$ وكذلك الرابطة الغليكوزيدية كلها في موضع إستوائي بالنسبة للمستوى الوسطي للحلقة، السلسلة المجهرية لجزئيات السليلوز هي خطية وتكون روابط هيدروجينية داخل وبين الجزئيات مؤدية بذلك إلى تشكيل ليفيات مجهرية الشكل (6-1).

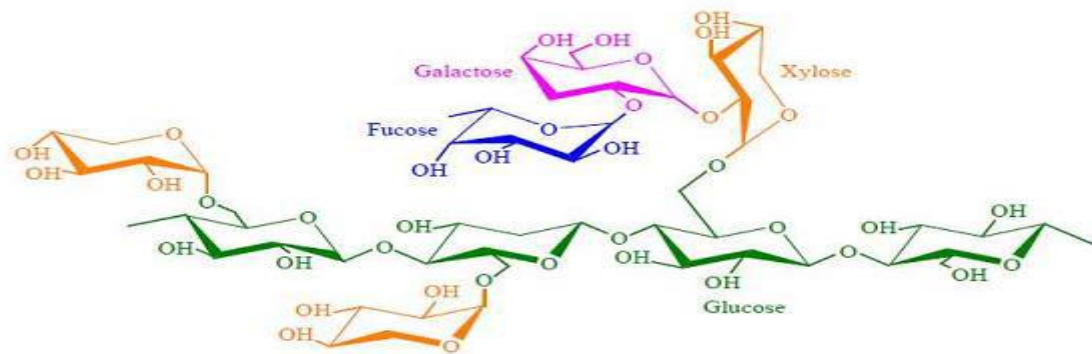


الشكل (6-1) الروابط الهيدروجينية داخل وبين الجزئيات في ليف السليلوز.

2.5.I. الهيميسيليلوز

الهيميسيليلوز ليس له شكل السليلوز، يضم مجموعة من متعدد السكاريدات، تتكون من ارتباط مجموعة من الحلقات ذات 5 و 6 من ذرات الكربون، كما يوضحه الشكل (7-1)، يشكل الهيميسيلولوز المصفوفة الحاملة للليفات السليلوز، كما أنه يختلف عن السليلوز من ثلاثة جوانب الأولى أنه يتكون من سكريات متعادلة وهي الكزيلوز، أرابينوز، الجالاكتوز والجلوكوز، المانوز، وأحماض الإيرونك (Uronic) في حين أن السليلوز لا يحتوي سوى على وحدات من β -1,4-D غلوكوبيرانوز.

الثانية أنه يمثل درجة كبيرة من الروابط التي تحتوي على مجموعات جانبية من أصلها ذات طبيعة غير بلورية، وأخيرا ففي حالته الطبيعية لديه درجة من البلورة تتراوح بين 50 و300، في حين أن السليلوز الأصلي هو أعلى من 10-100 مرة من الهيميسيلولوز، كما أن هذا الأخير هو محب للرطوبة بشدة وقابل للذوبان في الوسط القلوي، ويتميه بسهولة في الأحماض، بالإضافة إلى ذلك فإن الهيميسيلولوز لديه بنية كيميائية مختلفة جدا، وذلك حسب مصدر النبات، النوع الخلوي، الموقع في الجدار أو حتى بين الأنسجة، من بين الهيميسيلولوزات الأكثر شيوعا لجدار خلايا الخشب توجد عائلات الزيلان، المنان وغالاكتان، قسم الهيميسيلولوز الأحسن دراسة يوافق إلى الكربولوجليكانات الشكل (1-7) تتكون من سلسلة من الجلوكوز وسلاسل جانبية قصيرة من الزيلوز، فوكوز وسكر اللبن [5].



الشكل (1-7) بنية الهيميسيلولوز [11].

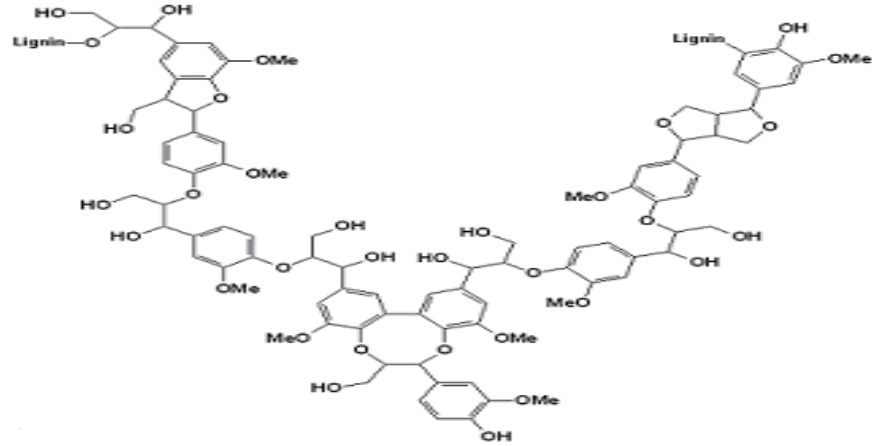
3.5.I. اللجنين

اللجنين هو جزيء غير متجانس للغاية يتكون من البوليمرات العطرية، ويعتبر بعد السكريات البوليمر الطبيعي الأكثر وفرة على الأرض، كما أنه يساهم في الصلابة البنيوية للجدران الخلوية ويحمي النباتات من أن تهاجم بواسطة الكائنات الحية المسببة للأمراض، ويتوزع في كل شيء في الجدار الخلوي الثانوي مع التركيز الأكبر في الوسط حوالي 70% منه يكون موجود في الجدار الثانوي، ويعتبر اللجنين في النباتات بمثابة إسمنت في المصفوفة سيليلوز/هيميسيليلوز، لذلك عادة ما يوصف بأنه هو المادة اللاصقة لجدار خلية النبتة، كما يشارك أيضا في تشكل الهيميسيليلوز [6].

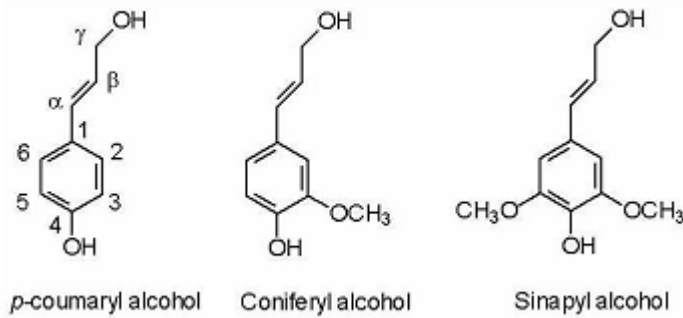
اللجنين عبارة عن جزيء ذو ثلاث أبعاد يتكون من وحدات فينيل بروبان الشكل (1-8)

الوحدات الأساسية (monolignols) التي تشكل اللجنين هي الكحول الكونيفيريليك، الكحول

سينابيليك والكحول الكوماريليك الشكل (1-9)[12]، أثناء تشكل اللجنين، فإن الفينول أوكسيديزات النباتية مثل اللاكاز (laccases) تتدخل وتسمح بالبلمرة لمختلف الوحدات الأساسية وبمجرد تشكلها، فإن اللجنين يرتبط مع مختلف البولي سكاريدات ليشكل مصفوفة تؤدي دورها إلى بناء الجدار النباتي [5].



الشكل (1-8) مخطط تمثيلي للجنين [10][5].

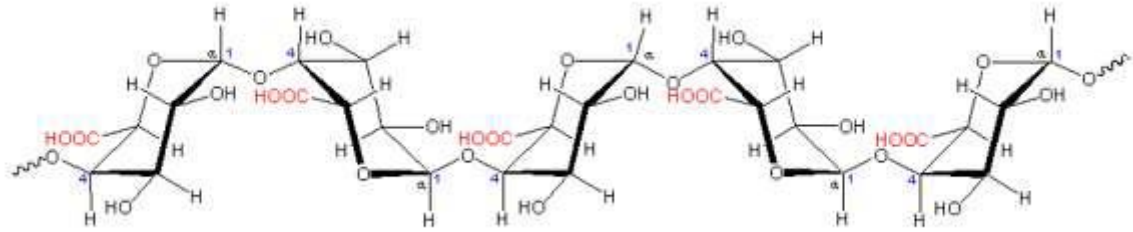


الشكل (1-9) البنى المكونة للجنين [6][12].

4.5.I البكتينات

البكتينات هي بوليميرات متعددة سكاريدات حمضية لامتنجاسة، حيث تكون السلسلة الأساسية من مونومير لحمض الأورونيك مرتبط في 1-4 الشكل (1-10) وتوجد عموماً في الجدران الخلوية الأولية للألياف النباتية (معداً الخشب) وكذلك في الصفيحة الوسطى، إن بنية البكتينات تتعلق بصنف النبات والنسب لمختلف الأنواع تتغير حسب وضعيتها في الجدران الخلوية، وتعتبر البكتينات هي المركبات الأكثر هيدروفيلية في الألياف النباتية بسبب وجود مجموعات حمض الكربوكسيليك

وهي تضمن الإلتصاق بين مختلف الخلايا تستخلص من الألياف بطريقة كيميائية، سواء بالماء المغلي أو بحمض إيتيلين ديامين تترأ أسيتيك (EDTA).



الشكل (1-10) بنية سلسلة من البكتين (حمض البولي جالاكتيرونيك) [5].

أثناء نضج الثمار، فإن البكتينات غالباً ما تتحول إلى هيميسيلولوز ، مما يدل على التشابه في بنيتهما، إلا أن الفرق بين البنية الكيميائية للبكتينات وبنية الهيميسيلولوزات هو أن البكتينات تحمل مجموعات كربوكسيل (-COOH) في حين أن الهيميسيلولوز ليس كذلك، إضافة إلى ذلك فإن ترتيب البكتينات مشابه لترتيب السيلولوز، بمعنى سلاسل خطية بفضل دوران المونوميرات بالنسبة للمونوميرات المجاورة [6].

5.5.I المواد غير العضوية

المكون الغير العضوي يساهم عادة في تكوين الرماد والذي هو عبارة عن بقايا الأملاح المعدنية والمواد غير العضوية، التي يتم الحصول عليها بعد احتراق الألياف عند درجة حرارة 575 ± 25 درجة مئوية، يمكن أن يكون المحتوى المعدني مرتفعاً في النباتات التي تحتوي على كمية كبيرة من السيليكا، يوضح الجدول (1-1) التركيب الكيميائي لبعض الألياف النباتية [6].
الجدول (1-1) المكونات الكيميائية لبعض الألياف النباتية [6] [5].

نوع الليف	السيلولوز %	هيميسيلولوز %	اللجنين %	رماد %
أرز	28-48	23-28	12-16	15-20
شعير	31-45	24-29	14-15	5-7
الذرة	33-50	27-30	16-19	2-5
تفل	32-48	27-32	19-24	1.5-5
الخيزران	26-43	15-26	21-31	1.7-5
الحلفاء	33-38	27-32	17-19	6-8
عيدان	57-77	14-17	9-13	0.8

-	-	5-8	87-91	رامي
1-3	7-9	15-17	56-63	أباكا
0.6-1	7-9	21-24	43-62	سيزال
0.8-2	0.7-1.6	1-3	85-96	قطن
-	13-15	28-30	40-43	ذرى
-	19-24	27-32	32-48	قصب السكر
<1	7-14	26-34	40-45	خشب صنوبري
<1	19-26	23-30	38-49	خشب صلب

I.6.5 الشموع

الشموع هي لبييدات توجد في طبقة رقيقة خارج السيقان، ولها عدة وظائف مثل المقاومة الفيزيائية ضد الظروف البيئية غير الملائمة والحشرات، بنية اللبييدات يمكن أن تكون جد معقدة ولكن من بين اللبييدات الأكثر شيوعا توجد الهيدروكاربونات (C21-C35)، أسترات الشمع (C34-C62) السيتونات (C23-C33)، الكحولات (C22-C33)[13] والأحماض الدسمة (C16-C32) يمكن لبنية ومكونات طبقة الشموع أن تتغير على طول النبات والساق، كما يمكن استخلاص اللبييدات بواسطة محاليل عضوية، تتكون هذه المواد من أنواع مختلفة من الكحول غير قابلة للذوبان في المياه والأحماض المختلفة مثل: حمض البالمتيك، حامض انتاج الزيت (l'acide oléagineux) وحمض الستياريك، تتميز الشموع بأنها هيدروفوبية تماما، ومقاومة للماء والغاز كلية، مما يحد من نتح النباتات، فهي التي تحمي خلية النبات من فقد الماء[6].

I.6. الخصائص الميكانيكية للألياف النباتية

الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية مقارنة بألياف الزجاج المستعملة في أغلب الأحيان هي مبينة في الجدول (1-2)، ومن خلال هذا الجدول يتبين التشابه في معامل يونغ بين الألياف الطبيعية والزجاجية، بينما مقاومة الشد لألياف الزجاج أكبر منها في الألياف الطبيعية، ومع ذلك فإن المعامل النوعي (معامل / الثقل النوعي) لكل من الزجاج والألياف الطبيعية قابل للمقارنة، وفي بعض الحالات، تكون قيمة الألياف الطبيعية أفضل من الألياف الزجاجية، تعتبر هذه الخصائص النوعية

العالية جدا هي واحدة من المزايا الرئيسية التي تجعل الألياف الطبيعية تستخدم كتعزيز في مركبات البوليمير للتطبيقات التي من بين أهدافها هو الحد من الوزن [5][6].
الجدول (1-2) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية [6].

إجهاد الشد (O) (MPa)	معامل يونغ (E) (Gpa)	الاستطالة عند الكسر %	الكثافة (g/cm ³)	الليف
400	12	10-3	1.5	الأبাকা
350	22	5.8	0.89	الحلفاء
290	17	-	1.25	ثفل قصب السكر (Bagasse)
230-140	17-11	-	1.1-0.6	الخيزران
500	12	5.9	1.35	الموز
175	6-4	30	1.2	جوز الهند
597-287	12.6-5.5	8-7	1.6-1.5	القطن
500	11.8	4.3-3.7	1.4	الكوراوا (Curaua)
196-97	5.4-2.5	4.5-2	1.2-1	النخيل
345	27.6	2.7-3.2	1.5	الكتان
690	70	1.6	1.48	القنب (Hemp)
70±500	3.1±13.2	1.1±4.8	1.2	Henequen
773-393	26.5	1.8-1.5	1.3	الجوت
930	53	1.6	-	التيل (Kenaf)
248	3.2	25	1.55-0.7	زيت النخيل
627-400	1.44	14.5	1.6-0.8	الأناناس
560	24.5	2.5	1.5	الرامي
400	12	10-3	1.5	الأبাকা
635-511	22-9.4	2.5-2.0	1.5	السيزال

7.I. المقارنة بين الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية والاصطناعية

رغم كون الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية أقل من نظيرتها الاصطناعية، إلا أن الألياف الطبيعية تستعمل كتعزيز في المواد المركبة، وقد تم استخدامها في بعض التطبيقات التي تتطلب بعض الخصائص مثل الانحناء، والتوتر، كما هو الحال بالنسبة للقوائم المستخدمة في المقاعد الجدول (1-3) يظهر بعض الخصائص الميكانيكية لمجموعة من الألياف النباتية والاصطناعية [14][6].
الجدول (1-3) الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية والاصطناعية [6].

نوع الألياف	الحجمية الكتلة (g/cm ³)	القطر (μm)	معامل الشد (MPa)	معامل يونغ (GPa)	استطالة القطع (%)
الجوت	1.45-1.3	200-20	773-393	26.5-13	8-7.1
الكتان	3-1.5	-	1100-45	27.6	3.2-2.7
القنب	-	-	690	-	1.6
الرامي	1.5	-	938-400	128-61.4	3.8-1.2
السيزال	1.45	200-50	640-468	22-9.4	7-3.1
النخيل	-	80-20	1627-413	82.51-34.5	1.6

الفصل الثاني

الليفا والمواد المركبة

تمهيد

جذب إهتمام العلماء والمهندسين في الآونة الأخيرة الألياف النباتية وذلك لاستعمالاتها الواسعة في مجال الصناعة لتمييزها بخصائص فيزيائية وميكانيكية عالية مثل: الصلابة وخفة الوزن، قلة التكلفة وتحللها البيولوجي السهل وكذا إعادة تدويرها، وقلة انبعاثاتها للغازات السامة فهي صديقة للبيئة ويمكن استخدامها كبديل للألياف الصناعية [2]، وفي هذا الفصل سنتطرق بالتفصيل إلى الألياف الطبيعية من حيث التصنيف، البنية والمكونات الكيميائية ومختلف المعالجات الكيميائية لها بهدف فهم ودراسة التأثيرات المتبادلة بين هذه الألياف التي تستعمل كمواد تقوية للبوليميرات والمصفوفة المستعملة في تحضير المواد المركبة.

1.II. نبات الليفيا

الليفيا هو من جنس نباتي متسلق، ينمو كرمة سنوية مزهرة مع أزهار ملقحة تتطور إلى ثمار خضراء أسطوانية مليئة بالبذور في نظام من العديد من ألياف السليلوز المتشابكة [15]، ينتمي إلى عائلة القرعيات ، ويطلق عليه عدة أسماء مثل: القرع الإسفنجي، الإسفنج النباتي، القرع الإسطواني، إسفنج الحمام، و إسفنج المطبخ، يوجد بكثرة في الصين، اليابان، الهند، أمريكا الوسطى والجنوبية، وكذلك دول أخرى في آسيا، طول ساقه يصل من 5 إلى 15 م، أوراقه متبادلة خماسية التفصيص يصل طولها من 13 إلى 30 سم ، أزهاره صفراء اللون وتفتح من شهر سبتمبر إلى غاية شهر ديسمبر، ثماره اسطوانية الشكل يصل طولها من 15 سم إلى 1.5 م، ومتوسط قطرها يتراوح من 8 سم إلى 10 سم، كما أن ثماره ينتج حوالي 30 بذرة خلال مرحلة النضج [16].



الشكل (2-11) مراحل تطور نبات الليفيا [15][7].

II. 2. التسمية والتصنيف النباتي

الاسم الشائع : يعرف نبات القرع باسم اللوفا أو الليفا (Luffa)، أما اسمه العلمي فيسمى *Luffa aegyptiaca*، كما يمكن أن يصنف هذا النوع من النبات وفق الجدول (2-4)[17].
جدول (2-4) تصنيف نبات الليفا.

المملكة (Règne)	النبات Plantae
تحت المملكة (Sous Règne)	تراكيوبيونتا Tracheobionta
الشعبة (Division)	ماغنوليوفيتا Magnoliophyta
القسم (Classe)	ماغنوليوبسيديا Magnoliopsida
الرتبة (Ordre)	القرع Cucurbitales
العائلة (Famille)	القرعيات Cucurbitaceae
النوع (Genre)	الليفيا Luffa

II. 3. خصائص ومجال استعمال ألياف الليفا

من خلال دراسة عامة لألياف الليفا وجد الباحث مويكامبو ورفقاؤه [9]، أن هذه الألياف تظهر صلابة وقوة وقدرة امتصاص للماء عالية مقارنة مع الألياف الطبيعية الأخرى، ومن المثير للاهتمام أن معظم هذه الألياف تحتوي على كمية من السليلوز تقدر ب 55-90%، الهيميسليلوز 8-22%، اللجنين 23-10%، الرماد 0.4%، والمستخلصات الأخرى 3.2% وهذا يجعلها مواد تعزيز مناسبة للمصفوفات البوليميرية.

تستعمل ألياف الليفا في عدة مجالات من بينها:

- تعزيز البوليميرات.
- معالجة مياه الصرف الصحي.
- تدخل في صناعة المواد الاسمنتية.
- تستعمل كمادة مساعدة لامتصاص الألوان في المحاليل .

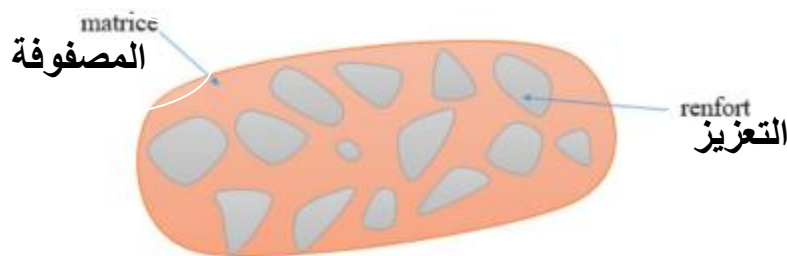
- تعمل على امتصاص الصدمات كما أنها عازلة للصوت [18].
- كونها تتميز بفجوات في تكوينها الطبيعي فهي منسوجة فإنها تستعمل في تنظيف الأواني.
- تستعمل كمرشحات لمحركات السيارات وفي المصانع [19].
- تدخل في صناعة بعض أجزاء السيارات وكذلك الأحذية [2].

II.4. المواد المركبة

المواد المركبة هي مواد هندسية تتكون من أكثر من عنصر واحد من المواد التي تختلف بشكل كبير في خواصها الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية، الخصائص المميزة للمواد المركبة هي نتيجة للخصائص الفردية للأجزاء المكونة لها والنسبة الحجمية لكل منها وكذلك طريقة ترتيب كل مكون من مكونات المادة المركبة، يتم تصميم المواد المركبة حسب الوظيفة المطلوبة منها وبحيث يلبي هذا التصميم المتطلبات الميكانيكية و الانشائية و الكيميائية و الهندسية وحتى الجمالية [19]، وهي تتألف من ارتباط مادتين أو أكثر حيث كل مادة لها طبيعة مختلفة عن الأخرى [20]، هذا الارتباط يؤدي بدوره إلى مركب ذو كفاءة أعلى من المواد المكونة له [5]، خواص هذه المركبات تتغير بشكل واسع معتمدة على طبيعة ألياف التقوية (الطول، والتركيز، ونوع الليف) وعلى نوع الراتنج المستعمل في المادة الأساس (المصفوفة) [6].

II.5. مكونات المواد المركبة

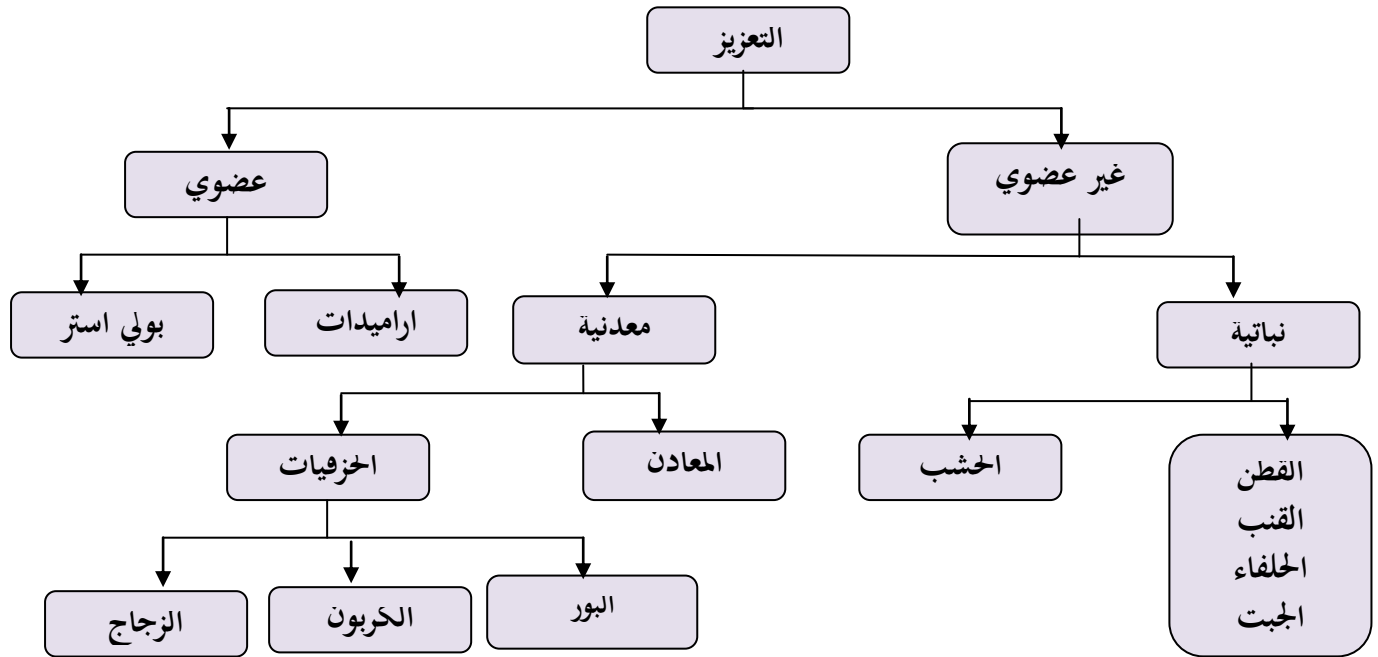
تطلق التسمية " مادة مركبة " على الترتيب الناتج عن طورين مختلفين :إحدهما يتكون من مادة متوزعة وتسمى التعزيز، بينما الطور الآخر الذي يحوي على التعزيز يسمى مصفوفة الشكل (2-12).



الشكل (2-12) مكونات المادة المركبة [9].

II. 1.5. التعزيز (Renfort)

التعزيز وهو بمثابة الهيكل أو الإطار الذي يضمن الخاصية الميكانيكية (مقاومة القطع والصلابة) ويكون غالبا ذو طبيعة ليفية، سواء كان مادة عضوية أو غير عضوية وتتكون من مئات أو آلاف الخيوط والتي أقطارها تتراوح ما بين 5 إلى 15م إن التعزيزات المتكونة من الألياف تكون ممثلة بالأشكال التالية: خطية (خيوط، فتائل)، أنسجة سطحية (نسيج، حصيرة)، متعددة الاتجاهات (نسيج معقد، نسيج ثلاثي الاتجاه أو أكثر) ويمكن أن نوضح أنواع التعزيزات الموجودة حاليا كما في الشكل (2-13) كما هناك أنواع عديدة من التعزيزات، بعضها اصطناعية، مثل الكيفلار وألياف الكربون أو الزجاج، والبعض الآخر هي من أصل عضوي، مثل الكتان والجوت والقنب أو اللجنين (الخشب).



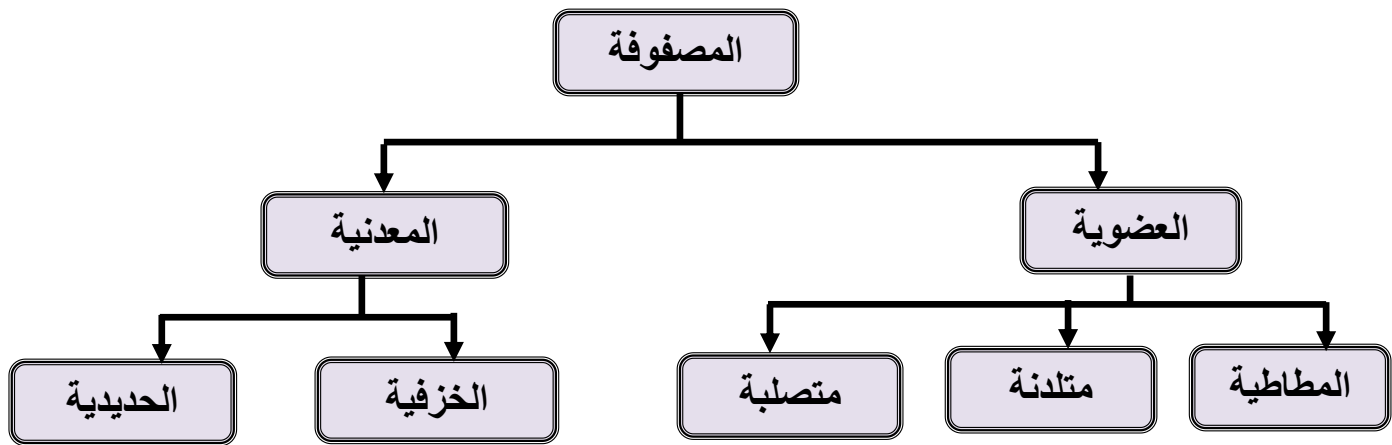
الشكل (2-13) هيكل تصنيف مواد التعزيز.

II. 2.5. المصفوفة

المصفوفة هي واحدة من المكونات الأساسية للمواد المركبة. وهي مادة عضوية خفيفة الوزن، قابلة للتشوه بسهولة، والتي لها ثلاث وظائف رئيسية توزيع الحمل الميكانيكي على كل التعزيزات، تلاحم وربط الألياف بعضها ببعض من أجل تجانس أفضل للكل وحماية للتعزيزات فيما يتعلق بالوسط

الخارجي (الصدمة الحرارية أو الميكانيكية) [8]، هذا وتجدر الإشارة بأنه يجب أن تكون المصفوفة ذات كتلة حجمية منخفضة من أجل الحفاظ على خصائص ميكانيكية عالية للمركب.

وتتكون المصفوفات عادة من راتنجات عضوية متلدنة حراريا (Thermoplastique) أو متصلبة حراريا (Thermodurcissable)، ومن الراتنجات البوليمرية الأكثر استخداما في المواد المركبة هي: الراتنجات المتصلبة حراريا، والراتنجات المتلدنة حراريا، غير أن هناك أنواع أخرى مثل الراتنجات المستقرة حراريا، والتي يمكن أن تقاوم الشدة الحرارية المستمرة إلى 200°C ، وأكثر من ذلك، ومع ذلك فإن استخدام هذه الراتنجات يبقى غير محدد مما يحد من إنتاجها، ومن بين أنواع المصفوفات التي تصادفنا حاليا هي مبينة من خلال الشكل (2-14).



الشكل (2-14) مخطط لأنواع المصفوفات.

6.II. أنواع المصفوفات

كما ذكرنا سابقا، يمكن أن نميز نوعين أساسيين من الراتنجات المشكلة للمصفوفة هما: الراتنجات المتلدنة حراريا والراتنجات المتصلبة حراريا.

1.6.II. الراتنجات المتلدنة حراريا Thermoplastique

هي راتنجات تسمى عادة بالبلاستيك وغالبا ما تستخدم من دون تعزيز، ولها خصائص ميكانيكية ضعيفة، هذه الراتنجات تكون صلبة القوام عند درجات الحرارة العادية، ولكنها تلين بالحرارة و تتحول إلى ما يشبه العجينة بحيث يمكن تغيير هيئتها باليد، وبزيادة درجة الحرارة أكثر فان

المادة اللينة تنصهر و تسيل (تسمى بوليمرات الترموبلاستيك)، وتتطلب تحول عند درجة حرارة عالية يمكن أن تتشكل مرارا عن طريق التسخين والتبريد في مجال من درجة حرارة معينة للبوليمر المدروس علاوة على ذلك، لديها القدرة في الحالة السائلة لتكون مصبوبا بسهولة عن طريق اللدونة، وعادة ما يتم تنفيذها عن طريق الحقن عند ضغط عالي، وهي تكوّن معظم البوليمرات التي تستخدم في صناعات البلاستيك والألياف الصناعية، وهناك العديد من البوليمرات التجارية التي تقع ضمن هذا الصنف نذكر منها: البولي ايثيلين، البولي ستيرين، البولي كربونات، البولي كلوريد الفينيل، البولي بروبيلين و غيرها [21]، ومثلها مثل الراتنجات المتصلبة حراريا، فإن المواد الأكثر كفاءة هي التي لها خصائص ميكانيكية عالية وكتلة حجمية ضعيفة كما هو موضح في الجدول (2-5).

الجدول (2-5) خصائص الراتنجات المتلدنة حراريا [10].

E(GPa)	σ_r (MPa)	الكثافة ρ	T_f (C°)	T_g (C°)	البوليمر
1.2	30	0.92	165	50	بولي بروبيلين (PP)
4-3	60-40	1.25	150	60-50	حمض بولي لاكتيك (PLA)
1.1	28	0.95	134	100	بولي ايثيلين عالي الكثافة (HDPE)
2.9	58	1.39	160-220	75-100	بولي كلوريد الفينيل (PVC)
3.2	55	1.05	-	90-100	بولي ستيرين (PS)
2.6	47	1.30	255-265	70	بولي ايثيلين تريفثاليت نصف بلوري (PET)
2.5	50	1.05	-	90-120	أكريلونيتريل بيوتادين ستيرين في حالة لابلورية (ABS)

E: معامل يونغ، σ_r : إجهاد القطع، T_f : درجة حرارة الانصهار، T_g : درجة حرارة الطور الجيلاتيني

II.2.6. الراتنجات المتصلبة حراريا (Thermosetting)

إن هذا الصنف يشمل البوليمرات التي لا تنصهر بالتسخين و لكن يساعد التسخين على ثباتها في شكلها النهائي (تتصلب بفعل الحرارة والضغط أثناء تحويل معجونها إلى الشكل المطلوب في قوالب خاصة) وتسمى بوليمرات التيرموسات، تعاني هذه البوليمرات تغيرات كيميائية عند تسخينها فتتشابك فيها السلاسل البوليمرية وتصبح بعد معاملتها الحرارية غير ذائبة وغير قابلة للانصهار، رديئة

التوصيل للحرارة والكهرباء، وتستخدم كمواد عازلة للحرارة والكهرباء وتدخل في العديد من الصناعات الكهربائية والمنزلية، والاستخدامات الصناعية الخاصة، ومن الأمثلة على هذه البوليمرات: راتنجات الفينول فورمالدهيد، راتنجات اليوريا فورمالدهيد والايوكسي، وبعض البولي أسترات المتشابهة وغيرها، بعد معالجة هذه البوليمرات حرارياً فإنها تتحول أساساً إلى مادة غير قابلة للانصهار والذوبان، هذه الراتنجات لها خصوصية التشكل مرة واحدة (تحويل لعكوس)، وبسبب هشاشتها فإنها تستخدم في بعض الحالات الإستثنائية بدون تعزيزات، كذلك ونظراً لخصائصها الميكانيكية الحرارية العالية فهي الأكثر استخداماً حالياً، من بين أهم الراتنجات المتصلبة بالحرارة المستعملة: البولي أسترات غير المشبعة (البولي استر المكثف، فينيل الأسترات،... الخ)، وراتنجات التكثيف (الفينوليك، الأمينوبلاست، والفيرانيك،... الخ) وراتنجات الإيبوكسيدات [21]، المواد المركبة الأكثر كفاءة، لها خصائص ميكانيكية عالية وكتلة حجمية ضعيفة، هذه الخصائص موضحة في الجدول (2-6).

الجدول (2-6) خصائص الراتنجات المتصلبة حرارياً [10].

الراتنج	الكثافة ρ	E(GPa)	σ_r (MPa)	T_{Max} (C°)
الإيبوكسيد	1.2	4.5	130	90-200
الإريتان	1.1	0.7-7	30	1000
بولي إستر غير مشبع (UP)	1.2	4	80	200-60
يوريا فورمالدهيد (UF)	1.2-1.5	6-10	40-80	140
فينول فورمالدهيد (PF)	1.1-1.3	3-4	35-60	80-300

E: معامل يونغ، σ_r : إجهاد القطع، T_{Max} : درجة حرارة الانصهار.

إن الخصائص بين هذين النوعين من المصنوفة مختلفة ولذلك يختلف مجال استعمال كل واحد منها، ويمكن إجراء مقارنة بين خصائص الراتنجات المتصلبة حرارياً والأخرى المتلدنة حرارياً وهي ممثلة

في الجدول (2-7) هذا ونشير بأن المصفوفة المكونة للمادة المركبة في دراستنا هذه هي من نوع الراتنج المتصلب حراريا وهو البولي أستر غير المشبع (UP).

الجدول (2-7) مقارنة بين الراتنجات المتلدنة حراريا والمتصلبة حراريا[1].

المصفوفات المتصلبة حراريا	المصفوفات المتلدنة حراريا	المعايير الأساسية
سائل لزج للبلمره	صلب (قبل الاستعمال متبلمر)	الحالة الأساسية
زمن منخفض (الأخذ بحذر)	غير محدود	تخزين المادة الأساسية
سهل	صعب	قابلية التبلل للتعزيزات
تسخين مستمر	تسخين (انصهار+ تبريد التثبيت)	الصب (القولية)
قصير	أطول (التبريد)	الدورة
محدود	جيدة	المقاومة للصدم
أفضل	منخفضة	المقاومة الحرارية
ضائع	قابلة للاسترجاع	بقايا وفضلات

1.2.6.II. راتنجات البولي أستر غير المشبع

تتصلب عند الدرجة العادية من الحرارة أو المرتفعة، كما أن لها مقاومة كيميائية جيدة، غير أن لها محدودية بسبب انبعاث الستيرين، وحدوث تقلص أثناء التصلب (7-10%) راتنجات البولي أستر غير المشبع تسمى (UP) أو (UPR) هي خليط من البوليستر غير المشبع مذاب في مذيب فعال هو الستيرين (St) البولي أستر غير المشبع هو عامل تشابكي، عدد اللإشباع الفينيلية لكل جزيء منه تتغير تبعا لمكوناته ووزنه الجزيئي، كما أن الستيرين يعطي للراتنج فعالية عالية (حركية البلمره تكون سريعة في حالة التفكك السريع للمبادر ((Amorreur))، وكذلك سيولة كافية تسمح بتدفقها في درجة حرارة الغرفة[6].

II.2.2.6. خصائص راتنجات البولي أستر غير المشبع

أ. الخصائص الكيميائية والفيزيائية

راتنجات البولي أستر لديها مظهرين ضعيفين كيميائياً وذلك من وجهة نظر بنيتها: مجموعات الأستر القابلة للتميه، والجذور الستيرينية والتي هي حساسة للمؤكسدات والمذيبات، الجدول (2-8) يشمل على الكواشف التي تهاجم الراتنجات وتلك التي تقاومها الراتنجات. كما يعتبر التميئة عامل غير مهمل بالنسبة لمركبات البولي أستر ذات الاستعمالات البحرية. لهذا السبب عموماً يكون من الضروري حمايتها بطبقة من الجلاتين (Gel-coat) مشكلة خصيصاً لمقاومة الوسط البحري.

الجدول (2-8) المقاومة الكيميائية لراتنجات البولي أستر [7].

المواد التي يقاومها الراتنج	المواد التي تهاجم الراتنج
الأحماض إلى غاية تراكيز 20%	القلوية (التصبن)
الأملاح	الأحماض المرجعة
الكحولات	السيونونات
الهيدروكربونات عند الدرجة العادية من الحرارة	المذيبات الهالوجينية

خلافاً لذلك فإن تفاعل البلمرة لراتنج البولي أستر يكون مصحوباً بتقلص قوي. حيث يكون في حدود من 5 إلى 10% بالحجم ويشكل خاصية معيقة ينبغي أخذها بعين الاعتبار أثناء تصميم عملية القولبة. يمكن أيضاً أن يولد هذا التقلص إجهادات متبقية غير مهملة في قطع المركبات، هذا يترجم بانضغاط قطري لألياف التقوية.

ب. الخصائص الميكانيكية:

تمثل راتنجات البولي أستر خصائص ميكانيكية جيدة وخاصة فيما يتعلق بالصلابة (معامل يونغ) من ناحية أخرى، فإن الإجهاد واستطالة القطع لها تبقى أقل منها في راتنجات الإيبوكسيد والفينيل أستر الجدول (2-9).

الجدول (2-9) الخصائص المتوسطة للمكونات المستعملة في راتنجات متصلبة حرارياً [10].

البوليمر	الكتلة النوعية (Kg/ dm ³)	مقاومة الشد (GPa)	معامل الانحناء (MPa)	المقاومة للحرارة (C°)
بولي إستر	1,2-1,15	50-65	2,9-3,1	120
فينيل أستر	1,15	70-85	3,4-3,5	100-140
فينوليك	1,2	40-50	3	120-150
إيبوكسيد	1,1-1,4	50-120	3	120-200
بولي إيريتران	1,1-1,5	20-50	1	100-120
بولي إيميد	1,3-1,4	30-40	4	250-300

وفي الأخير فإن استخدام هذا النوع من الراتنج يقدم العديد من المزايا بما في ذلك سهولة التنفيذ ولدمج هذا النوع من المصنوفة في المواد المركبة، فإنه من الضروري معرفة بعض الإيجابيات والسلبيات لهذا الراتنج والتي هي مدرجة في الجدول (2-10).

الجدول (2-10) مميزات وسلبيات راتنج متعدد الأستر [6].

الإيجابيات	السلبيات
<ul style="list-style-type: none"> ● التصاق جيد مع ألياف الزجاج. ● شفاف ● تصلب سريع ● مقاومة كيميائية جيدة ● سهولة التنفيذ ● تحمل جيد للحرارة ● تكلفة منخفضة ● مقاومة جيدة للشد 	<ul style="list-style-type: none"> ● مقاومة ضعيفة للحريق مع انطلاق كمية من الدخان هامة ● تقلص عند القوالب هام (6-15%) ● مقاومة ضعيفة للكلاله ● تخزين محدود وذلك راجع إلى تبخر الستيرين ● كفاءة حرارية ضعيفة

7.II. تصنيف المواد المركبة

1.7.II. حسب نوع المصفوفة

توجد العديد من المواد المركبة التي يمكن أن تصنف حسب بعض المعايير من بينها: نوع المصفوفة المستعملة في المادة المركبة التي تسمح بتقسيم المواد المركبة إلى ثلاثة أقسام:

● المركبات ذات المصفوفة العضوية (CMO)، والتي يمكن أن تستخدم إلا في الحالات التي يكون فيها درجات حرارة لا تتجاوز 200 إلى 300 C°.

● المركبات ذات المصفوفة المعدنية (CMM) وتعمل في درجات حرارة تصل إلى 600 C° حيث نجد تطبيقاتها الأساسية في النقل الجوي، البحري والسكة الحديدية، العمارة، الفضاء وك ذلك في الرياضة والتسلية، خصوصا بفضل قوتها الميكانيكية الجيدة مقارنة بالمواد المتجانسة مثل الفولاذ وكذلك نظرا لكتلتها الحجمية الضعيفة.

● المركبات ذات المصفوفة الخزفية (CMC) حيث يستعمل هذا النوع من المركبات خصيصا في التطبيقات ذات التقنية العالية، والتي تعمل في درجات حرارة عالية يمكن استخدامها في درجات حرارة أعلى من 1000 C° مثل المجالات الفضائية، النووية والعسكرية كذلك في نظام المكابح (مكبح الفحم)[1][6].

2.7.II. حسب هندسة التعزيز

من أجل تحسين الخصائص الميكانيكية لبني المركبات، فإنه من الضروري أن نركز على نسيج التقوية (تصميم التعزيز)، ومن أجل إنشاء بنية قوية مناسبة للاجهادات الميكانيكية، بالاعتماد على الخصائص المطلوبة، فإننا نصادف العديد من تصاميم التعزيز.



المواد المركبة بألياف. -مواد مركبة بألياف.

الشكل (2-15) اتجاهات الاليف في التعزيز [6][19].

الفصل الثالث

الأدوات والأجهزة المستعملة

تمهيد

المواد المركبة المقواة بالألياف النباتية يقودنا إلى دراسة الخواص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية لها وفي هذا الفصل تم إستخلاص ألياف الليفيا، ثم التطرق إلى التعريف بالمصنع، والطرق المستعملة في المعالجات الكيميائية بهدف تحسين الخصائص الميكانيكية للألياف والتقليل من الخاصية الهيدروفيلية للألياف والتطرق إلى تشكيل المواد المركبة المكونة من ألياف الليفيا وبقايا النفايات والنفايات الزجاجية والراتنج البولي أستر غير مشبع الخاصة بمصنع اناييب مغرب، إضافة إلى الأجهزة المستعملة، جهاز الشد والثني وجهاز الاشعة تحت الحمراء، وجهاز حيود الأشعة السينية.

III. 1. مصنع مغرب بايب أندستري

III. 1. 1. موقع مصنع مغرب بايب أندستري MPI

يقع بالمنطقة الصناعية بالمسيلة بالجهة الغربية منها، يتربع على مساحة قدرها 4 هكتارات وحاليا استفاد من توسعة هامة (مساحة للتخزين قدرها 4 هكتار).



الشكل (3-16) موقع مصنع اناييب المغرب [22].

III. 2. 1. التعريف بمصنع مغرب بايب أندستري MPI

تأسست الشركة ذات المسؤولية المحدودة مغرب بايب اندستري أكتوبر 2004 وانطلقت عملية الإنتاج بها سبتمبر 2009 وهي شركة برأسمال 1000000000 دج، تعتبر من بين الشركات الوحيدة في الجزائر وهي التي تقوم بإنتاج الأنابيب والقنوات المدعمة بالألياف الزجاجية PVR، تقوم بتشغيل

حوالي 379 عامل مما ساهمت في امتصاص نسبة هامة من البطالة، توفر أنابيب وقنوات من مختلف الأحجام من 80مم إلى 2600مم وبضغط إلى 40 بار، تستعمل هذه القنوات في الصرف الصحي مياه الشرب أنظمة التبريد الهيدروليكية، ومختلف شبكات الري والتطهير، تتمتع هذه الأنابيب بجودة عالية طبقا لآخر التقنيات العالمية في هذا المجال، إذ يعتبر المصنع من بين 30 مصنع متواجد عبر العالم، مما سمح لها بجائزة شهادة المطابقة ISO 9001-2008 وهي في مرحلة المرور إلى ISO 9001-2015 وهذا إقرار بجودة المنتج الجزائري، تسمح أنابيب وقنوات PRV من حماية المياه من التلوث، وذلك لمكوناتها التي هي الياف زجاجية ورمل الكوارتز والصمغ وهي المواد التي تؤمن من التأثيرات كالتآكل والصدأ.

يصل إنتاج المؤسسة سنويا حوالي 700 كم من مختلف الأقطار، أنجزت المؤسسة عدة مشاريع عبر العديد من الولايات (أكثر من 30 ولاية).

المادة الأولية المستخدمة في إنتاج الأنابيب والقنوات فهي تقريبا مستوردة نسبة 50% تراعي شركة مغرب بايب أندستري في إنتاجها المحافظة على صحة الإنسان والبيئة، ويعتبر منتجها صديق البيئة بالإضافة إلى تمتعه بجودة عالية.

لقد سمحت الخبرة التي تم تطويرها حتى الآن بالتحكم الكامل في التكنولوجيا الجديدة، لإنتاج خطوط الأنابيب مما يمنح المنتج جودة عالية من المعايير الدولية [22].



الشكل (3-17) الأنابيب المنتجة في المصنع [22].

III.1.3. المواد الأولية المستعملة في مصنع مغرب بايب أندستري MPI

أ. الراتنجات

هناك عدة راتنجات تستعمل في المصنع، يستخدم في صنع الأنابيب ثلاثة أنواع من الراتنجات بولي أستر ايزوفتاليك، بولي أستر اورتو فتاليك، الفينيل أستر، معالجة في درجة حرارة الغرفة، يشكل استر ايزو فتاليك رابطة قوية للغاية مع ألياف الزجاج حيث يكون لراتنج اورتو فتاليك وراتنج ايزوفتاليك درجة حرارة تشغيل قصوى تبلغ حوالي 50 درجة مئوية.

ب. الألياف الزجاجية

تستعمل الألياف الزجاجية كتعزيزات في منتج المصنع ويوجد نوعين مختلفين من التعزيزات المصنوعة في تكوين الزجاج زجاج نوع (C) الذي يضمن خصائص خمول ممتازة ضد التآكل الكيميائي وزجاج من نوع (E) لديه قوة ميكانيكية عالية جدا.

ج. رمل السيليكا

يحتوي خليط راتنجات السيليكا على خواص ميكانيكية عالية جدا، بالإضافة إلى توافق جيد مع المكونات الأخرى أساسا إلى الصفح الإنشائي لزيادة السمك وبالتالي صلابة الأنابيب (SiO_2)، ولذلك يضاف رمل السيليكا [8].

III.2. معالجة الألياف

III.2.1. المعالجة الميكانيكية للألياف

في البداية تم احضار ألياف الليفا طولها الإجمالي حوالي 0.7 متر، بحيث يتم اختيار الأفضل والمناسب منها (خالية من العيوب)، تغسل الألياف بعناية بالماء المقطر للتخلص من الغبار وبعض الشوائب وذلك لمدة خمس دقائق، ثم تجفف بتعريضها في الهواء لمدة 24 ساعة [23].

بعد ذلك تقص طوليا، و تنزع منها الأجزاء اليابسة، النهايات المشوهة وكذلك البذور الموجودة بداخلها، وبعدها تقص عرضيا إلى عدة أجزاء لاستعمالها في المعالجة الكيميائية كما هو موضح في الشكل (3-17).



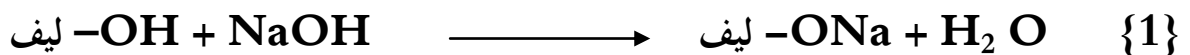
الشكل (3-18) الألياف بعد المعالجة الميكانيكية.

III.2.2. المعالجة الكيميائية للألياف

هناك العديد من البحوث أجريت لمعالجة الألياف النباتية المستعملة في تقوية البوليميرات، وذلك بهدف تحسين خصائص المواد المركبة، هناك دراسة تجريبية على عدة أنواع من الألياف المعالجة بمحلول NaOH والمستعملة كمادة تقوية في المركبات، بينت تحسن هذه الأخيرة مقارنة بالتي استعملت فيها ألياف غير معالجة، وهناك دراسة تجريبية على ألياف الموز المعالجة ب 1% من محلول NaOH والمستعملة كمادة تقوية في المركبات بينت تحسن هذه الأخيرة مقارنة بالتي استعملت فيها ألياف غير معالجة [17]، كما في معالجة ألياف جوز الهند بمحلول من الصودا تركيزه 2% واستعماله في تقوية البولي أستر، أظهر هذا الأخير زيادة في قوة الشد بمقدار 15% [3]، النتائج التجريبية بينت أن ألياف الليفا عندما تم معالجتها بمحلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 10% لمدة 10 ساعات، فإن قوة الانحناء زاد من 23 إلى 57 MPa، وفي الوقت نفسه عندما عولجت ألياف الليفا بمحلول تركيزه 5% من هيدروكسيد الصوديوم لمدة 48 ساعة. خصائص الانحناء للمواد المركبة قد انخفضت [6][8]، لهذا السبب استعملت المعالجة القلوية.

III.1.2.2. المعالجة القلوية

معظم المعالجات الكيميائية المعروفة تسبق بمعالجة أولية في المحلول القاعدي كما هو موضح في المعادلة {1} [3].



حيث تعالج الألياف بمحلول من الصودا 1% و 3%، 6%، 9% و 12% لمدة أربعة ساعات ثم تتبع عملية الغسيل بالماء للتخلص من الصودا الزائدة، عملية الغسل الأخيرة تتم بالماء المقطر مع القليل من

حمض الخل، ثم تجفف في الهواء، هذه المعالجة تحسن من خصائص الالتصاق لسطح الألياف بإزالة كل الشوائب الطبيعية والصناعية.

طريقة العمل: تأخذ عينة من ألياف الليفا الجزء الكامل منها ونغمرها كلياً في 3ل من محلول الصودا المحضر ولمدة أربع ساعات، عند درجة الحرارة العادية.



الشكل (3-19) الغمر الكلي لألياف الليفا في محلول هيدروكسيد الصوديوم.

بعد ذلك تستخرج الليفا من المحلول تغسل بالماء المقطر عدة مرات لإزالة الصودا الزائدة التي التصقت بالألياف، ثم تغسل مرة أخرى بالماء المقطر يحتوي على قليل من حمض الخل المخفف (0.1%). ثم تجفف في الهواء وبعد ذلك توضع في فرن درجة حرارته 80°C لمدة 5 ساعات. وبالتالي فان أغلبية المعالجات الآتية ذكرها تكون مسبقة بمعالجة أولية بمحلول قلوي NaOH، الشكل (3-19).

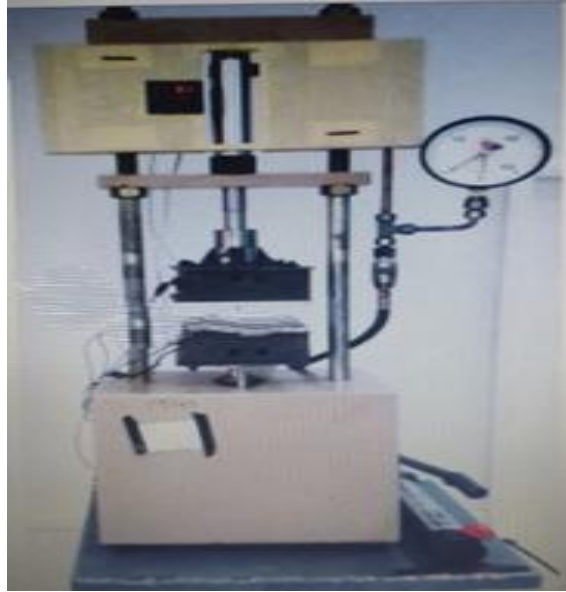


الشكل (3-20) الليفا بعد المعالجة الكيميائية والتجفيف.

III.2.2.2. تحضير أوراق التقوية (Mats)

طريقة العمل: عينات الليفا المعالجة وغير المعالجة تخضع إلى الخطوات التالية:

- تجفيف الألياف في فرن عند الدرجة 80°C لمدة 24 ساعة.
- تترك العينة لتبرد قليلا أثناء إخراجها من الفرن .
- توضع هذه الألياف المعالجة وغير المعالجة فوق بعضها البعض، تفصل بينهما حواجز من ورق مقوى لكي لا تلتصق مع بعضها البعض.
- تضغط بواسطة جهاز ضغط هيدروليكي لمدة 24 ساعة، لتصبح على شكل بساط بعد ذلك تكون جاهزة لتحضير المواد المركبة الشكل (3-20).



الشكل (3-21) جهاز ضغط هيدروليكي لضغط قطع الليفا.

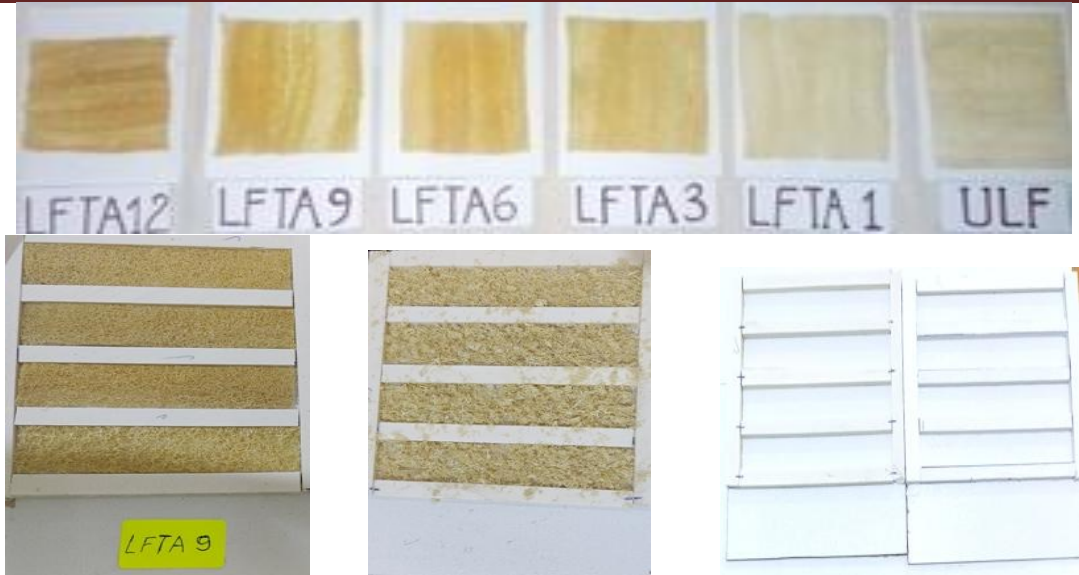
3.III. تحضير المواد المركبة

الراتنج المستعمل في هذا التحضير هو البولي أستر غير المشبع، مع 1% من الميثيل إيثيل كيتون بيروكسيد كمحفز، و 0,5% من كوبالت نفتانات كمسرع للتفاعل، تتم عملية تحضير المركبات على مراحل هي كالتالي:

أ. تحضير القالب

القالب المستعمل في تحضير الألياف المدروسة مستطيل الشكل مصنع من الخشب ويحتوي على أبعاد قياسية معروفة حسب نظام (ASTMD 790) $(110\text{mm} \times 4\text{mm} \times 20\text{mm})$.

حيث يتم تنظيف قاعدته بمادة غير لاصقة وتسد الشغرات الجانبية إن وجدت، ثم يتم دهن القالب بمادة التشحيم لتفادي التصاق المواد المركبة بالقالب الناتجة قصد التحضير



الشكل (3-22) القالب المستعمل في تحضير العينات.

ب. تحضير المصاغ

تمزج الراتنج مع الكوبالت وتأخذ كمية منه قدرها 100 غ بعد مزجه مع المحفز 1 مل لمعرفة مدة تصلب نقيسها بجهاز خاص بهذه العملية والموجود في المخبر.

بعد معرفة وقت تصلب الراتنج يتم بعد ذلك تحضير الراتنج مع الألياف النباتية وذلك حسب وزن الألياف، وبالطريقة الاعتيادية يتم توزيع ونشر الألياف النباتية على جميع أسطح القالب، ثم بعد ذلك تؤخذ وتوزن وبعدها نصب الراتنج الذي يحتوي على المحفز على سطح الألياف الموضوعة في القالب ولتعميم المادة على طول السطح نقوم بوضع شمع على لوحة لضغط خفيفا للتخلص من الهواء والفقاغات العالقة داخل المركب.

يجب مراقبة السطح لتجنب ظهور أي ليف على السطح، ونترك القالب يتصلب في درجة حرارة عادية لمدة كافية وبعدها ننزع المواد المركبة من القالب.

ج. تحضير المواد المركبة من بقايا الألياف والبقايا الزجاجية للمصنع

● نزن 4 غ من صفائح الليفا وتوزع على ابعاد القالب مع 100 غ من الراتنج وتوضع في القالب

● نزن 4 غ من صفائح الليفا وتوزع على ابعاد القالب و 4 غ من نفايات المصنع تمزج مع 100 غ من

الراتنج وتوضع في القالب

- نزن 4 غ من بقايا الليفا وتوزع على ابعاد القالب مع 100 غ من الراتنج وتوضع في القالب
- نزن 4 غ من بقايا الليفا وتوزع على ابعاد القالب و 4 غ من نفيات المصنع تمزج مع 100 غ من الراتنج وتوضع في القالب.

د. عملية القولية

عملية القولية أجريت يدويا، بوضع المزيج في قالب ويضغط لإخراج الهواء لزيادة الالتحام والالتصاق للمادتين الممزوجتين والتي لا يمكن تصلبها إلا بمرورها من الطور السائل إلى الطور الصلب بخضوعها لتحول كيميائي غير عكوس يسمح ببلمرتها وتصلبها.

بعد مدة كافية لتصلب الراتنج ينزع القالب ثم تضبط العينات بترميز مناسب كما هو مبين في الجداول

جدول (3-11) عينات ليفا لصنع قوالب (L).

رمز العينة	العينات
ULF(L)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا الغير معالجة
LFTA14(L)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا
LFTA34(L)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا
LFTA64(L)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا
LFTA94(L)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا
LFTA124(L)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا

جدول (3-12) عينات ليفا لصنع قوالب (DL).

رمز العينة	العينات
ULF(DL)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا الغير معالجة - قطع
LFTA14(DL)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا - قطع
LFTA34(DL)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا - قطع
LFTA64(DL)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا - قطع
LFTA94(DL)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا - قطع
LFTA124(DL)	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا قطع

جدول (3-13) عينات ليفا لصنع قوالب (L)-DU.

رمز العينة	العينات
ULF (L)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا غير معالجة
LFTA14(L)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا وإضافة نفيات المصنع
LFTA34(L)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا وإضافة نفيات المصنع
LFTA64(L)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا وإضافة نفيات المصنع
LFTA94(L)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا وإضافة نفيات المصنع
LFTA124(L)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا وإضافة نفيات المصنع

جدول (3-14) عينات ليفا لصنع قوالب (DL)-DU.

رمز العينة	العينات
ULF(DL)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا غير معالجة قطع وإضافة نفيات المصنع
LFTA14(DL)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا قطع وإضافة نفيات المصنع
LFTA34(DL)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا قطع وإضافة نفيات المصنع
LFTA64(DL)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا قطع وإضافة نفيات المصنع
LFTA94(DL)-DU	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا قطع وإضافة نفيات المصنع
LFTA124(DL)-	عينة لاختبار الشد والثني للراتنج مع الليفا قطع وإضافة نفيات المصنع

بعد ترميز العينات تقاس أبعادها بواسطة قدم قنوية إلكترونية يتركز القياس على عرض العينة و سمكها. وطولها الشكل



الشكل (3-23) يوضح كيفية ترميز العينات وأخذ القياسات.

4.III. الأجهزة المستعملة والاختبارات

1.4.III. جهاز إختبار الشد traction

يتم اجراء هذا الإختبار بشد العينة من كلا الطرفين (ثابتة عموديا ومركزة بين الفكين) في جهاز الإختبار ويتم تطبيق قوة شد عليها حتى تنكسر العينة [11][24].

التغير الهندسي (الانفعال): $\epsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$

L_0 : الطول الأصلي، L_f : الطول النهائي

قوة الإجهاد تعطى بالعلاقة:

$$\sigma = F/S_0 \quad \{2\}$$

F : قوة الشد (N)، S_0 : المساحة المشدودة

معامل يونغ:

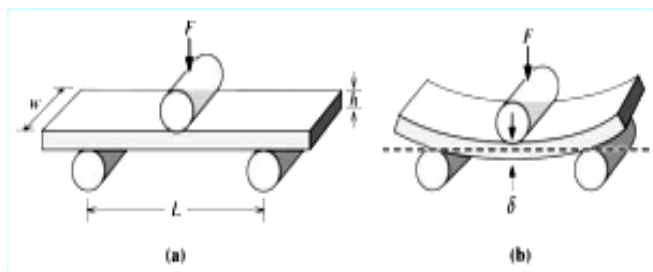
$$E = \sigma/\varepsilon \quad \{3\}$$



الشكل (3-24) جهاز اختبار الشد.

III.2.4. اختبار الثني flexion

يقيس اختبار الثني ذو ثلاث نقاط تحمل المادة المركبة، حيث يتم وضع قطعة العينة من المواد المراد اختبارها على دعامتين، ويتم تطبيق قوة على وسطها، يتم تطبيق العمل في منتصف المسافة من الدعامات، والمسافة بين الدعامات هي 100 ملم مع سرعة ثابتة تبلغ 2 ملم في الثانية، وقوة قدرها 5kN، الاختبارات المطبقة على مستوى مخبر مصنع مغرب بايت على جهاز من سلسلة "YL-25" على آلة المانية تحمل قدرة 250KN ووزن الجهاز 900كغ.



الشكل (3-25) جهاز اختبار الشني [18].

معايير الدراسة:

في هذا الاختبار درسنا إجهاد الانحناء باستخدام العلاقة التالية {4} [25]:

$$\sigma_{\max} = \frac{3FL}{2wh^2} \quad \{4\}$$

حيث:

σ_{\max} : هو أقصى ضغط (اجهاد) بـ (N/mm²)

F: هي قوة الانكسار القطعة الاختبار بـ (N)

w: عرض العينة في (mm)

h : سمك عينة الاختبار بـ (mm)

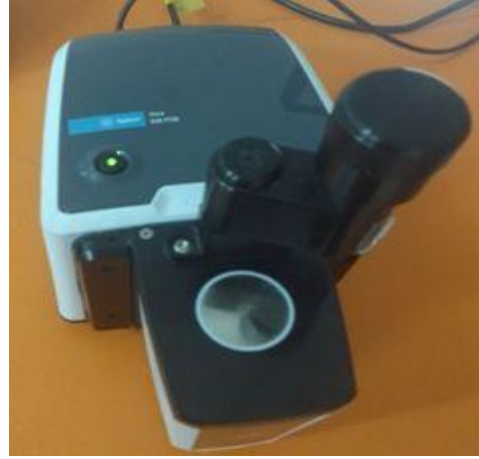
L: هي المسافة بين الدعامات في (mm)

3.4.III. جهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR)

هي تقنية فعالة تسمح بدراسة الخصائص الكيميائية والبنوية، بهدف التعرف على المجموعات الوظيفية الموجودة في مختلف عينات ألياف الليف، وتهدف هذه الطريقة لدراسة التغيرات الناتجة عن المعالجات المستعملة.

الجهاز المستعمل هو من نوع (SHIMADZU spectrophotometer, series 8300) أطيايف الامتصاص نحصل عليها في المجال ما بين 4000 cm⁻¹ إلى 400 cm⁻¹، والعينات المستعملة هي من الليف المعالجة والغير المعالجة، طريقة الحصول على العينات يتم بتحضير أقراص بعملية الضغط

وتتم كما يلي: نقوم بطحن العينات في جهاز طحن كهربائي للحصول على مسحوق ناعم، ثم غربلتها بواسطة غربال (Tamis-ISO 90µm) تخلط بعد ذلك 4 ملغ من كل عينة ب 96 ملغ بمسحوق بروميد البوتاسيوم (KBr) المجفف مسبقا في فرن كهربائي في الدرجة 105 C° لمدة 12 سا، توضع العينات في قالب إسطواني ثم تضغط في جهاز ضاغط هيدروستاتيكي على شكل أقراص (80 KN) لمدة 10 دقائق بعد ذلك نقوم بفصل أقراص العينات عن القالب ليتم إختبارها [24].



الشكل (3-26) جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء.

III.4.4. جهاز الطحن

بعد المعالجة الكيميائية تترك ألياف الليفا بضعة أيام (أسبوع تقريبا) بهدف تجفيفها، ثم يتم تقطيعها إلى قطع صغيرة ووضعها في فرن عند درجة حرارة 60 C° لمدة ساعة، وأخيرا يتم طحنها باستخدام جهاز طحن آلي منتج في ألمانيا (FRITSCH PULVERISETTE 6 classic line) الشكل (3-27) وذلك بغية تحضير العينات للاختبارات التشخيصية.

مبدأ عمل جهاز

يسمح هذا الجهاز بطحن العينة عن طريق نبضات عالية السرعة يتم تغذيتها بكرات من الزركون في وعاء مطحنة له سرعة دوران تصل إلى 1100 دورة في دقيقة، الطحن المتحصل عليه يكون ذو جودة عالية جدا حيث تصل أبعاد الحبيبات إلى النانومتر.



الشكل (3-27) جهاز الطحن

III.5.4. الاختبار بجهاز حيود الأشعة السينية (DRX)

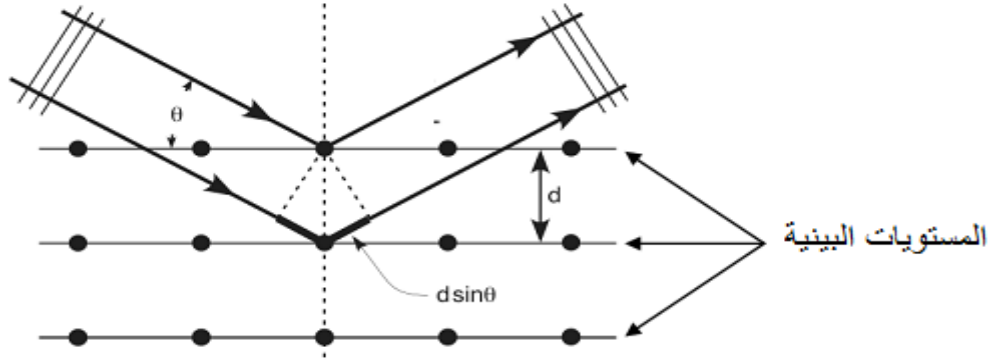
إنحراف الأشعة السينية (DRX) هي تقنية للتحليل البلوري، تعتمد على تشتت أشعة X على العينة، فهي تقدم معلومات تفصيلية حول التركيب البلوري للمواد البلورية، وتحدد حجم المجالات البلورية لتحديد الطبقات الموجودة، تطورت هذه التقنية مع مرور الوقت كثيرا، فهناك عدة نماذج من الديفراكتوميترات موجودة اليوم وذلك وفقا للتطبيق والبيانات المطلوبة، لكن المبدأ العام للطريقة يتمثل في قصف العينة بالأشعة السينية والكشف عن شدة الإشعاع المتناثر وفقا للتوجه في الفضاء، تسجيل شدة الإشعاع يكون بدلالة زاوية الانحراف 2θ للإشعاع، هذه الأشعة المتناثرة من طرف العينة تخضع لقانون براغ كما هو مبين في العلاقة {5}[14].

$$2d \sin\theta = k\lambda \quad \{5\}$$

حيث k هي رتبة الانعراج (عدد صحيح ويمثل رتبة التشتت) ويشترط أن يكون الطول الموجي $\lambda \leq 2d$ لحدوث انعكاسات براغ.



الشكل (3-28) جهاز حيود الاشعة السينية



الشكل (3-29) مبدأ قانون براج

طريقة العمل

أجريت الاختبارات على عينات من ألياف الليفا المعالجة وغير المعالجة، حيث قمنا بسحقها ميكانيكيا في البداية باستخدام جهاز الطحن المذكور سابقا، التجارب بالنسبة لهذه العينات أجريت بواسطة جهاز التشتت لأشعة X لدراسة تغير البنية الفيزيائية للألياف، وذلك من خلال حساب درجة التبلور (CrI) لقد قام الباحث سيقال ورفقاؤه بتطوير طريقة تجريبية من أجل تقدير درجة التبلور للسيليلوز الأم (السيليلوز I)، كمية السيليلوز (I) في السيليلوز الإجمالي يمكن التعبير عليها بالعلاقة {6}[25][1].

$$CrI\% = (I_{002} - I_{am}) / I_{002} * 100 \quad \{6\}$$

I_{002} : شدة النبض الرئيسي للسيليلوز I عند زاوية 2θ

I_{am} : شدة النبض المقابلة للجزء اللابلوري من السيليلوز عند زاوية 2θ

III.6.4. المواد المستعملة

أ. هيدروكسيد الصوديوم

مركب كيميائي قلوي له الصيغة الكيميائية (NaOH) ويستخدم في العديد من الصناعات درجة ذوبانه في الماء عالية جدا، مركب صلب أبيض متميع.

الكتلة المولية: 39.99 غ/مول

الكثافة: 2.13 غ/سم³.



الشكل (3-30) المادة البلورية لهيدروكسيد الصوديوم (NaOH).

ب. حمض الأسيتيك (حمض الخل)

حمض الأسيتيك أو حمض الخل وإسمه العلمي حمض الإيثانويك وصيغته CH_3COOH وهو

مركب عضوي كيميائي

كتلة المولية : 60.05 غ/مول

الكثافة: 1.049 غ/سم³



الشكل (3-31) علبه حمض الأسيتيك (حمض الخل).

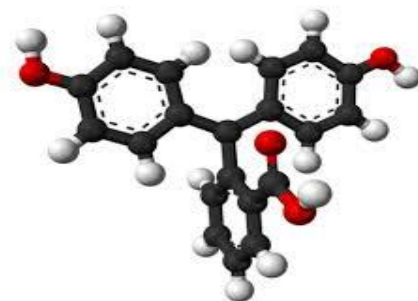
ج. الفينول فيتالين :

الذي يرمزله بالصيغة الكيميائية ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) هو دليل يكون عديم اللون في الوسط الحامضي

وأحمر في الوسط القاعدي سوردي في الوسط المتعادل

الكتلة المولية: 318.31 غ/مول

الكثافة: 1.3 غ/سم³



الشكل (3-32) جزيء الفينول فيتالين والتحول اللوني.

الفصل الرابع

النتائج ومناقشتها

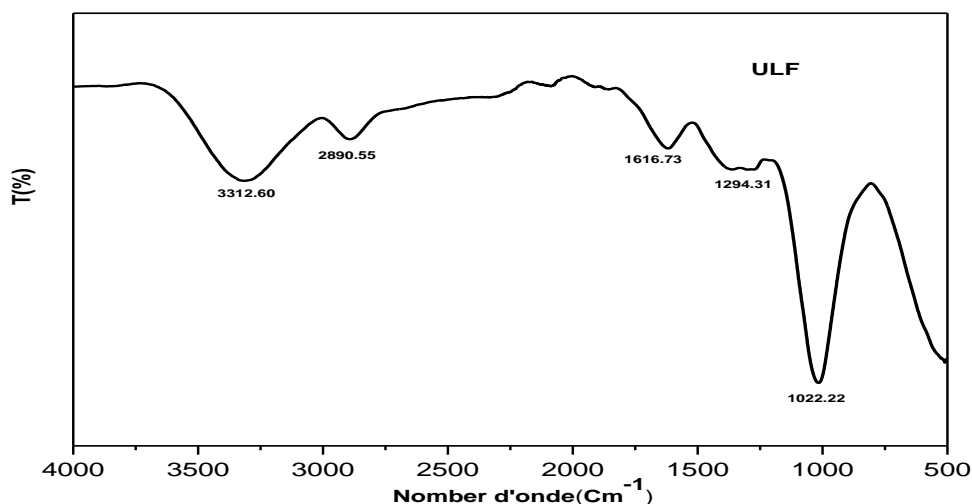
تمهيد

للمعالجة الكيميائية دور كبير في تحسين خصائص الألياف، حيث يتم التخلص من المركبات السطحية (غير السيليلوزية) مثل (الزيوت، والدهون)، وبالتالي تقوى الروابط السطحية فيزداد الإلتحام والتلاصق بين الألياف والمصفوفات، وفي هذا الفصل سنتطرق إلى أهم الاختبارات التشخيصية والتحليل التي من خلالها يمكن معرفة مدى تأثير المعالجة الكيميائية للألياف، وعلى الكفاءة الميكانيكية للمركبات المحضرة.

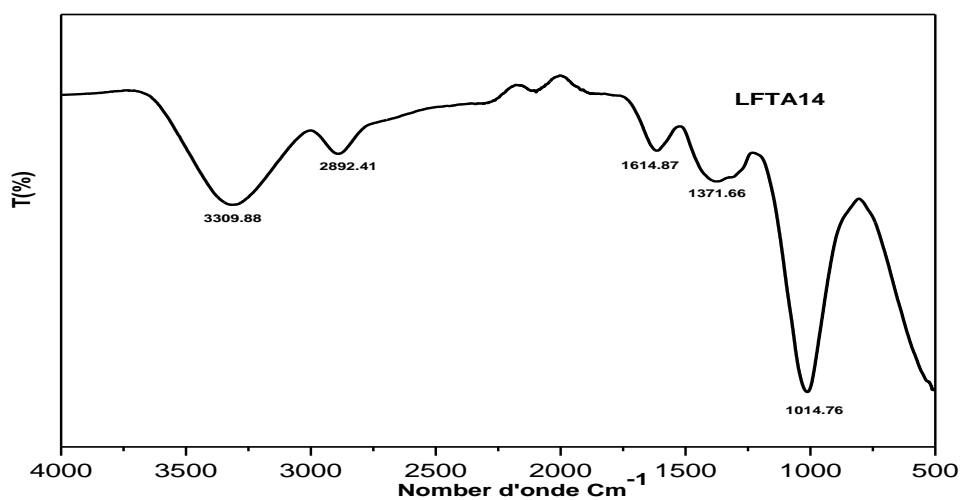
من بين التحليل والاختبارات المستعملة لهذا الغرض، التحليل باستعمال الأشعة تحت الحمراء IRTF، التحليل باستعمال الأشعة السينية DRX، اختباري الشد Traction والثني Flixion.

1.IV. اختبار الأشعة تحت الحمراء.

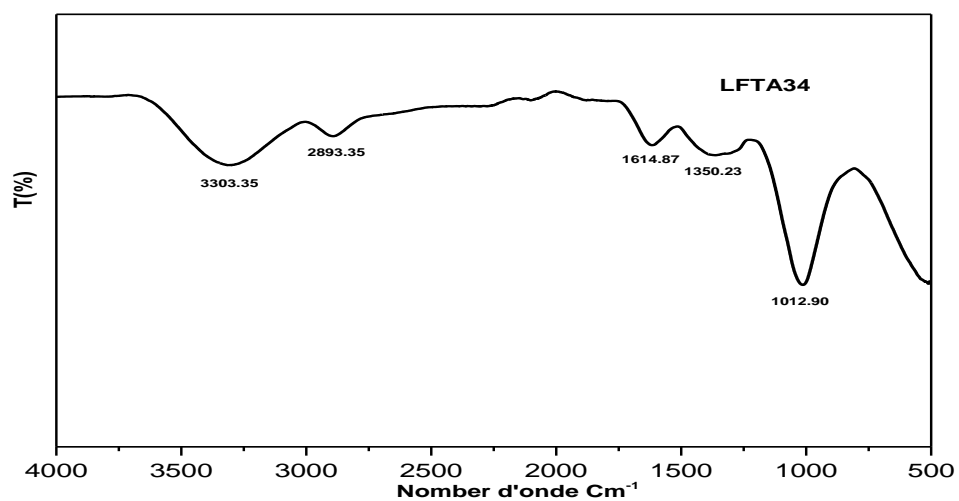
تقنية من التقنيات المستخدمة لتحديد الخصائص الكيميائية، بهدف التعرف على المجموعات الوظيفية الموجودة في عينات ألياف الليفيا، وتهدف لدراسة التغيرات الناتجة عن المعالجات المستعملة، بعد اخضاع العينات المعالجة والغير معالجة للتحليل بجهاز الأشعة تحت الحمراء، تم الحصول على المنحنيات المبينة في الاشكال التالية.



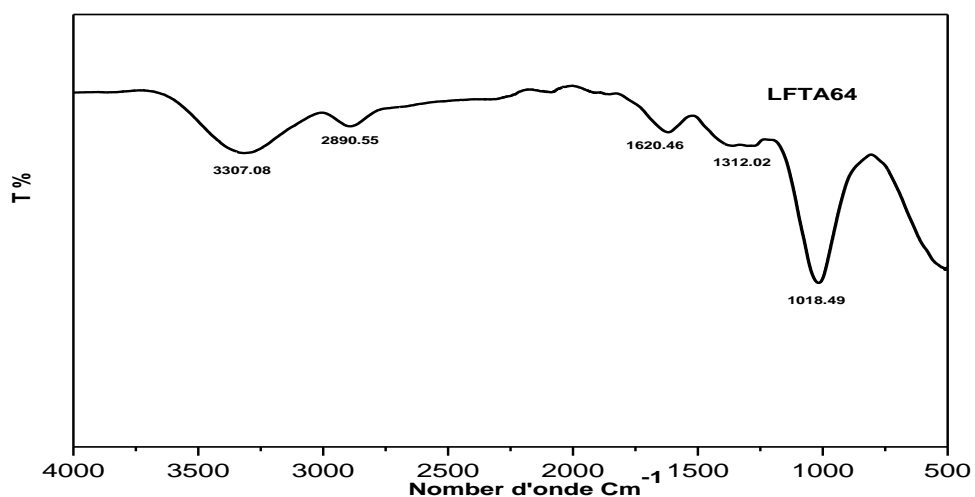
الشكل (4-33) منحنى تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينه ULF



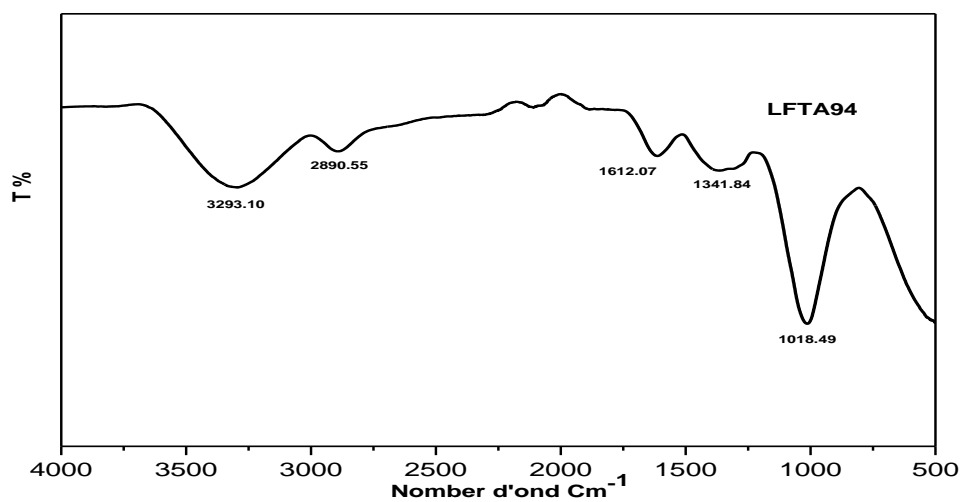
الشكل (4-34) منحنى تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينه LFTA14



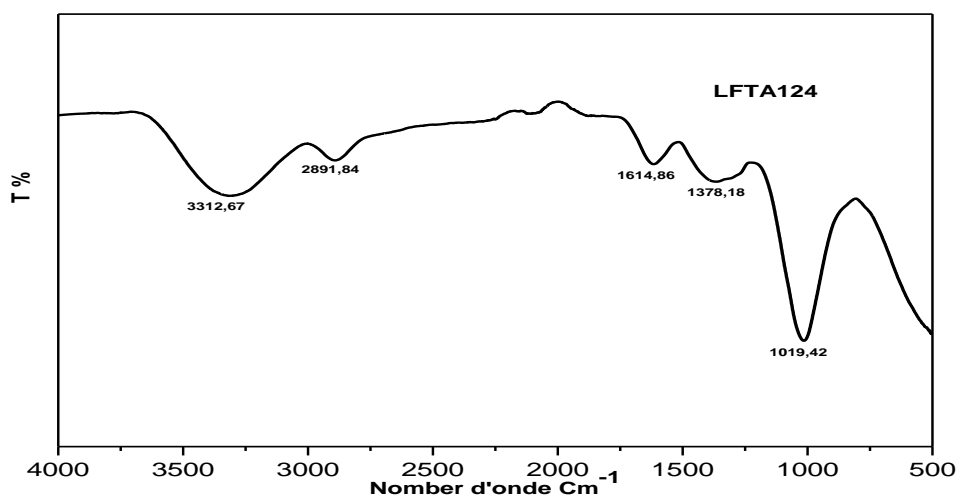
الشكل (4-35) منحنى تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينه LFTA34



الشكل (4-36) منحنى تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA64



الشكل (4-37) منحنى تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA94



الشكل (4-38) منحنى تحليل جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة LFTA124

من خلال المنحنيات نلاحظ هناك انخفاض كبير لقمم الامتصاص وثبات بعضها، دون وجود تغير
نلخصها في الجدول (4-15).

الجدول (4-15) تفسير منحنيات طيف الاشعة تحت الحمراء للعينات.

نوع العينة	قمة الامتصاص Cm^{-1}	نوع الرابطة	التفسير
ULF	3312.60	مجموعة الهيدروكسيد -OH	هذا الاختلاف في قمم الامتصاص راجع إلى ذوبان مكونات الالياف اللجنين والهيمسيليلوز
LFTA14	3302.88		
LFTA34	3303.35		
LFTA64	3307.08		
LFTA94	3293.10		
LFTA124	3312.67		
ULF	1616.73	مجموعة -OH	الخاصية الهيدروفيلية
LFTA14	1614.87		
LFTA34	1614.87		
LFTA64	1620.46		
LFTA94	1612.07		
LFTA124	1614.87		
ULF	1294.31	مجموعة C-O -CH	- وجود متعدد السكريات
LFTA14	1371.66		
LFTA34	1350.23		
LFTA64	1312.02		
LFTA94	1341.84		
LFTA124	1378.18		
ULF	1028.22	مجموعة -OH -OC	تشوه في OH- الخاصة بالسيليلوز
LFTA14	1014.76		
LFTA34	1012.90		
LFTA64	1018.49		
LFTA94	1018.49		
LFTA124	1019.42		

الجدول (4-16) اهتزاز المجموعات الوظيفية المميزة للألياف النباتية.

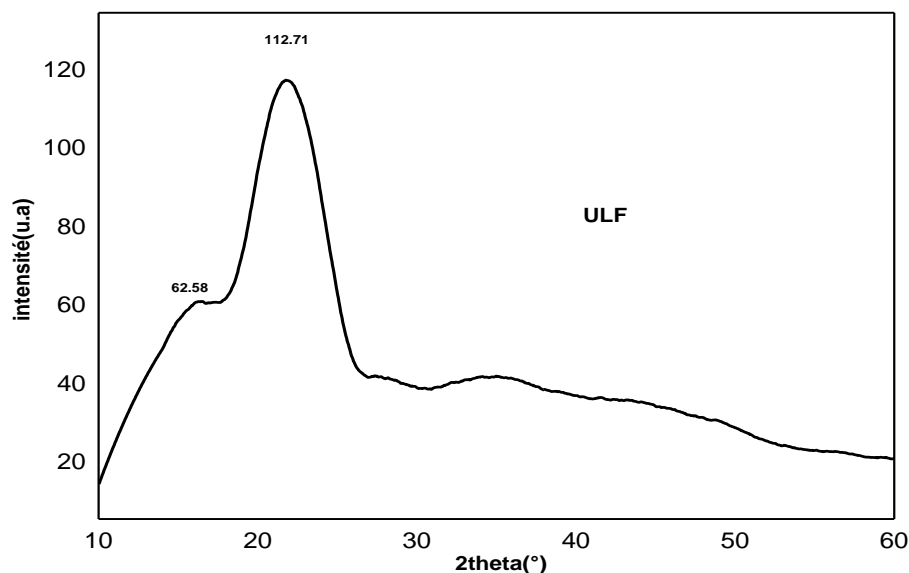
المراجع	المصدر	نوع الاهتزاز	طول الموجة (سم ⁻¹)
[26]	متعدد السكريات	استطالة -OH	~ 3330
[27]	السليولوز، هيميسليولوز	استطالة -CH	~ 2918
[28]	السليولوز، هيميسليولوز	استطالة -CH	~ 2850
[13][29]	البكتين، هيميسليولوز	استطالة -CO	~ 1730
[14]	الماء	-OH	~ 1630
[14]	اللجنين	C=C عطرية استطالة متناظرة	~ 1513
[28]	السليولوز	-CH ₂	~ 1422
[28]	متعدد السكريات	عطرية -CO، -CH	~ 1367
[28][30]	اللجنين	C=C عطرية استطالة متناظرة	~ 1240
[14]	السليولوز	التشوه المضاد لتناظر الرابطة -CO -C	~ 1160
[28]	السليولوز	OC- استطالة-OH	~ 1060
[28]	متعدد السكريات	استطالة روابط-β-غليكوزيدية حلقات الجلوكوز	~ 896
[13]	اللجنين	تشوه -CH العطري	~ 830
[27]	متعدد السكريات	تشوه COOH	~ 660

IV. 2. التحليل بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية DRX

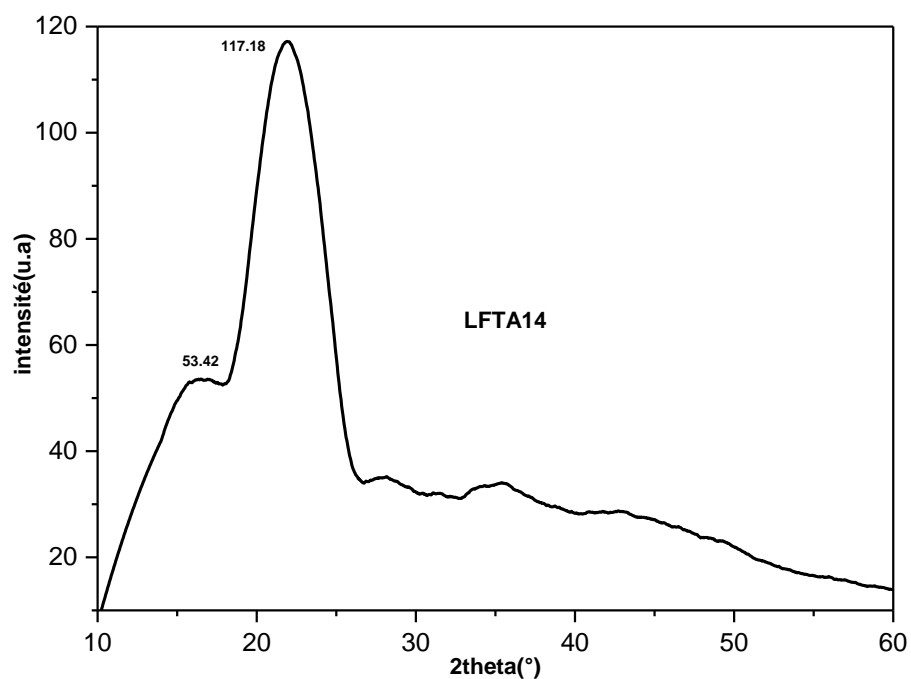
إن اختبار الأشعة السينية يهدف للتأكد من إزالة الجزء غير المتبلور غير السيليلوزي (اللجنين الهيميسيليلوز... الخ)، مما يشير إلى فعالية المعالجة الكيميائية وبالتالي إلى زيادة درجة التبلور.

من خلال الأشكال الذي تمثل قيم شدة النبض بدلالة زاوية الحيود، حيث أنماط الحيود لألياف الليفا المعالجة والغير المعالجة لها ذروتين، الذروة الأولى تظهر عند زاوية 2θ حيود والتي تساوي 21.8° ، وهي تتوافق مع المستوي البلوري (I_{002}) من السيليلوزI، أما الذروة الثانية فتظهر عند زاوية حيود 2θ والتي تساوي تقريبا 17.02° والتي تتوافق مع الجزء غير المتبلور.

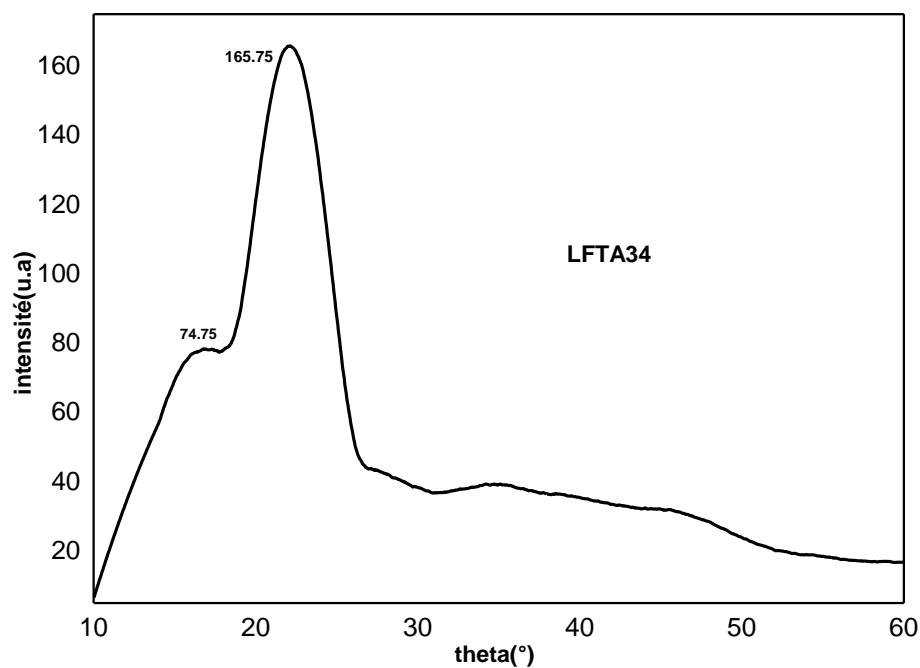
يوضح الجدول (4-17) مؤشر التبلور (CrI) الذي تم الحصول عليه باستخدام طريقة سيقال (Segal) [1]، الذي بدوره يعطي فكرة عن قوة الألياف والتي بدورها تزيد من الخصائص الميكانيكية للمركب المحضر، لقد لوحظ أن هذا المؤشر يزداد مع معالجة الألياف وذلك مقارنة بالألياف الغير معالجة. المعالجة بالصودا يمكن أن تقلل من مجموعة الهيدروكسيل المحبة للماء، والموجودة على سطح الألياف الطبيعية، كما تزيل أيضا جزء من اللجنين والشمع والبكتين والهيميسيليلوز والزيت الذي يغطي المواد كما توضحه المنحنيات.



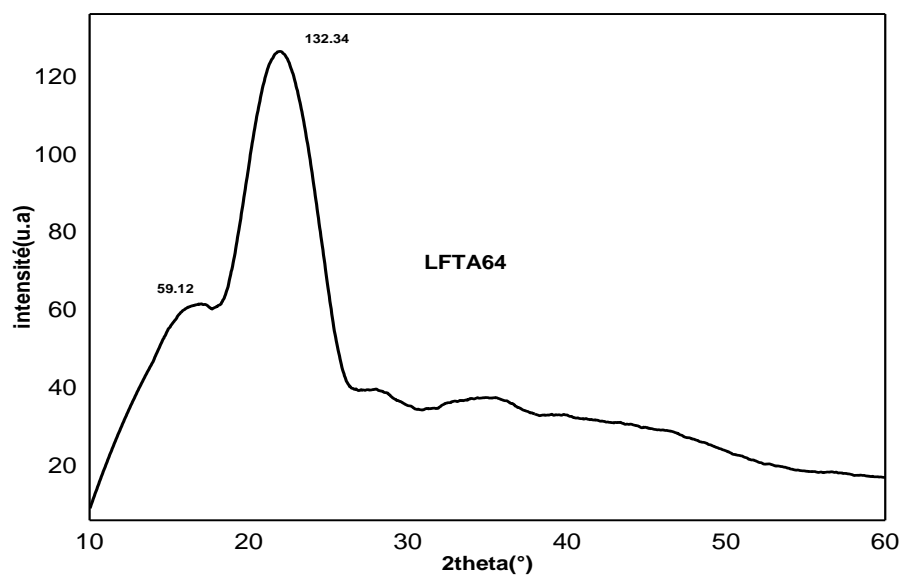
الشكل (4-39) طيف الاشعة السينية للياف العينة ULF



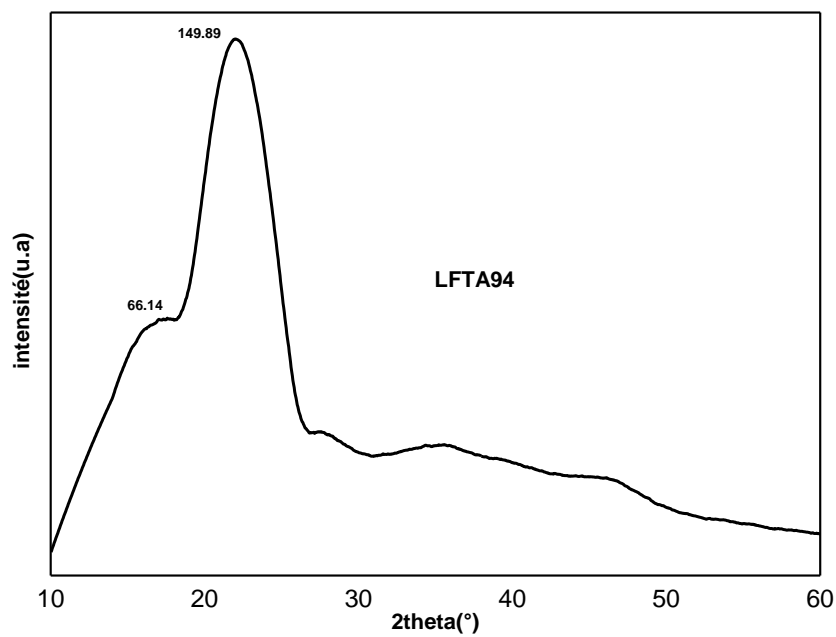
الشكل(4-40) طيف الاشعة السينية للياف العينة LFTA14



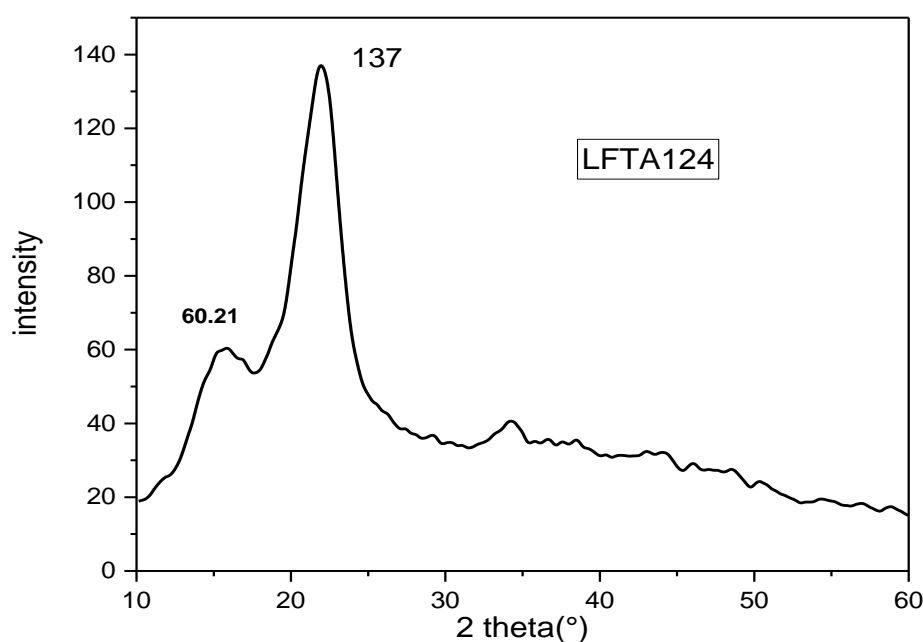
الشكل(4-41) طيف الاشعة السينية للياف العينة LFTA34



الشكل (4-42) طيف الاشعة السينية للياف العينة LFTA64



الشكل (4-43) طيف الاشعة السينية للياف العينة LFTA94



الشكل (4-4) طيف الاشعة السينية للياف LFTA124

الجدول (4-17) قيم درجة التبلور لكل عينة.

العينات	ULF	LFTA14	LFTA34	LFTA64	LFTA94	LFTA124
CrI%	44.4	54.4	54,90	55.3	55.87	56.05
نسبة زيادة درجة التبلور (%)		18,38	19,12	19,71	20,52	20,78

3.IV. التحليل الميكانيكي

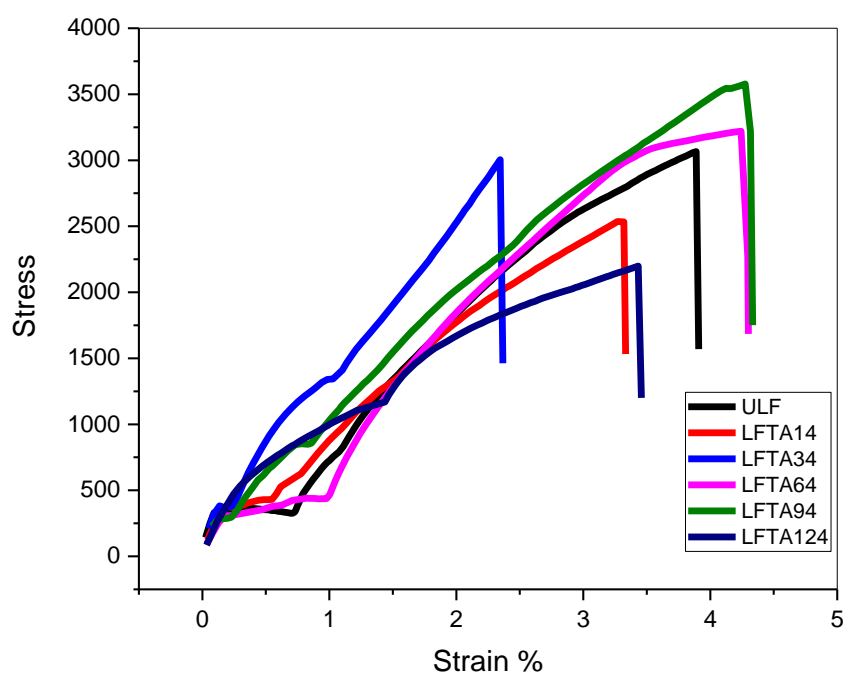
1.3.IV. اختبار الشد Traction

يعد اختبار الشد من الاختبارات الميكانيكية الضرورية والتي تعد مقياس لمدى قابلية المادة على مقاومة القوى المؤثرة عليها، والتي تحاول سحبها و كسرها، تم اجراء اختبار الشد للعينات المحضرة المعالجة والغير معالجة والمدعمة ببقايا الالياف الزجاجية للمصنع، وكانت النتائج والتفسيرات كما يأتي.

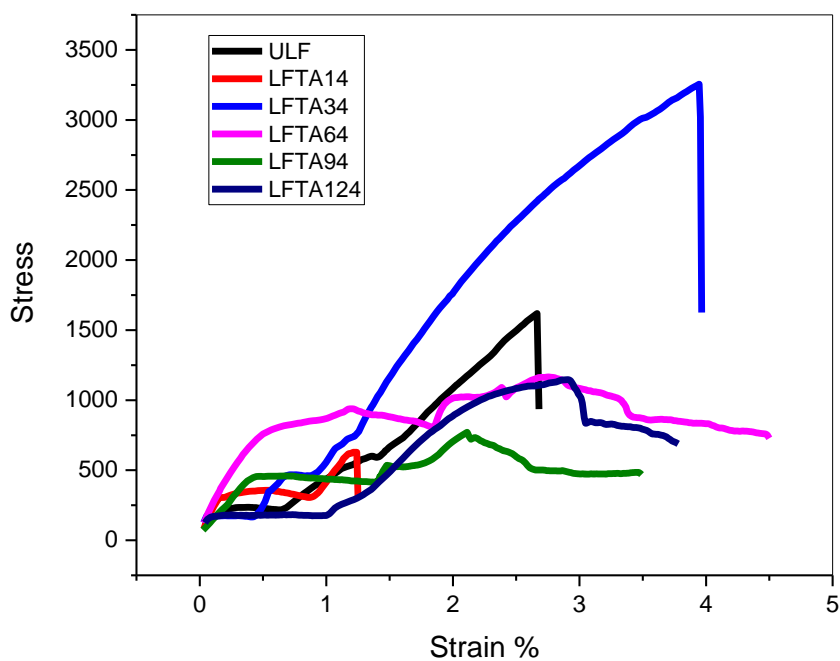
من خلال اشكال المنحنيات لاختبار الشد، نلاحظ أن اعلى قيمة للاجهاد ($\sigma=48\text{Mpa}$) مبينة في المنحنى للعينة LFTA124(L)-DU مقارنة بقيمة الإجهاد للعينة الغير معالجة وبالتالي هذه الزيادة تعود إلى دور المعالجة الكيميائية في إزالة كل من اللجنين والهيمسيليلوز.

تم حساب معامل يونغ من العلاقة السابقة {3} نتائج الحساب دونت على الجدول (4-18)، أكبر قيمة لمعامل يونغ هي: $E=1212,12\text{ Mpa}$ الذي يخص العينة LFTA124(L)-DU مقارنة بالعينة ULF(L)-DU الغير معالجة والذي قيمته $154,63\text{ Mpa}$ كذلك بالنسبة للعينة (L)-DU LFTA14 قيمة معامل يونغ $706,52\text{ Mpa}$ ، والقيمتين $661,76-531,17\text{ Mpa}$ للعينتين LFTA64(L)، LFTA14(L) على التوالي، مقابل $243,05\text{ Mpa}$ العينة ULF(L) الغير معالجة، وهذا مما يدل أن المعالجة تلعب دور كبير في تحسين الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة، وخاصة عند إضافة بقايا الالياف الزجاجية (بقايا المصنع DU).

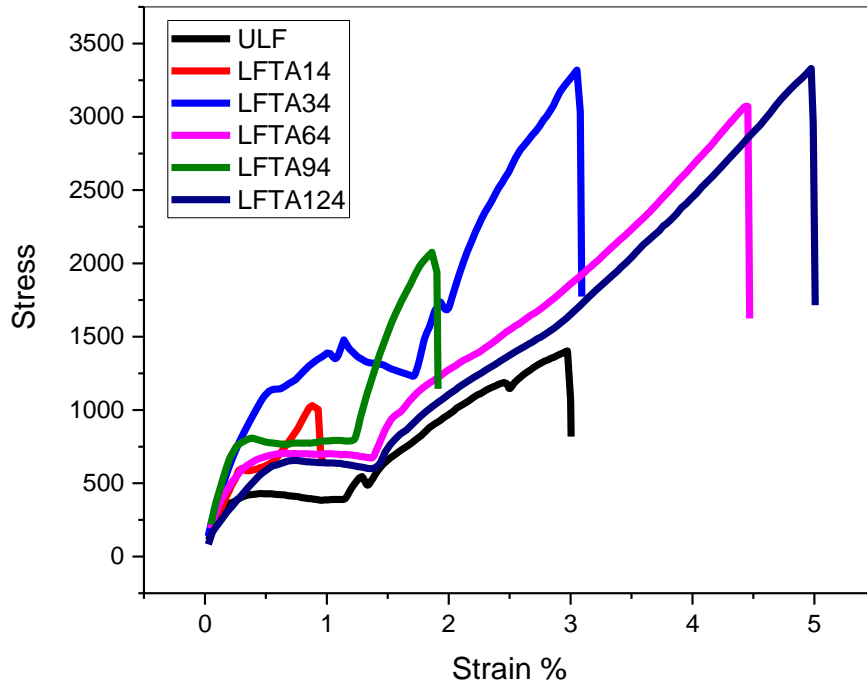
انطلاقاً من النتائج المحصل عليها بعد إجراء الإختبارات خلصنا إلى أن الليفا كمادة مقوية لمادة مركبة تحسن من الخصائص الميكانيكية لهذا المركب، وتكسبها قوى لتصمد ضد الشد والتشوه، كما توضحه المنحنيات.



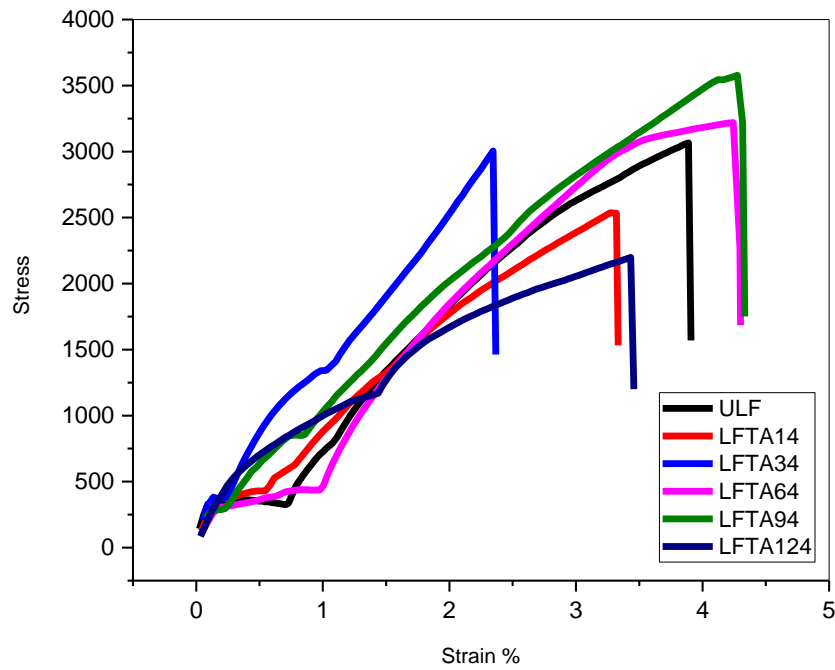
الشكل (4-45) اختبار الشد للعينة (L)



الشكل (4-46) اختبار الشد للعينة DL



الشكل (4-47) اختبار الشد للعينة L- DU



الشكل (4-48) اختبار الشد للعينة LFTA6-DL-DU

الجدول (4-18) قيم معامل يونغ للعينات

DL			L			العينة
معامل يونغ E	الإفعال ε	الإجهاد σ	معامل يونغ E	الإفعال ε	الإجهاد σ	
255.56	0.0532	12	244.67	0.0864	21	ULF
243.80	0.0246	6	661.76	0.0408	27	LFTA14
278.48	0.0790	22	428.95	0.0746	32	LFTA34
144.40	0.0554	8	531.17	0.0433	23	LFTA64
118.48	0.0422	5	234.37	0.0512	12	LFTA94
120.27	0.0582	7	155.03	0.0258	4	LFTA124
DL-DU			L-DU			العينة
معامل يونغ E	الإفعال ε	الإجهاد σ	معامل يونغ E	الإفعال ε	الإجهاد σ	
257.06	0.0778	20	154.63	0.0582	9	ULF
241.69	0.0662	16	706.52	0.0184	13	LFTA14
469.08	0.0469	22	423.45	0.0614	26	LFTA34
292.74	0.0654	25	280.89	0.0890	25	LFTA64
325.58	0.0860	28	423.28	0.0378	16	LFTA94
247.81	0.0686	17	1212.12	0.0396	48	LFTA124

IV. 2.3. اختبار الثني flexion

إن اختبار الثني يعتبر من بين أهم الاختبارات التي تميز الخواص الميكانيكية للمواد المركبة المحضرة من الألياف، من خلال منحنيات الإجهاد لكل من ألياف الليفا الغير معالجة والألياف المعالجة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تبين أن قيمة إجهاد الثني تزداد بالمعالجة الكيميائية يعود لسبب قوة الالتصاق البيئي للمصفوفة والألياف.

من المنحنيات الخاصة باختبار الثني للعينات المدروسة.

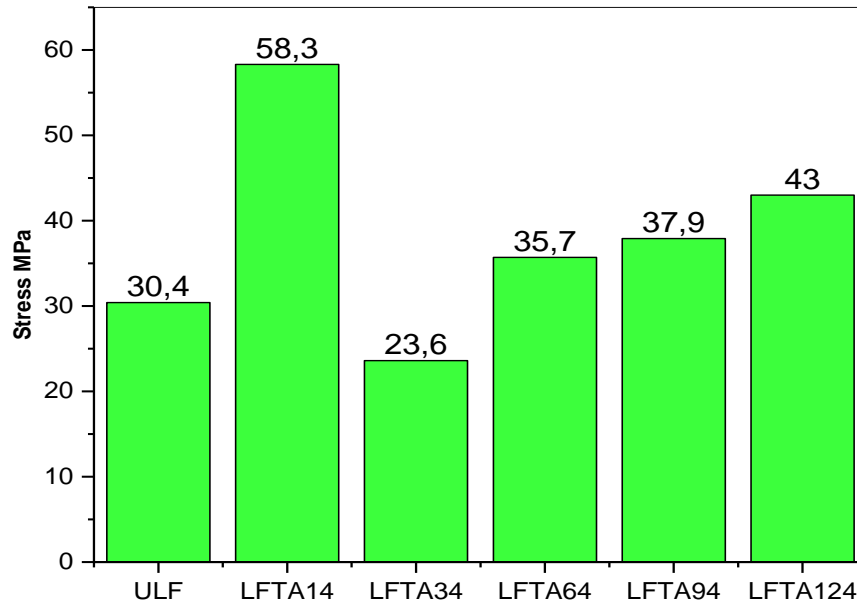
الشكل (4-47) سجلت اعلى قيم للإجهاد لعينات (L) 58,3 Mpa تخص LFTA14(L) والغير معالجة ULF(L) اجهادها 30,4 Mpa.

الشكل (4-48) قيمة إجهاد 60,0 Mpa تخص LFTA94(DL) مقارنة بالغير معالجة ULF(DL) والتي قيمتها 38,7 Mpa.

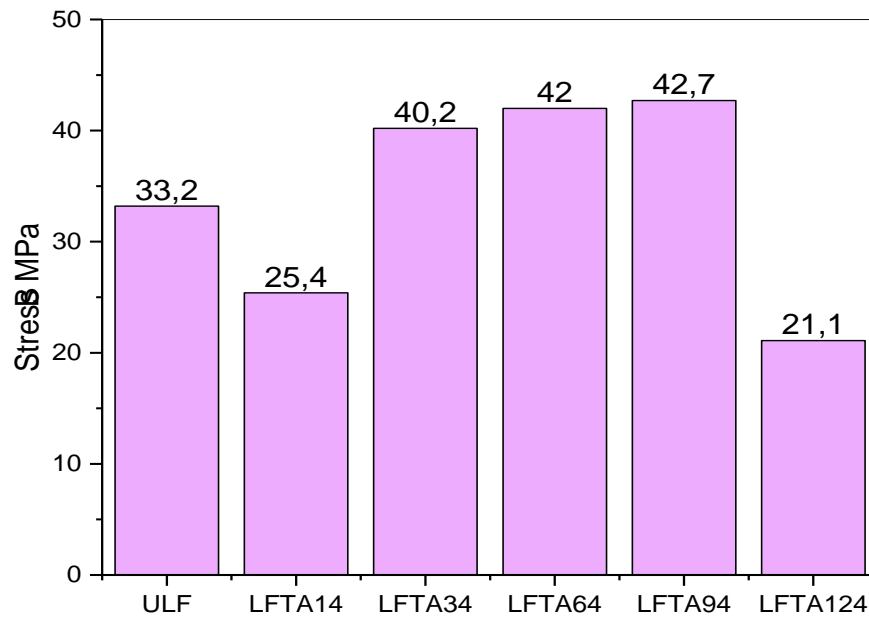
الشكل (4-49) نلاحظ فيه قيمة الإجهاد تقدر بـ 42,7 Mpa تعود لـ LFTA94(L)-DU مقارنة بالغير معالجة ULF (L)-DU التي قيمة اجهادها 32,2 Mpa.

الشكل (4-50) نلاحظ فيه أعلى قيمة للإجهاد في عينات (L-DU) تقدر بـ 61,2Mpa لـ LFTA94(DL)-DU والغير المعالجة ULF (DL)-DU إجهادها 41,66 Mpa.

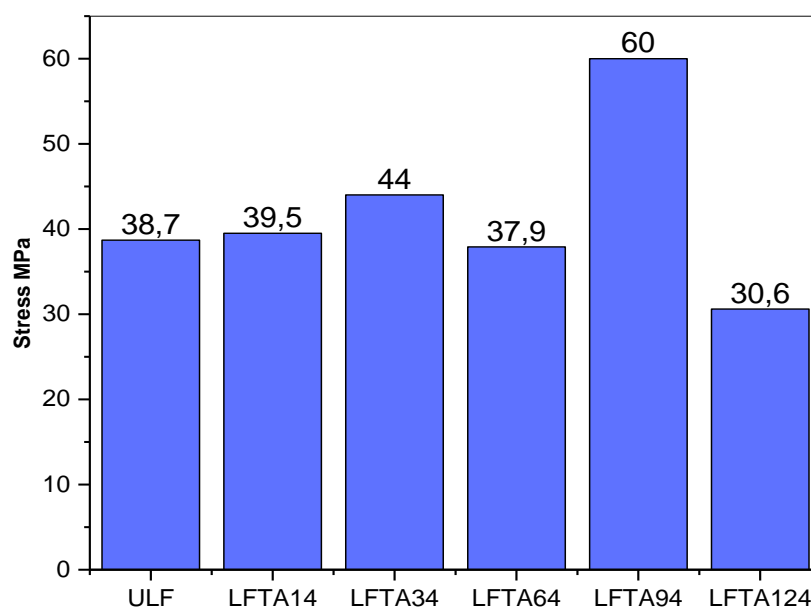
المعالجة الكيميائية للألياف لها دور في تحسين الخصائص الميكانيكية للمركبات المدروسة.



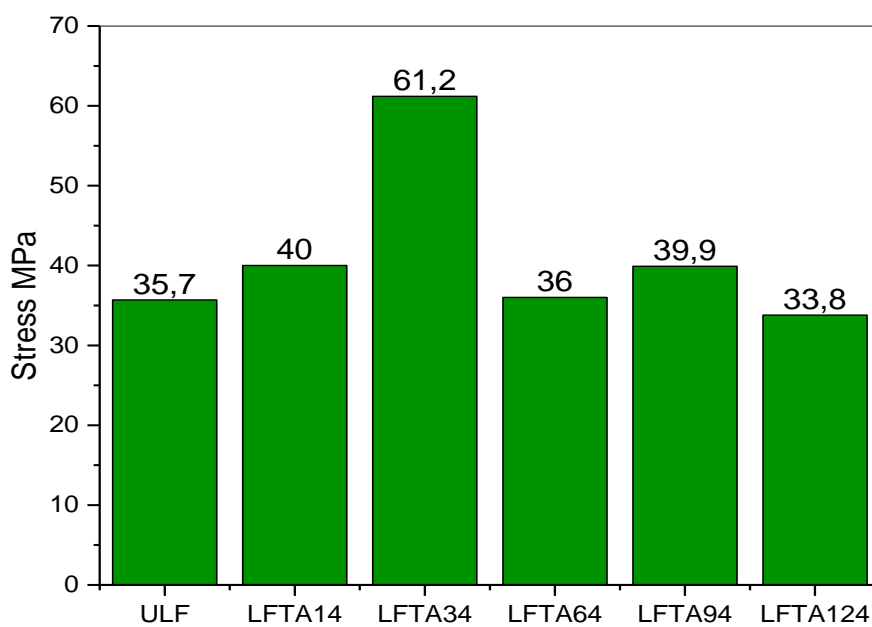
الشكل (4-49) اختبار الثقي للعيينة (L)



الشكل (4-50) اختبار الثقي للعيينة (DL)



الشكل (4-51) اختبار الشد للعينات (L-DU)



الشكل (4-52) اختبار الشد للعينات (DL)-DU

خاتمة

الهدف من الدراسة هو تحضير مواد مركبة ذات أساس من البولي استرغير المشبع مقواة بألياف الليف المعالجة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم 1، 3، 6، 9، 12% وقد تم إنجاز هذا العمل على مستوى مصنع مغرب بايب بالمسيلة، هذه العينات المحضرة تمثلت في:

➤ الياف الليف مع الراتنج

➤ بقايا الليف مع الراتنج

➤ الياف الليف وبقايا الألياف الزجاجية مع الراتنج

➤ بقايا الليف وبقايا الألياف الزجاجية مع الراتنج

تم التطرق إلى التشخيص باستعمال الأجهزة التالية:

اختيار جهاز الطيف للأشعة تحت الحمراء، للألياف المعالجة والغير معالجة، لوحظ انخفاض كبير لقمة الإمتصاص عند 3330Cm^{-1} للعينات والتي تمثل مجموعة الهيدروكسيل للعينات المعالجة بخلاف الغير معالجة، نتج عنه إزالة اللجنين والهيمسيليلوز مما يؤكد فعالية المعالجة الكيميائية للألياف.

اختبار حيود الأشعة السينة من خلال هذا الإختبار تبين أن نسبة التبلور ارتفعت بنسبة 18,38، 19,12، 19,71، 20,52، 20,78% للعينات المعالجة.

اختبار الشد سجل في هذا الاختبار قيم معتبرة للإجهاد والانفعال ومعامل يونغ للعينات المعالجة أعلى قيمة للإجهاد 48 Mpa ومعامل يونغ 1212,12 Mpa للعينة ، وأن قيم الإجهاد ومعامل يونغ للعينات المعالجة أكبر مقارنة بالغير المعالجة في معظمها، وهذا مما يؤدي الى تحسين الخصائص الميكانيكية لهذه المركبات.

اختبار الشني ذو ثلاث نقاط الذي رافق اختبار الشد، لاحظنا أن الإجهاد زاد بنسبة 47,85%

للعينة المعالجة LFTA34(DL)-DU مقارنة بالغير معالجة، مما دل على فعالية المعالجة الكيميائية في تحسين الخصائص الميكانيكية.

في الأخير نتوقع أن المواد المركبة المعززة بألياف الليف والمعالجة كيميائيا، أن تحل محل المواد المركبة المقواة بألياف الزجاج، نظرا لحفتها وتحللها البيولوجي بعد دفنها واذ نتوقع مع صرامة الأنظمة في تطبيق القوانين

واجبار المصنعين على انتاج مواد غير ملوثة وصديقة للبيئة، وازدياد الطلب على المواد المركبة، ان تتطور
الإبحاث لإنتاج خيوط لألياف الليفا نظرا لقلّة تكلفتها وخفتها، واذ يطلق عليها تسمية المواد المركبة
الخضراء في اشارة الى الطبيعة.

تهدف هذه الدراسة إلى تحضير مادة مركبة ذات مصفوفة من البولي استر غير المشبع مدعمة بألياف الليفيا وبقايا الليفيا، وبقايا الألياف الزجاجية لمصنع مغرب بايب اندستري بالمسيلة، من أجل تحسين الخصائص الميكانيكية لهذا المركب، تمت معالجة الألياف بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH (1-3- 6-9-12%) ولمدة 4 ساعات، وتم السكب في القوالب يدويا، حسب الطريقة المعتادة، من خلال النتائج تبين أن هناك ارتفاع في درجة التبلور لألياف الليفيا المعالجة، والخصائص الميكانيكية للمركبات المحضرة بألياف معالجة، مقارنة بالمركبات المحضرة بألياف غير معالجة.

الاختبارات التشخيصية المستخدمة هي: التحليل للأشعة تحت الحمراء FTIR، اختبار حيود الأشعة السينية DRX، اختبار الشني، اختبار الشد.

الكلمات المفتاحية: - سيليلوز - الليفيا - الإلتصاق - الشني - الشد - البولي استر غير مشبع

Summary

This study aims to prepare a composite material with a matrix of unsaturated polyester supported by fiber fibers, fiber residues, and the remains of glass fibers from the Maghreb Pipe Industry factory in M'sila. In order to improve the mechanical properties of this compound, the fibers were treated with a sodium hydroxide solution (NaOH) (1-3- 6-9-12%) for a period of 4 hours, and pouring into the molds was done manually, according to the usual method. The results showed that there was an increase in the degree of crystallinity of the treated fibers, and the mechanical properties of the composites prepared with treated fibers, compared to the composites prepared with untreated fibers .

The diagnostic tests used are: FTIR, X-ray diffraction test (DRX), bending test, tensile test .

Keywords: - Cellulose - Loofah - Adhesion - Bending - Tensile - Unsaturated polyester

- [1] د. م. م. غانم، “تصنيع وتوصيف مواد مركبة من الأيوكسي ألياف القنب (المقواة بدقائق السيمبكا)،” *مجلة جامعة دمشق* and د. ل. علي . العدد الرا، vol. 2021، *والعلوم الهندسية*
- [2] م. ن. نحاس، “أحدث التطورات في مجال المواد المركبة – المواد المركبة الصديقة للبيئة والقابلة لإعادة الاستخدام،” *102-مجلة جامعة الملك عبد العزيز العلوم الهندسية*، م 16، ع 1، ص ص، 2005
- [3] ا. م. عبدالله، “دراسة الخواص الميكانيكية لمادة البولي أستر المقوى بسعف النخيل المعالج بمحاليل خل التفاح وهيدروكسيد الصوديوم .المجلد28، p. 2010، العدد 11، vol. *مجلة الهندسة والتكنولوجيا*، ” HCl، و حامض الهيدروكلوريك NaOH
- [4] I. K. S.Kalia, B.S.Kaith, *Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composite*. Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com).
- [5] O. B. A. Oyetayo Folake Lucy*, “Food Value and Phytochemical Composition of Luffa cylindrica Seed Flour,” *Am. J. Biochem.*, 2012.
- [6] M. O. H. Pereira, P. H. F., Rosa, M. D. F., Cioffi, *Vegetal fibers in polymeric composites: a review*. *Polímeros*. 2015.
- [7] J. William D. Callister, *Materials Science and Engineering An Introduction*. 2007.
- [8] N. A.-H. Y. Ahmad Al –Maharma, *Critical Review of the Parameters Affecting the Effectiveness of Moisture Absorption Treatments Used for Natural Composites*. 2019.
- [9] M. Farsi, “Thermoplastic matrix reinforced with natural fibers: a study on interfacial behavior, in *Some critical issues for injection molding*,” 2022.
- [10] A. SBIAI, *MATERIAUX COMPOSITES A MATRICE EPOXYDE CHARGEES PAR DES FIBRES DE PALMIER DATTIER: EFFET DE L’OXYDATION AU TEMPO SUR LES FIBRES*. 2011.

- [11] د. س. ع. ص. د. ك. م. ش. و. ق. ع. حمد، “دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات اساس بوليمري مقواة العدد 4، 2010. باللياف والدقائق،” *مجلة الهندسة والتكنولوجيا*.
- [12] C. MOINE, “EXTRACTION, CARACTÉRISATION STRUCTURALE ET VALORISATION D’UNE FAMILLE D’HÉMICELLULOSES DU BOIS. Obtention de matériaux plastiques par modification des xylanes,” UNIVERSITE DE LIMOGES, 2005.
- [13] O. S. S. R.A, “Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments. *Polymer Degradation and Stability*,” 2005.
- [14] S. N. H. M. G. M. M, “Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*,” 2008.
- [15] J. of M. P. Studies, “Traditional and medicinal uses of *Luffa cylindrica* : a Review,” 2013.
- [16] [Www.scientific.net_AMM.591.103](http://www.scientific.net_AMM.591.103), “*Luffa* Fiber Reinforced Polymer Composite.”
- [17] A.-C. G. et H. T. HUY, “Matériaux composites fibres naturelles/polymère biodégradables ou non,” UNIVERSITÉ DE GRENOBLE, 2011.
- [18] K. R. R.Panneerdhassa, A.Gnanavelbabub, “Mechanical Properties of *Luffa* Fiber and Ground nut Reinforced Epoxy Polymer Hybrid Composites,” *ScienceDirect*, 2014.
- [19] العدد 31، 2022، ح. م. س. انوير، “دراسة مفصلة للتعريف بالمواد المركبة وبعض تطبيقاتها،” *المجلة الدولية للعلوم والتقنية*.
- [20] إ. د. إ. أ. د. م. أمين، *خواص المواد واختباراتها*. 2007.
- [21] J. P.-D. Justine Tronet, “La résine acrylique,” Université Echahid

Hamma Lakhdar. El Oued, 2009.

[22] “<http://www.maghrebpipes.com/>.”

[23] D. O. M. E. S. Khayal, “MANUFACTURING AND PROCESSING OF COMPOSITE MATERIALS,” 2019.

[24] C. W. and Z. X. Zhao-xuan Ding, Yan-hui Zhang, “Luffa Pretreated by Plasma Oxidation and Acidity to Be Used as Cellulose Films”.

[25] N. M. and S. Acharya, “Fiber surface treatment: Its effect on structural, thermal, and mechanical properties of *Luffa cylindrica* fiber and its composite,” *J. Compos. Artic. MATERIALS*, 2015.

[26] G. P. M. I, “Surface modification of fique fibres: Effects on their physicmechanical properties, *Polymer Composites*,” 2002.

[27] L. N. P. K. S. K. E. B, “Performance of pineapple leaf fiber – natural rubber composites: The effect of fiber surface treatments, *Journal of Applied Polymer Science*,” 2006.

[28] K. J. M. P. D. S. C. S. F, “Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (*Abelmoshus esculentus*) fibres as potential reinforcement in polymer composites,” 2010.

[29] M. O. O. and S. H. B. Meghlaoui, “*U.P.B.Sci.Bull., Series B*, 81,” 2019.

[30] W. S. and Z. K. A. Benyahia, A. Merrouche, Z.E.A. Rahmouni, M. Rokbi, “*Mechanics and Industry*,” 2014.