الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة محمد بوضياف – المسيلة

كلية العلوم

قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

تخصص: كيمياء

فرع: الكيمياء العضوية

العنوان:

دراسة نظرية حول استخلاص وتوصيف الألياف النباتية لتعزيزها في المواد مركبة

من إعداد:

✓ راجعي عمار
✓ زهار حياة
✓ روباش دعاء

لجنة المناقشة:

دغفل النذير	جامعة المسيلة	رئيسا
العايب النوري	جامعة المسيلة	مشرفا
بن يحي عز الدين	جامعة المسيلة	ممتحنا

2020/2019

تشكرات

يسرنا ويشرفنا أن نتقدم بخالص الشكر ووافر الامتنان إلى أساتذتنا على ما بذلوه من جهد وتحملهم من مشقة جعلها الله في موازين حسناتهم.

ونخص بالتقدير والشكر:

الأستاذ المشرف : العايب النوري مع خالص الاحترام و التقدير على ما قدمه من جهد واستثماره نفسه في متابعته لعملي و توجيهه لي و ملاحظاته المثمرة جزاه الله كل خير.

الأستاذ بن يحي عز الدين: مع خالص الاحترام و التقدير على ما قدمه من جهد وتوجيه جزاه الله كل خير.

رئيس مخابر الكيمياء :عريوة نور الدين مع خالص الامتنان والتقدير على كل ما قدمه من مساعدات.

جعلها الله في موازين حسناتهم وبارك الله فيهم .

وفي الأخير نشكر كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد على إتمام هذا البحث.

الفهرس

قائمة الاختصارات .....ا
قائمة الأشكال .....ب
قائمة الجداول .....د
مقدمة .....ه

الفصل الأول:

دراسة نظرية عن الألياف

تمهيد 1
I- تعريف الألياف 1
I-1- أنواع الألياف و تصنيفها 1
I-1-1- الالياف الاصطناعية 2
I-1-1-1- الالياف الكربونية 3
I-1-1-2- الياف الارميد 3
I-1-1-3- الالياف الزجاجية 3
I-1-2-1- الالياف الطبيعية 3
I-1-2-1- الالياف الحيوانية 3
I-1-2-2- الالياف المعدنية 4
I-1-2-3-الالياف النباتية 4
I-2- مميزات الالياف النباتية 4
I-3- بنية و مورفولوحية الالياف النباتية 4
I-4- التركيب الكيميائي للالياف النباتية 5
I-5- المكونات الأساسية للالياف النباتية 6
I-5-1- السيليلوز 6
I-5-2- الهيميسيليلوز 7
I-5-3- الليجنين 8
I-5-4- البيكتين 10
I-5-5- المستخلصات البسيطة 11
I-6- إيجابيات و سلبيات الالياف النباتية كمدعمة للمواد المركبة 11
I-7- الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للالياف النباتية 12
I-8- الليف الاسطواني أو اللوف (Luffa):.....13

الفصل الثاني:

استخلاص الألياف النباتية

تمهيد 16
II-1- تعريف الاستخلاص 16
II-2- أنواع الاستخلاص 16
II-2-1- الاستخلاص سائل – سائل 16
II-2-2- الاستخلاص صلب- سائل 16
II-2-2-1-استخلاص غير مستمر (التنقيع) 16
II-2-2-2- استخلاص مستمر (باستعمال جهاز سوكسلي) 17
II-3- طرق استخلاص الالياف النباتية 17
II-3-1- الاستخلاص الميكانيكي 17
II-3-1-1- عملية التصفيف 18
II-3-1-2- عن طريق الثني 18
II-3-1-3- بواسطة الانفجار البخاري 19
II-3-2- الاستخلاص البيولوجي 20
II-3-2-1- التنقيع في الحقول 20
II-3-2-2- التنقيع في المياه 21
II-3-2-3- عن طريق عمل المكروبات (الأنزيمات) 22
II-3-3- الاستخلاص الكيميائي 22
II-3-3-1- استخلاص السيليلوز 23
II-3-3-2- استخلاص الهيميسيليلوز 24
II-3-3-3- استخلاص الليجنين 24
II-3-3-4- استخلاص البكتين 26
II-4- التركيب الكيميائي لنبات الليف الاسطواني 27

الفصل الثالث:

معالجة الألياف النباتية

تمهيد 29
III-1- المعالجة الكيميائية 29
III-1-1- المعالجة القلوية 29
III-1-2- عملية الاسيلة (Acétylation) 30
III-1-3- عملية الاسترة (Estérification) 31

III-1-4- عملية الاثيرة (Ethérification) 32
III-1-5- المعالجة بالأحماض الدهنية 34
III-1-6- المعالجة بالسيلان 34
III-1-7- المعالجة بالبرمنغنات 35
III-2- التطعيم الكيميائي 35
III-3- المعالجة الفيزيوكيميائية 36
III-3-1- المعالجة بالبلازما 36
III-3-2- المعالجة الاكليلية..... 37
III-3-3- المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية 38
III-3-4- المعالجة بالليزر 39
III-4- تاثير المعالجة على نبات الليف الاسطواني 39

الفصل الرابع:

المواد المركبة

تمهيد 42
IV-1- تعريف المواد المركبة 42
IV-2- تاريخ المواد المركبة 43
IV-3- تصنيف المواد المركبة ومميزاتها 43
IV-3-1- تصنيف المركبات حسب شكلها 44
IV-3-1-1- مركبات الالياف 44
IV-3-1-2- مركبات الجسيمات 44
IV-3-2- التصنيف حسب نوع المصفوفة 45
IV-3-2-1- المواد المركبة ذات المصفوفة العضوية (CMO) 46
IV-3-2-2- المواد المركبة ذات المصفوفة المعدنية (CMM) 47
IV-3-2-3- المركبة ذات المصفوفة الخزفية (CMC) 48
IV-4- شروط تحضير المركبات 48
IV-5- طريقة تحضير المواد المركبة 49
IV-6- المزايا والعيوب الرئيسية للمواد المركبة المدعمة بالألياف نباتية 50
IV-7- تطبيقات المواد المركبة على أساس الألياف النباتية 50
خاتمة 53
قائمة المراجع 54

الاختصارات:

S1: الجدار الخارجي للالياف.

S2: الجدر المركزي للالياف.

S3: الجدار الداخلي للالياف.

E(Gpa): معامل يونغ.

EDTA: حمض ايثيل ثنائي امين التترازيك.

AM: انهيدريد المانييك.

AS: انهيدريد السكسنيك.

PS: بولي ستيرين

PE: بولي ايثيلين

PP: بولي بروبين.

PP-g-AM: بولي بروبيلين مطعم بانهيدريد الماليك.

PVC: بولي فينيل استر.

NR: المطاط الطبيعي.

HDPE: بولي ايثيلين عالي الكثافة.

CMO: مواد عضوية ذات مصفوفة عضوية.

CMC: مواد عضوية ذات مصفوفة خزفية.

CMM: مواد عضوية ذات مصفوفة معدنية.

TP: مصفوفة مرنة حراريا.

TD: مصفوفة متصلبة حراريا.

UP: راتنج البولي استر

قائمة الأشكال

الشكل الصفحة

الشكل (I-1): تصنيف الألياف 1

الشكل (I-2): بنية الالياف النباتية 5

الشكل (I-3): التركيب الحلزوني لالياف السيليلوز في الالياف النباتية.....6

الشكل (I-4): بنية جزئي السيليلوز 6

الشكل (I-5): بنية جزيئ الهيميسيليلوز 8

الشكل (I-6): الغلوسيدات الأساسية المكونة للهيميسليلوز 8

الشكل (I-7): جزئي الليجنين المكون لمختلف الوحدات 9

الشكل (I-8): وحدة جزيء الليجنين 9

الشكل (I-9): أنواع الروابط الأكثر تواجدا في الليجنين 10

الشكل (I-10): الوحدات الأساسية المكونة للمركبات البكتينية 10

الشكل (I-11): نبات الليف الاسطواني 14

الشكل (I-12): أصناف الليف الاسطواني 14

الشكل (II-1): مخطط يوضح خطوات الاستخلاص بالتنقيعل 17

الشكل (II-2): أدوات تصفيف الالياف 18

الشكل (II-3): استخلاص الألياف النباتية الأوتوماتيكي ونظام الكشط الذي طورته شركة ATB 19

الشكل (II-4): مخطط عام لمنشأة انفجار بخاري 20

الشكل (II-5): عملية التنقيع لالياف الكتان في الحقول 21

الشكل (II-6): تنقيع الالياف في المياه 22

الشكل (II-7): استخلاص السيلسلوز عبر تجربة سوكسلي 25

الشكل (II-8): رسم تخطيطي لبروتوكول استخراج اللجنين (Klason) 26

الشكل (III-1): التركيب النموذجي للألياف اللجنوسليلوزية 29

الشكل (III-2): عملية الاسيلة مع و بدون محفز 30

الشكل (III-3): الرابطة الكيميائية PP-g-AM /الألياف السليلوزية 32

الشكل (III-4): الملاحظة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعالجة الياف الموز بهيدروكسيد الصوديوم.....33

الشكل (III-5): معالجة الالياف بالسيلان 35

الشكل (III-6): المعالجة الكيميائية بواسطة برمنغنات البوتاسي.....35

الشكل (III-7): تفعيل تطعيم البوليمير (NR) بالبرمنغنات .....;;;.....36

الشكل (III-8): صورة مجهرية (×400) لتاثير المعالجة ب NaOH 39

الشكل (III-9): صورة مجهرية (×400) لتاثير المعالجة بالميتاكريلامين لالياف نبات الليف الاسطواني 40

الشكل (IV-1): رسم يوضح بنية مكونات المواد المركبة 43

الشكل (IV-2): تصنيف المواد المركبة 44

الشكل (IV-3): تصنيف المواد المركبة حسب الشكل 45
الشكل (IV-4): مراحل القولبة 50

قائمة الجداول

الجدول الصفحة

الجدول (I-1): أنواع الألياف الاصطناعية 2

الجدول (I-2): نسب السيليلوز في الألياف النباتية 7

الجدول (I-3): المركبات الكيميائية لبعض الألياف النباتية 11

الجدول (I-4): إيجابيات و سلبيات الالياف النباتية 12

الجدول (I-5): الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف النباتية 13

الجدول (II-1): التركيب الكيميائي لنبات الليف الاسطواني 27

الجدول (IV-1): أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة العضوية 47

الجدول (IV-2): أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة المعدنية 47

الجدول (IV-3): أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة الخزفية 48

مقدمة:

على مدى العقود القليلة الماضية ، اكتسب استخدام الألياف الطبيعية بدلاً من الألياف الاصطناعية كمواد تقوية لمركبات البوليمر اهتمامًا كبيرًا بسبب خصائصها الفريدة ، مثل قابلية التجدد والتحلل البيولوجي ومرونة المعالجة والكثافة المنخفضة والقوة النوعية العالية والتكلفة المنخفضة. بالإضافة إلى ذلك ، للألياف الطبيعية تطبيقات في مجالات مختلفة مثل صناعات الطاقة الحيوية والسيارات وتصنيع الورق والمنسوجات بسبب خصائصها وتوافرها الواسع. ونتيجة لذلك، تركز مواضيع العديد من الباحثين في جميع أنحاء العالم في الوقت الحاضر على الحاجة إلى استعمال الألياف النباتية كمصادر بديلة. الا ان هناك مشكلة تواجه الباحثين في ذلك وهي عدم التوافق بين الألياف النباتية كمواد تقوية والراتنجات المستعملة كمصفوفة و السبب في ذلك هو ان الألياف بها نهايات لها خاصية محبة للرطوبة أما الراتنجات فلها خاصية كارهة للرطوبة و هذا ما يسبب ضعف التصاق بينهما و لهذا الغرض فإننا قمنا في هذا البحث بدراسة نظرية حول تحضير مواد مركبة تتكون من مصفوفة وهي البولي أستر غير مشبع ،مقواة بألياف نبات الليف .

حيث قسمنا هذا البحث الى أربعة فصول، حيث تطرقنا في الفصل الأول الى دراسة نظرية للألياف بأنواعها. أما الفصل الثاني، فتطرقنا من خلاله إلى مختلف الطرائق التي يمكن من خلالها استخلاص الالياف النباتية بصفة عامة ودراسة التركيبة الكيميائية لنبات الليف. أما الفصل الثالث فتطرقنا من خلاله الى اثر مختلف المعالجات التي تم إجرائها على الألياف النباتية بصفة عامة و كذلك تأثير المعالجة على نبات الليف. أما الفصل الرابع قمنا بدراسة نظرية للمواد المركبة المقواة بالألياف النباتية.

الفصل الأول:
دراسة نظرية عن الألياف

تمهيد:

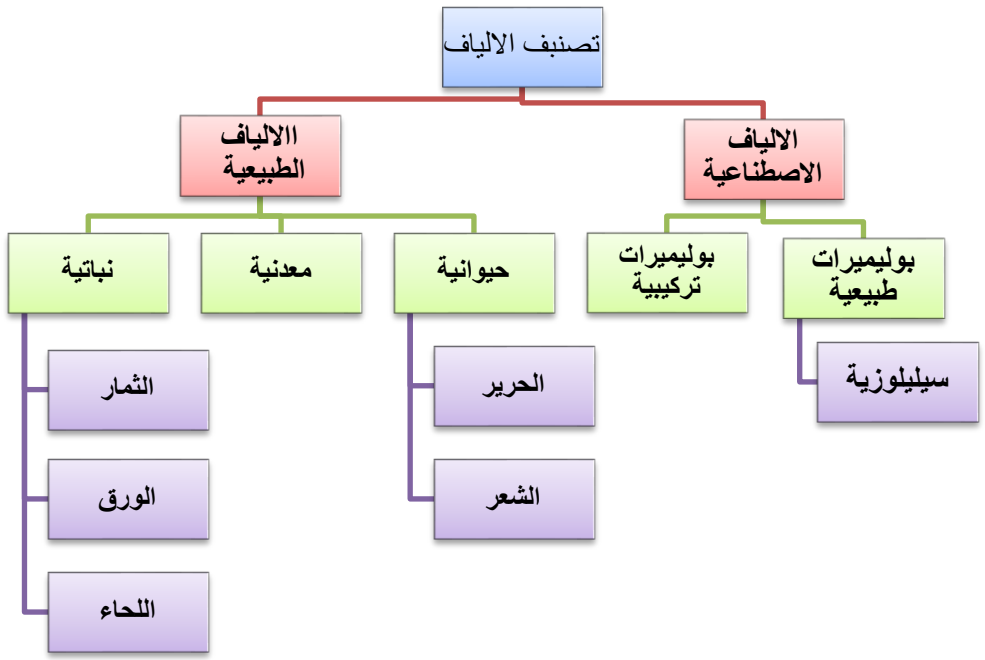
الليف هو أصغر وحدة مرئية في أي إنتاج نسيجي. ويَستَخدم أصحاب المصانع الألياف في الملابس، وفي أثاث البيوت مثل السجاد والستائر. كذلك يستخدمون الألياف في كثير من المنتجات الصناعية بما في ذلك مظلات الهبوط، وخراطيم الماء المستخدمة في إطفاء الحرائق، وفي صناعة المواد العازلة وملابس الفضاء. وفي مجال الطب تُستخدم الألياف في صناعة الشرايين والأوتار الصناعية، و تقوم دراسات حديثة بتوظيف الألياف النباتية في مجال تحضير المواد المركبة حيث ان للألياف خصائص مميزة تسمح باستعمالها في هذا المجال.

I- تعريف الألياف:

الألياف مصطلح يطلق على المواد التي تكون على شكل حبال أو خيوط طويلة ذات أقطار صغيرة جدا تتراوح من (3-10 ميكرومتر)[1] وهي تستعمل في تقوية المركبات البوليميرية ومن أهمها نجد الألياف النباتية والألياف الطبيعية والاصطناعية كما أن لها خواص ميكانيكية متميزة مثل مقاومة الاجهادات الصلابة وقدرتها على العزل ضد الصوت والحرارة.

I-1- أنواع الألياف وتصنيفاتها:

تنقسم الألياف بدورها إلى قسمين هما الألياف الطبيعية والألياف الاصطناعية كما هو موضح في الشكل (1.I) تتميز الألياف الطبيعية بخواص معينة فهي تتحلل بيولوجيا كما يمكن الحصول عليها من مصادر متجددة بينما تتميز الألياف الاصطناعية بقوتها ومتانتها وقلة تكلفتها وإمكانية اكبر لتعديل خواصها وتركيبها الكيميائي لكن بالإمكان أن نقوم بهندسة الألياف الاصطناعية بحيث تصبح تشبه الألياف الطبيعية [2].



الشكل (I-1): تصنيف الألياف[2].

I-1-1- الألياف الاصطناعية:

تسمى أيضا الألياف التركيبية وهي عبارة عن ألياف يصنعها الإنسان بتوليف كيميائي على عكس الألياف الطبيعية التي يحصل عليها من الكائنات الحية مع تغيرات كيميائية قليلة أو معدومة.
وهي نتيجة بحث مستفيض أجراه العلماء لتحسين الألياف الحيوانية والألياف النباتية التي تحدث بشكل طبيعي.تعتمد على مصادر بتروكيميائية وذلك بتشكيل البوليميرات على شكل خيوط لها عدة مزايا تجعلها تختلف عن الألياف الطبيعية مثل قوة الشد العالية، مقاومة شديدة للتشوه ،ضعف امتصاصها للرطوبة ولها درجة تبلور عالية ومن أمثلة هذه الألياف البولي استر مع العلم انه توجد عدة أصناف من الألياف الاصطناعية [3] من بينها هذه الأصناف المبينة في الجدول (I-1).

الجدول (I-1): أنواع الألياف الاصطناعية.

الألياف الاصطناعية	
الياف طبيعية تركيبية	**الياف تركيبية**
ألياف سيليلوزية:	بولي أميد
ألياف الفيسكوز	بولي استر
ألياف الحرير الصناعي	بولي فينيل
ألياف أكسيد النحاس النشادري	بولي اوليفين
ألياف بروتينية تركيبية:	
ألياف الكازين	
ألياف الفول السوداني	
ألياف الصويا	
ألياف بروتينية أخرى:	
ألياف المطاط الطبيعي	
ألياف السيليكات	
ألياف السيليكا	

تدخل الألياف الاصطناعية في تكوين معظم البوليميرات المستعملة في الصناعات الحديثة ولذلك يجب الحرص على أنها تتمتع بخصائص فيزيائية وكيميائية معينة[3] مثل:

- درجة الانصهار والتلين عالية نسبيا.
- وجود قوى جزيئية عالية بين سلاسل البوليميرات.

- الألياف مقاومة للاشتعال،غير سامة وغير مسببة للحساسية مثل (ألياف الزجاج ،ألياف الكربون والكيفلار...).

I-1-1-1- الألياف الكربونية:

تتمتع هذه الألياف بخصائص عالية جدا، وتحضر بدءا من مواد عضوية وبطرق خاصة.تتميز الألياف الكربونية بسعر مرتفع، لكنها ذات خواص ميكانيكية عالية،وكثافة منخفضة، ومقاومة حرارية (ضمن وسط غير مؤكسد)، وإمكانية الاحتفاظ بخصائصها حتى 1500 درجة مئوية[4].

I-1-1-2- ألياف الأراميد:

تحضر بدءا من مركب عضوي عطري، ينتج عن تمديد سلسلة طويلة من البولي أراميد (polyaramide). أهم ما يميز هذه الألياف : مقاومة شد عالية جدا، ومقاومة جيدة للصدمات والتعب ،ووزن نوعي منخفض، بالإضافة إلى كلفته المنخفضة مقارنة بألياف الكربون[4].

I-1-1-3- الألياف الزجاجية:

تتميز الألياف الزجاجية بخصائص ميكانيكية جيدة وسعر منخفض،مما يجعلها الأكثر استخداما في تقوية المواد المركبة.من المعلوم أن الزجاج يمتلك خاصية الهشاشة مما يمنع من استخدامه في تصنيع القطع الميكانيكية.وهذه الهشاشة ناتجة عن الحساسية المفرطة للزجاج اتجاه العيوب والتشققات التي تنشأ فيه أثناء التصنيع.وقد لوحظ بالتجارب أنه عند اختيار القطع الصغيرة ذات الأبعاد الصغيرة : ارتفاع في الخواص الميكانيكية، وتناقص في خاصية الهشاشة .تم تفسير هذه الظاهرة بأنه في القطع الصغيرة يقل احتمال التشققات والعيوب [5].

I-1-2 الألياف الطبيعية:

يتم الحصول على الألياف الطبيعية بشكل رئيسي من النبات أو الحيوان أو المعادن. وهي تقدر بما يزيد على نصف مجموع الألياف المنتجة في العالم كل عام.

I-1-2-1- الألياف الحيوانية:

تشمل الفراء والشعر والصوف المجزوز من الخراف ومن حيوانات أخرى .مرغوبة في الملابس وفي أثاث المنزل.وألياف الصوف لها سطح شبيه بالحراشف مماثل للألواح الخشبية التي تكسى بها أسطح المنازل.ويجدل أصحاب المصانع ألياف الصوف معا في عملية تسمى التلبيد،وهي عملية تحدث جيوبا هوائية داخل الألياف، حيث يقوم الهواء المحجوز في هذه الجيوب بدور العازل .وهذا أحد الأسباب التي تجعل الملابس الصوفية أكثر دفئا. أقوى أنواع الألياف الحيوانية هو الحرير.ويفك أصحاب المصانع خيوط الحرير من شرانق دودة القز، ويصنعون خيوطا حريرية للملابس وأقمشة الزينة.

I-1-2-2- الألياف المعدنية:

إن الاستعمال الأكثر شيوعاً للألياف المعدنية هو صناعة المنسوجات مثل القماش المطرز. وهناك العديد من أنسجة الملابس العصرية منسوجة من الألياف .الألياف المعدنية الأخرى تكون مستعملة في خطوط الاتصال مثل خطوط الهاتف، وخطوط التلفزيون السلكي .

I-1-2-3- الألياف النباتية:

يعتبر القطن أكثر أنواع الألياف الطبيعية استعمالا.وتغزل ألياف التيلة من غلاف ثمرة القطن على شكل خيوط لصناعة الملابس والأقمشة المنزلية والمستخدمة في الصناعة. تتميز الأقمشة القطنية بكونها ماصة وناعمة ومريحة. الكتان هو نوع من الليف القوي ،يؤخذ من سيقان نبات الكتان ،ويستعمل في صناعة الملابس والأفرشة والمناديل.ألياف القنب والجوت والسيزال جميعها ألياف نباتية خشنة ،تستعمل لصناعة الخيوط والحبال والأقمشة الخشنة.

I-2- مميزات الألياف النباتية:

تمتلك الألياف النباتية العديد من المزايا منها [6]:

- القدرة على التخزين.
- القدرة على التجديد(recyclable).
- كثافتها الضعيفة تعتبر ورقة رابحة في خفة وزن المواد المقواة بها خصوصا في مجالات النقل (السيارات ،السفن، الطائرات...).

I-3- بنية و مورفولوجية الألياف النباتية:

تحتوي الألياف على عدة أجزاء كما هو موضح في الشكل (I-2) حيث تتكون مما يلي:

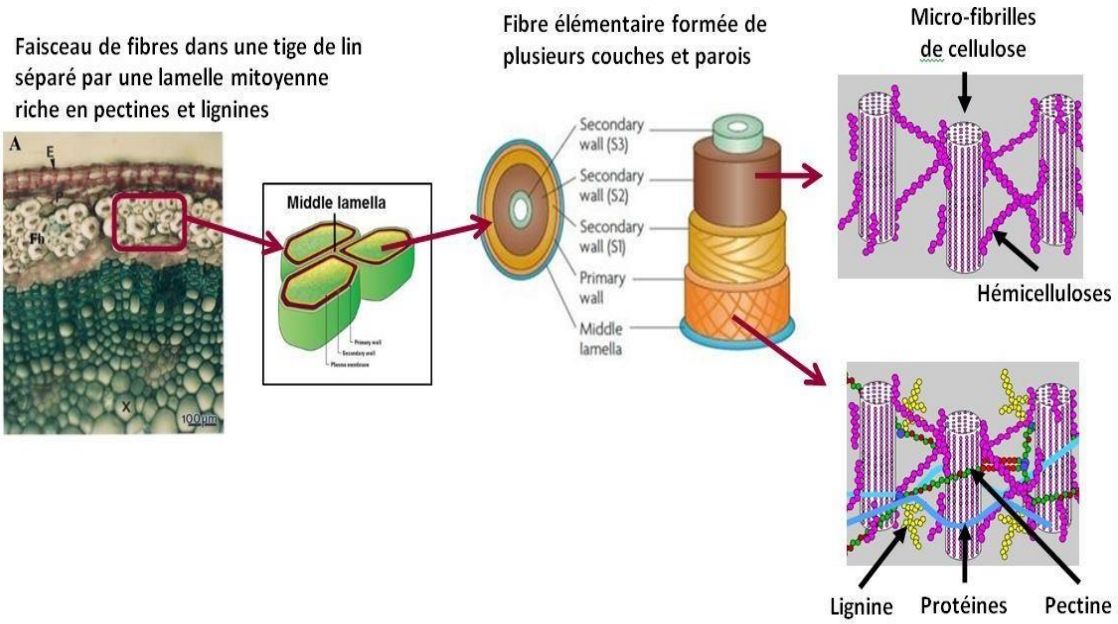
- الجدار الأساسي الرفيع جدا (0.03-0.1 ميكرومتر) يتكون من هيكل ليفي مغلف بمزيج من الليجنين والبيكتين والهيميسيليلوز.

- الصحيفة الوسطى بسماكة 0.5-2 ميكرومتر في المحيط وهو أمر شائع في الخلايا المجاورة .تتكون بشكل أساسي من الليجنين 70% المرتبط بالمركبات العضوية الأخرى مثل :السيليلوز ،الهيميسيليلوز،البكتين.تقوم الصحيفة الوسطى بلحام الألياف معا وتمنحها قوة وصلابة كبيرة بفضل وجود الليجنين.

-الجدار الثانوي وهو الجزء الرئيسي من الالياف يتكون من ثلاثة اجزاء متميزة:

- الجدار الخارجي الرقيق S1 (0.1 الى 0.2 ميكرومتر) حيث يتم لف الألياف في حلزونات متوازية ، في اتجاهين متعاكسين (طبقة واحدة في اتجاه واحد ، والطبقة الأخرى متقاطعة).
- الجدار المركزي S2 ، وهو الأكثر سمكًا (0.5 إلى 8 ميكرومتر). يتم ترتيب الألياف في حلزونات متوازية، وتعتمد صلابة الألياف على سمك هذا الجدار.

- الجدار الداخلي S3 (يسمى الجدار الثلاثي) وهو جدار رقيق (0.04 إلى 0.1 ميكرومتر). بين الألياف ,توجد فراغات تتكون جزئيًا من اللجنين والهيميسليلوز.

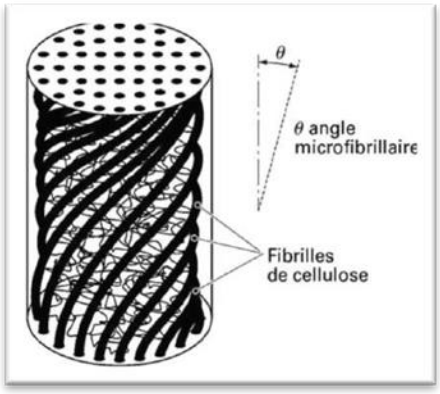


الشكل (I- 2): بنية الألياف النباتية [7].

تساهم الألياف في الوظائف الأساسية لتطور النباتات. لذلك فهي مسامية ويمكن لبعض السوائل والغازات اختراقها. يمكن أن تتأثر مورفولوجيتها بعدة عوامل مثل المواسم والقيود. كما لوحظت اختلافات في التشكل الليفي اعتمادًا على عمر الألياف [8، 9].

I-4- التركيب الكيميائي للألياف النباتية:

في الألياف النباتية ، يتم تحديد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والحرارية بشكل أساسي من خلال التركيب الكيميائي، والبنية، وحجم الخلايا، ونسبة السيليلوز، وزاوية الألياف الدقيقة، بالإضافة إلى المقطع ودرجة البلمرة [10]. المكونات الرئيسية للألياف الطبيعية هي: السيليلوز ، الهيميسيلولوز واللجنين. كما أنها تحتوي على البروتينات والمواد المستخلصة وبعض المركبات غير العضوية بنسب منخفضة. يتم تقديم كل ليف كمركب حيوي متعدد الطبقات يعمل فيه اللجنين كطلاء مصفوفة لعنصر هيكلي شديد الصلابة هو السليلوز. يمكن مقارنتها بمادة مركبة معززة بألياف السليلوز ، وتتكون المصفوفة أساسًا من هيميسليلوز ولجنين [11]. يشكل اللجنين المصفوفة ويلعب الهيميسليلوز دور المادة المعززة بين هذين المكونين. يتم توجيه ليفات السيليلوز في شكل حلزون بزاوية تسمى زاوية الألياف الدقيقة[10] الشكل (I-3).



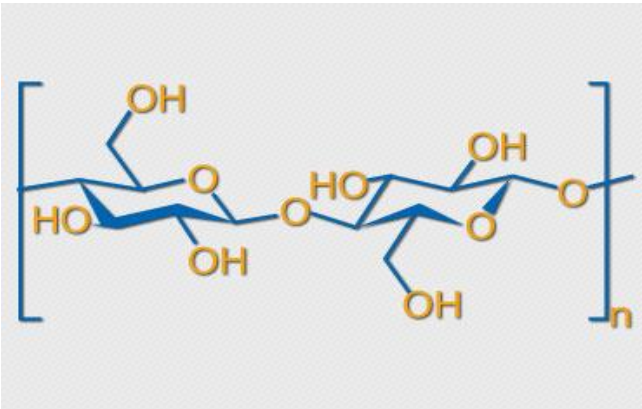
الشكل (I-3): التركيب الحلزوني لألياف السيليلوز في الالياف النباتية.

يتم تجميع سلاسل السليلوز في هياكل أساسية تسمى الألياف الدقيقة بأقطار تتراوح من 2 إلى 20 نانومتر. يمكن النظر إلى كل ليف دقيق على أنه سلاسل من بلورات السليلوز مرتبطة بمناطق غير متبلورة. يختلف تكوين الألياف الطبيعية باختلاف أصولها النباتية والظروف المناخية والنضج وطريقة الاستخراج. التركيب الكيميائي ، البنية ، العيوب وأبعاد خلايا الألياف هي المعالم الرئيسية التي تحدد جميع خصائص الألياف ، ولا سيما الخواص الميكانيكية. بشكل عام ، تزداد قوة الشد ومعامل يونغ للألياف مع زيادة محتوى السليلوز [13].

I-5- المكونات الأساسية للألياف النباتية:

I-5 -1- السيليلوز (cellulose):

السيليلوز هو بوليمير يتكون من ß جلوكوز وهو أكثر الجزيئات العضوية وفرة على وجه الأرض .يوجد السيليلوز بشكل رئيسي في النباتات ،ويكون 40% من جدار الخلية النباتية. يتم ترتيبها في طبقات مختلفة في جدار الخلية النباتية، متباينة في الجدران الأولية والثانوية.يتكون هيكل السيليلوز من سلاسل الجلوكوز الخطية المرتبطة ببعضها البعض بواسطة روابط غليكوسيدية في الموقع4-1 ß. كما هو موضح في الشكل (I-4)



الشكل (I-4): بنية جزئي السيليلوز[14].

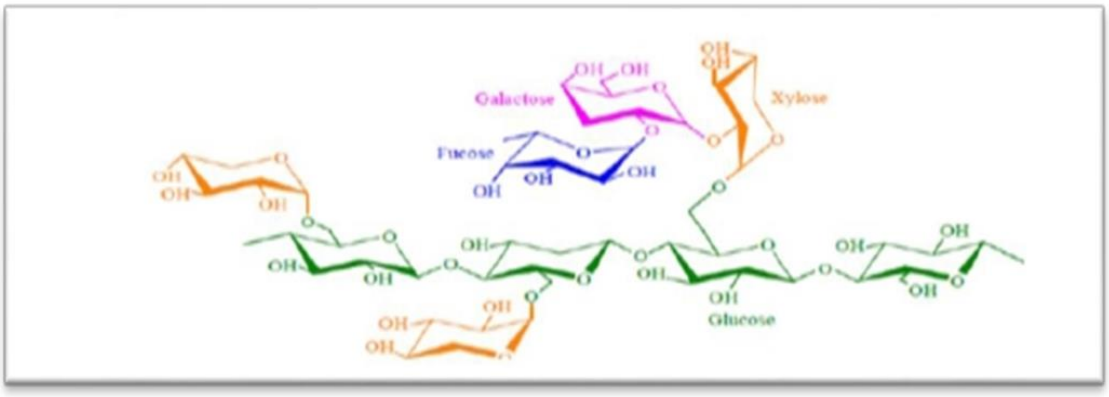
يزيد وجود مجموعات الهيدروكسيل (OH-) الخارجة من كل سلسلة في كل الاتجاهات من الارتباط بين سلاسل الجلوكوز المجاورة بسبب هذا الارتباط المتقاطع، تزداد قوة الشد في بنية السيليلوز. تمنع قوة الشد العالية هذه الخلية من الانفجار عندما تدخل المياه الى الخلية عبر التناضح. يتم تحديد شكل الخلية وفقا لترتيب حزم السيليلوز. بغض النظر عن وظيفة السيليلوز الأساسية كمركب هيكلي فانه يزيد من قوة وصلابة السيقان والجذور والأوراق لأنواع عديدة النباتات .وهو بمثابة مصدر مهم للغذاء لبعض الحيوانات والبكتيريا والفطريات، بحيث يتم تفكيك السيليلوز الى غلوكوز بواسطة انزيم السيليلاز. يؤلف السيليلوز جزءا مهما في العديد من المنتجات المعروفة فعلى سبيل المثال يكون السيليلوز نحو 42% من الخشب الذي يستخدم في المباني والأثاث ، ويحتوي القطن وهو أكثر الألياف استخداما في صناعة المنسوجات على 95% من السيليلوز، وهو مفيد لوفرته ورخص ثمنه. يحوي السيليلوز على 44% كربون (C) و6.2% هيدروجين (H)و49.4 % أكسجين (O).يحتوي كثير من النباتات على نسبة كبيرة من السيليلوز.كما في الجدول (I- 2).

الجدول (I-2): نسب السيليلوز في الألياف النباتية.

النبات	السيليلوز%
القطن	40-50
اللحاء	20-23
الطحالب	25-30
البكتيريا	20-30
الخشب	95-99
القنب	80-90
الخيزران	40-50

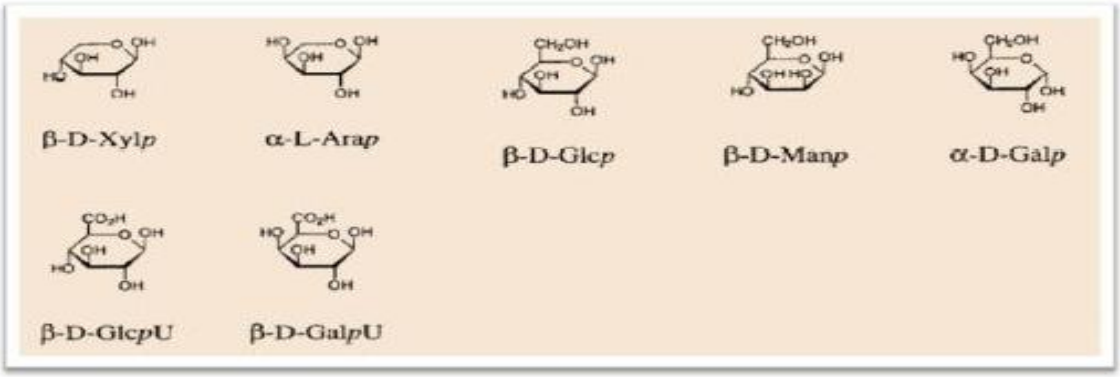
I-2-5- الهيميسيليلوز (hemicellulose):

هو عبارة عن بوليمير حيوي من عائلة الكربوهيدرات المعقدة يوجد بنسبة تصل من 10 إلى 30 % من تركيب النباتات حيث يدخل في تركيب جدار الخلايا المسنة للأنسجة النباتية ، له دور في الربط بين ألياف السيليلوز، والربط بين مركبات المصفوفة الأخرى .يشكل الهيميسيليلوز العائلة الثانية من المركبات من ناحية الوفرة في النباتات بعد السيليلوز وفي النظم البيئية الأرضية التي تهيمن عليها الكتلة الحيوية النباتية الحية أو الميتة. بالرغم من التشابه الكبير في التسمية بين السيليلوز والهيميسيليلوز الا أن تركيبهما الكيميائي يختلف تماما فالأخير تعتمد بنيته على أصل النبات أو عمر الخلية أو الموقع في جدار الخلية أو حتى عمر الأنسجة.
الهيميسيليلوز هو عبارة عن سكريات متعددة عديمة الذوبان في الماء وعند تحللها مائيا بالحامض المعدني الساخن المخفف تعطي سكريات سداسية (Hexoses)، وسكريات خماسية (Pentoses) وحامض اليورونيك (acid uronique). كما هو موضح في الشكل (I-5). يعتمد تحلله على عدد من العوامل البيئية مثل : الحرارة الرطوبة ، التهوية، درجة الحامضية PH.



الشكل (I-5): بنية جزيء الهيميسيليلوز[15].

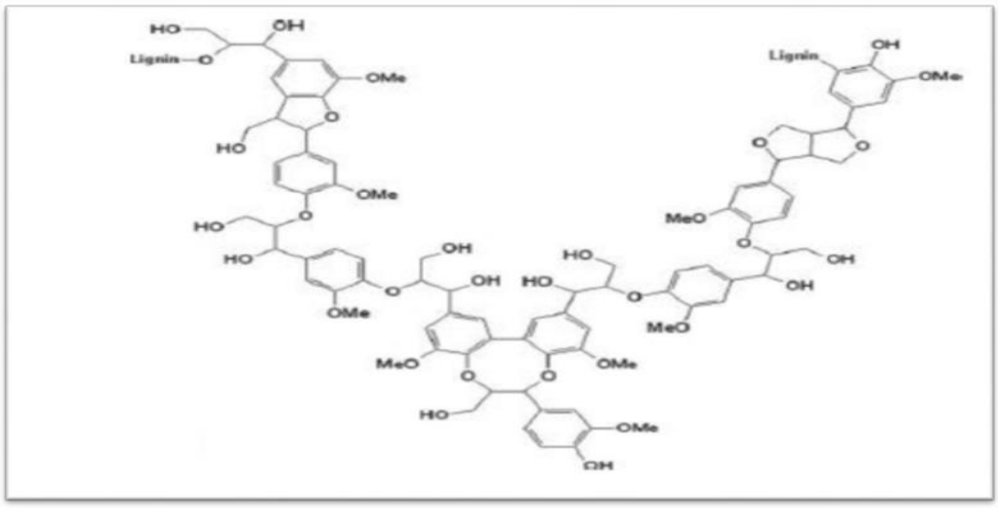
ان أكثر السكريات السداسية وجودا في تركيب الهيميسيليلوز هي الجلوكوز(Glucose) والفراكتوز (Fructose) والغلاكتوز (Glactose) ، المانوز (Mannose). أما بالنسبة للسكريات الخماسية فتتضمن سكر الزايلوزXylose والأرابينوز (arabinose). ان الروابط التي تربط بين سلاسل سكر الزايلوز هي من نوع β-1,4 مع وجود سلاسل جانبية من حمض الكلوكيورونيك (acid glucuronique) (وهو حامض يورونيك ناتج عن أكسدة سكر الجلوكوز) كما قد تحتوي السلاسل الجانبية على سكر الأرابينوز.والشكل (I- 6) يوضح بعض أنواع السكريات الداخلة في تركيب الهيميسيليلوز.



الشكل (I-6): الغلوسيدات الأساسية المكونة للهيميسليلوز[14].

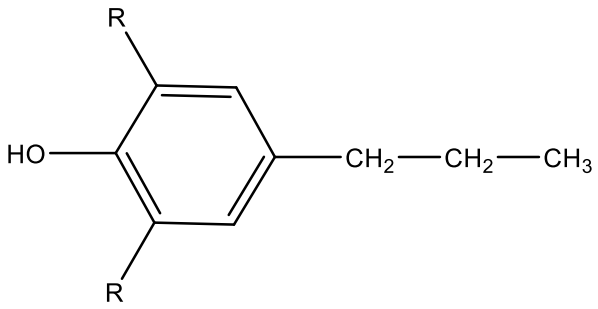
I-5-3- الليجنين (lignine):

عبارة عن مركب كيميائي معقد يستخرج في أغلب الأحيان من الخشب ،حيث يشكل حوالي ربع الى ثلث الكتلة الجافة منه.يعد الليجنين من مكونات الجدار الثانوي في جدار الخلايا النباتية ، وهو من أكثر البوليميرات الطبيعية انتشارا على سطح الأرض مسخرا بذلك 30-5% من تركيب النبات. الليجنين مادة غير متجانسة التركيب الكيميائي وليس لها بنية أولية محددة فهي عامة تحتوي على نواة تتكون من مركبات عطرية من مشتقات فينيل بروبان (Phenyl propane) وتحتوي هذه المركبات العطرية على عدد كبير من مجاميع الميثوكسيل ($-CH_3O$) كما في الشكل(I- 7).



الشكل (I-7): جزئي الليجنين المكون لمختلف الوحدات [14].

تختلف نسبة هذه المجاميع من نبات إلى أخر حيث تصل الى 21% من تركيب الليجنين في الأشجار و 16-5% في النباتات النخيلية وبناء النواة العطرية لليجنين يكون كما في الشكل (I-8):

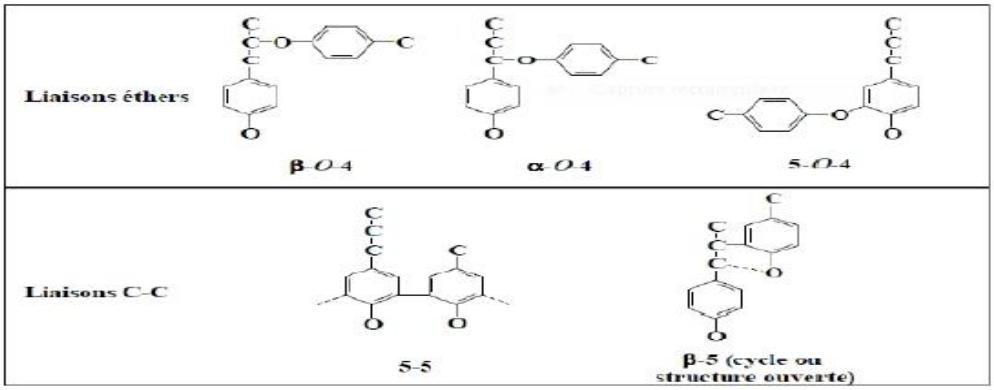


الشكل (I-8): وحدة جزيء الليجنين.

وتتواجد بثلاث حالات هي:

- الحالة الأولى: يكون فيها R (الجذر) عبارة عن H.
- الحالة الثانية:يكون فيها R الأولى عبارة عن H وال R الثانية عبارة عن ميثوكسيل ($-OCH_3$).
- الحالة الثالثة :يكون فيها R عبارة عن ميثوكسيل.

تختلف نسبة وجود أي من الحالات الثلاثة باختلاف الأنواع النباتية والتي تؤدي الى اختلاف في نسب مجاميع الميثوكسيل تتكرر النواة العطرية في جزئي الليجنين ويكون الارتباط اما بين الوحدات C-O أو C-C.والشكل (I-9) يبين ذلك.

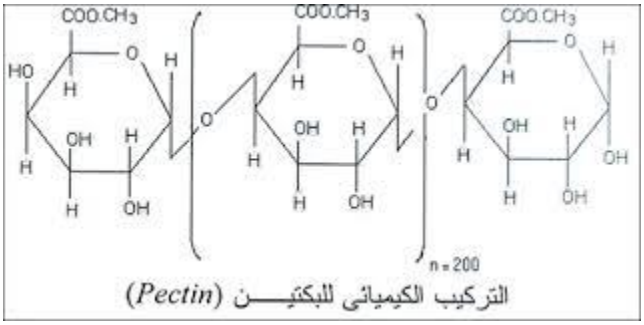


الشكل (I-9): أنواع الروابط الأكثر تواجدا في الليجنين [16].

يتركز دور الليجنين في سد الفراغات بين الألياف الدقيقة ويلعب دور المادة اللاصقة ليمنح النبات(الخشب) قوة وصلابة وتماسك.هذا البوليمير ذو وحدة (فينيل بروبان) لاينحل في الماء والأحماض والمذيبات العضوية الشائعة لكن ينحل جزيئا في المحاليل القلوية [17].

I-5-4- البيكتين (Pectine):

تتواجد المركبات البكتينية (الهلامية) بنسب مختلفة في أغلب النباتات(حوالي 1% في الخشب) وهي تلعب دور الملقاط داخل الخلية(Intracellulaire) وتساهم في التحام النسيج النباتي. أما على المستوى البنيوي فان البكتين هو عديد السكاريد يدخل في تركيب الجدار الخلوي الرئيسي للنباتات [18-19]. تختلف البكتينات في أطوال سلاسلها وتعقيدها وترتيب كل وحدة من وحدات السكاريد الأحادي. تتميز البكتينات باحتوايها على سلاسل خطية من حمض α-D-غالاكتورونيك(α-D galacturonique) تترابط فيما بينها بروابط تتقاطع بوجود وحدات من L-رامنوبيرانوز(L-rhamnopyrannose).كما هز مبين في الشكل (I-10).



الشكل (I-10): الوحدات الأساسية المكونة للمركبات البكتينية [20].

I-5-5- المستخلصات البسيطة (Extractibles):

هي جزيئات منخفضة الوزن الجزيئي تملأ تجويف الخلايا.تمثل 2 الى5% من الكتلة الجافة، معظم المواد المستخرجة قابلة للذوبان في الماء أو المذيبات العضوية .تختلف المركبات القابلة للاستخراج باختلاف الأنواع المدروسة وتؤثر على اللون والرائحة .والجدول (I-3) يمثل المركبات الكيميائية لبعض النباتات.

الجدول (I-3): المركبات الكيميائية لبعض الألياف النباتية[23-22-21].

نوع الليف	السيليلوز(%)	الليجنين(%)	الهيميسيليلوز(%)	البكتين(%)	رماد(%)	السيليس(%)
ألياف التبن Fibres de paille						
القمح الشعير	35-29 34-31	21-12 15-14	(32-26)27 (29-24)	- -	9-4,5 7-5	7-3 6-3
ألياف بيريليبيريانFibres de periliberiennes						
الحلفاء ألياف القصب	38-33 44,75	19-17 22,8	32-27 20	- -	8-6 3	- 2
ألياف مركزية fibres centrales						
الكتان جوز الهند	47-43 43-36	23-21 45-41	(26-24)16 0,25-0,15	2,3 1,9	5 10,2	- -
ألياف الورق Fibres de feuilles						
الأناناس الموز	82-70 65-60	12-5 10-5	18 8-6	- -	0,9-0,7 4,7	- -
ألياف الحب Fibres de graines						
نسالة القطن	85-80	-	3-1	-	2-0,8	-

I-6- إيجابيات و سلبيات الألياف النباتية كمدعمة للمواد المركبة:

في الوقت الحاضر ، أصبح استخدام الموارد المتجددة في المواد المركبة أكثر وأكثر تكرارا. تتمتع هذه المواد بالقدرة على تجديد نفسها بشكل طبيعي (أصبح استخدامها ضرورة لأنه مع استنفاد الموارد الأحفورية وانبعاث غازات الدفيئة ومشكلة إدارة النفايات ، من الضروري إيجاد حلول لاحترام البيئة). في الوقت نفسه ، تزدهر صناعة البلاستيك. في هذا السياق ، يتم تطوير المواد الجديدة ، الناتجة عن خلط مكوناتها من الكتلة الحيوية مع

المواد البلاستيكية ، بشكل أكثر كفاءة. تتمتع هذه المواد بميزة كونها قابلة للتحلل البيولوجي ، ومتجددة ، ... بمعنى آخر ، تشكل هذه الألياف بديلاً للألياف الاصطناعية (الزجاج والكربون والأراميد وما إلى ذلك) بسبب قابليتها لإعادة التدوير. ومع ذلك ، لا تزال خصائصهم بحاجة إلى التحسين. تتمتع الألياف الطبيعية بمزايا تقنية واقتصادية وبيئية معينة مقارنة بالألياف الاصطناعية أدى الجمع المثير للاهتمام بين خصائصها الميكانيكية والفيزيائية بالإضافة إلى ملائمتها للبيئة إلى إثارة الاهتمام في عدد من القطاعات الصناعية ، لا سيما صناعة السيارات. يتم توضيح مزايا وعيوب استخدام الألياف الطبيعية في المواد المركبة في الجدول . تتمتع الألياف بميزة على الألياف الاصطناعية ، لأنها تشكل حلقات بدلاً من أن تنكسر أثناء المعالجة. وتصنيعها. بالإضافة إلى ذلك ، يحتوي السيليلوز على مقطع عرضي بيضاوي مسطح مما يزيد من نقل الشحنة بنسبة عرض أعلى بشكل فعال. يمثل الجدول (I-4) اهم الإيجابيات و السلبيات للالياف النباتية.

الجدول (I-4): إيجابيات و سلبيات الالياف النباتية.

الايجابيات	السلبيات
• لا تؤدي لانبعاثات CO_2 في الطبيعة • قليلة التكلفة • لا تخلف بقايا بعد الاحتراق • لا تؤدي الى تهيج الجلد عند التعامل معها • تعتبر مصدر متجدد • لا تتطلب طاقة كبيرة لانتاجها • خصائص ميكانيكية محددة مهمة (المقاومة والصلابة) • عازل جيد للحرارة و الصوت • ناعمة و غير كاشطة	• قابليتها لامتصاص الماء • الياف غير ثابتة الابعاد • الياف متباينة الخواص • مقاومة حرارية منخفضة (200 إلى 230 درجة مئوية كحد أقصى) • تغير النوعية و الخواص بناءا على البيئة و المناخ • للتطبيقات الصناعية ، يتطلب إدارة المخزون • تعزيز المتقطع

I-7- الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للألياف النباتية:

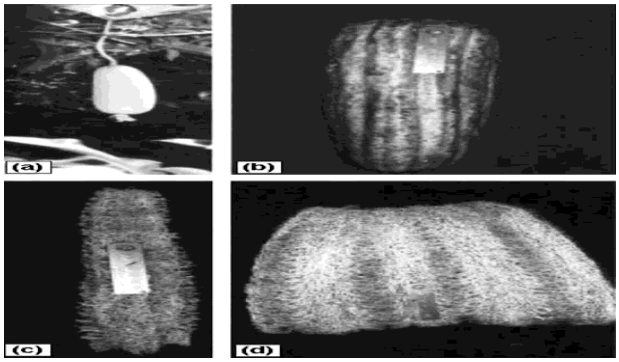
تختلف الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للألياف النباتية بشكل كبير فهي تخضع للتركيب الكيميائي،وتعتمد على نوع الألياف وظروف النمو والمصدر،التوزيع، كما أن خصائص الألياف مثل هندسة وبنية الألياف، الرطوبة ،الحرارة ،لها دور مهم في اختلاف الخصائص الميكانيكية. الجدول (I-5) يمثل اهم الخصائص الميكانيكية للالياف.

الجدول (I-5): الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف النباتية[25].

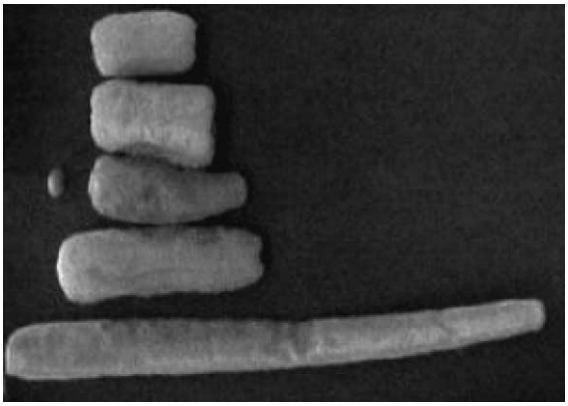
الألياف	الكتلة الحجمية (g/cm)	استطالة القطع(%) A	اجهاد القطع A(MPa)	معامل يونغ E(GPa)
الكتان	1,5-1,4	4-1	1200-600	85-12
الرامي	1.56	3.8-1.2	938-400	128-61.4
القنب	1.07	1,6	389	35
الجوت	1.44	1.8-1.5	773-393	26.5
السيزال	1.45	7-3	700-350	21-9
جوز الهند	1.15	6-4	175-131	6-4
القطن	1.6-1.5	12.6-5.5	597-287	55-12.6
الخيزران	1.1-0.6	-	230-140	17-11
التيل	-	1.6	930	53

I-8- الليف الاسطواني أو اللوف (Luffa):

على الرغم من تواجد الليف الأسطواني بشكل شائع في الصين، اليابان ودول أخرى في آسيا والوسط والجنوب أمريكا ، الا إن عدم وجود دراسة شاملة لخصائصها و مكوناتها في الابحاث التقنية يحول هذه الألياف الى مادة غريبة. يظهر في الشكل (I-11) الصورة (a) ثمرة نبات الليف الإسفنجي (L.cellindrica) الذي ينتمي إلى عائلة القرعيات. الفاكهة الناضجة الموضحة في الصورة (b). تحتوي على قشرة سميكة وتمثل الإسفنج ، الذي يحتوي على مجموعة متعددة الاتجاهات من الألياف التي تشتمل على حصيرة طبيعية ، لبًا داخليًا من الألياف كما في الصورة (c) ونواة خارجية الصورة (d). يوضح الشكل (I-12) العديد من أصناف الليف الاسطواني، في حين أن معظمها يستخدم على شكل إسفنج الحمام[99].



الشكل (I-11): نبات الليف الاسطواني [99].
a) الثمار، b) القشر، c) اللب الداخلي، d) نواة خارجية.



الشكل (I-12): أصناف الليف الاسطواني[99]

الفصل الثاني:
استخلاص الألياف النباتية

تمهيد:

يعتبر المكون الأساسي للالياف النباتية هو السيليلوز حيث يمثل الجزء الأكبر من النسبة الكتلية في معظم الألياف النباتية لذلك فهو يلعب دور مواد التقوية في المواد المركبة ،أما الهيميسيليلوز و الليجنين فيمثلان دور المصفوفة لانهما تضمن التصاق الليفات السيليلوزية مع بعضها، حيث تتحكم نسبة مواد التقوية في المواد المركبة في درجة الليونة و القطع و غيرها من الخصائص في المواد المركبة ، كما ان هندسة الالياف النباتية، تركيبها الكيميائي و الفيزيائي، نسبة السيليلوز فيها و غيرها تتحكم في خصائص الالياف الطبيعية، لذلك نقوم باستخلاص الالياف و و دراسة مكوناتها و خصائصها. سنتطرق في هذا الفصل الى مختلف الطرق المستخدمة في استخلاص الالياف النباتية.

II-1- تعريف الاستخلاص:

هو إحدى طرق الفصل الكيميائي، تعتمد على اختلاف ذوبانية مركب (أو عدة مركبات) بين طورين غير قابلين للامتزاج، وهو نوعان: صلب - سائل أو سائل - سائل. الهدف من عملية الاستخلاص هو نقل المركب من طور اول يكون عزله منه صعب إلى طور ثاني يعزل منه بأقل صعوبة [27,28,29].

II-2- أنواع الاستخلاص:

II-2-1- الاستخلاص سائل – سائل:

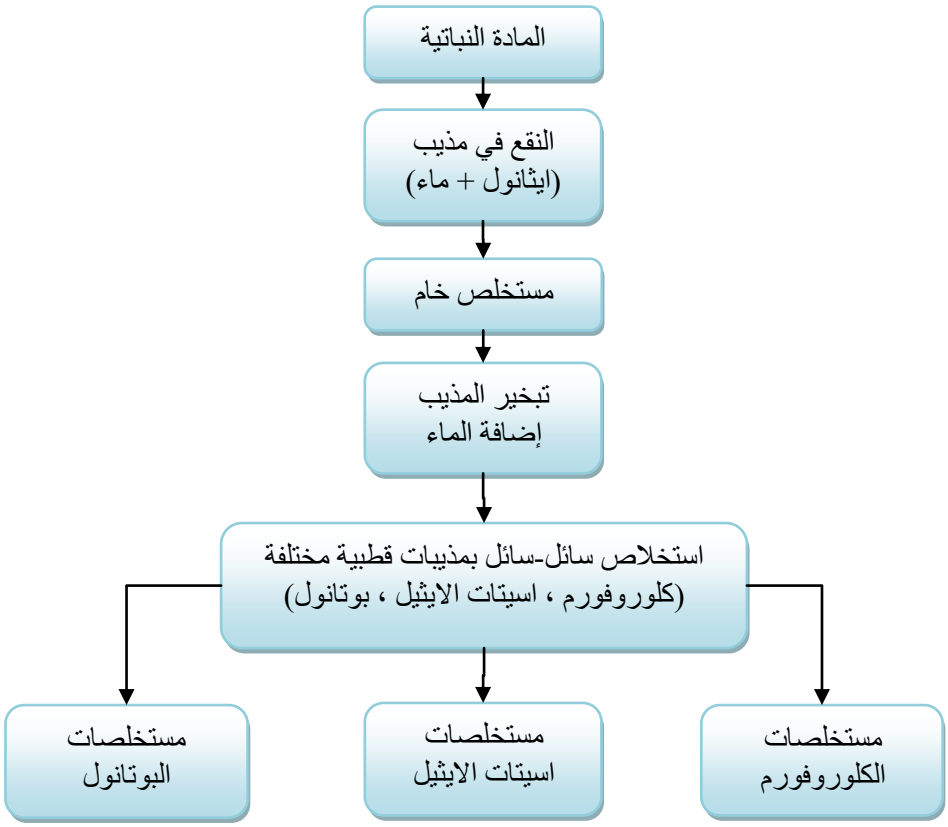
يعني أن الطورين سائلين غير قابلين للامتزاج وتتم باستعمال قمع الفصل عبر عدة مراحل هي:

- وضع الطورين في تلامس: يسكبان داخل قمع الفصل المثبت في حامل.
- الرج: نقوم برج قمع الفصل وهو مغلق في وضعية مائلة ببطء مع تسريب الغاز المتكون بعد الرج.
- التوازن والفصل: بعد إعادة تثبيت القمع في الحامل ننزع السدادة ونترك الطورين ينفصلان.
- جمع الطورين: يسكب الطور السفلي في إرلينة (1) ثم العلوي في إرلينة (2).
- إعادة العملية: تعاد مرتين أخريين باستعمال نفس الحجم من المذيب[27,28,29].

II-2-2- الاستخلاص صلب- سائل:

II-2-2-1-استخلاص غير مستمر (التنقيع):

التنقيع هو احد أنواع الاستخلاص يتم فيه تنقيع المادة النباتية في الماء و الايثانول لنتحصل على المستخلص الخام، يتم تبخير الايثانول و إضافة الماء، ثم نقوم بالاستخلاص بالمذيبات العضوية مثل الكلوروفورم و اسيتات الايثيل و البوتانول كما في الشكل (II-1)[27,28,29].



الشكل (II-1): مخطط يوضح خطوات الاستخلاص بالتنقيع [27,28,29].

II-2-2-2- استخلاص مستمر (باستعمال جهاز سوكسلي (Extraction par soxhlet)):

تتمثل ميزة هذه التقنية في استخراج المستخلصات باستخدام المذيبات المنقية باستمرار. هذه الطريقة مقتصدة للمذيبات وتستغرق وقت اقل لانها غير متبوعة بعملية الترشيح ، كلما قمنا بتسخين المذيب و كلما كان المذيب نقي فاننا نحصل على مردود جيد [27,28,29]

II-3- طرق استخلاص الالياف النباتية:

وفقا لدراسات سابقة يمكن استخلاص الالياف النباتية بعدة طرق اما ميكانيكية او كيميائية او بيولوجية او عن طريق المزج بين الطرق الثلاثة [30].

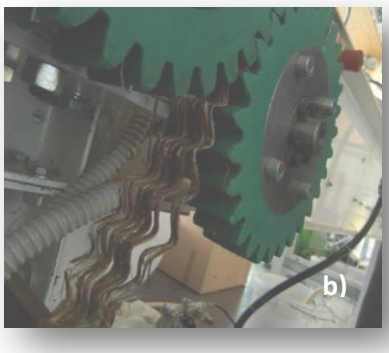
II-3-1- الاستخلاص الميكانيكي:

يشمل استخلاص الألياف الميكانيكية مراحل مختلفة، تم تطويرها منذ العصور القديمة، بشكل أساسي لاستعادة ألياف القنب والكتان. اليوم، تعتبر هذه المعالجة عملية آلية بالكامل، لكن الخطوات لم تتغير[30].

II-3-1-1- عملية التصفيف (Le teillage):

هذه العملية تتمثل في كسر الالتصاق وفصل الألياف عن بعضها البعض عن طريق فتح حزم الألياف لإنتاج حزم أدق. خلال هذه العملية، تنقسم الألياف بشكل متكرر إلى قطع صغيرة مع الاحتفاظ بخصائصها. هناك طريقتان تستخدمان أساسًا لهذا الغرض: البكرات الدوارة والمطارق [32,33].

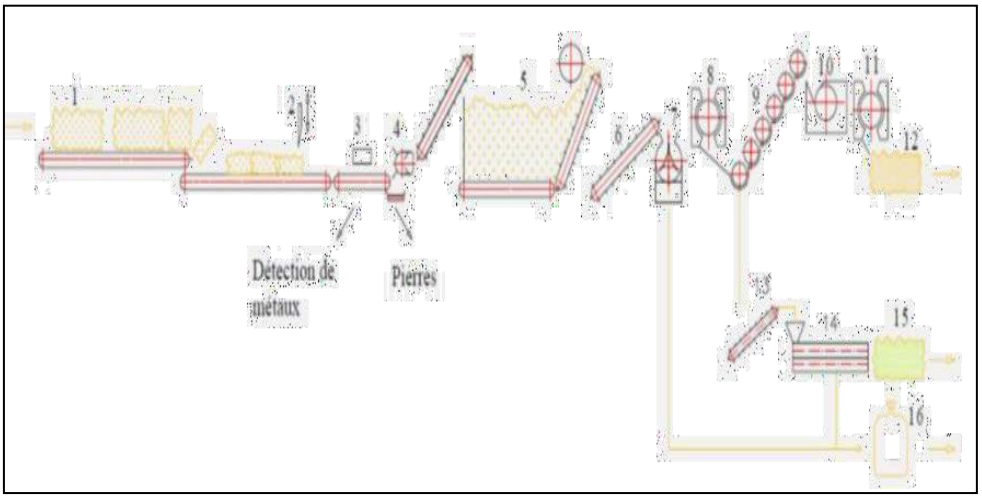
تستخدم هذه التقنية بدلاً من ذلك لاستخلاص ألياف الكتان أو القنب. يتم درس السيقان لإزالة الخشب، وهكذا تتكرر العملية حتى تصبح الألياف مرنة قدر الإمكان. في القديم كانت تستخدم هذه الطريقة إلى حين ظهور الآلات، واليوم نجد أنظمة مؤتمنة بالكامل تشتغل على القضبان وتحافظ عليها وتحررها تلقائيًا دون أي تدخل بشري بفضل أنظمة العجلات المحززة ذات الأسنان الكبيرة في البداية. ثم بأسنان أدق الشكل (II-2). بعد ذلك ، تمر تحت أخدود البكرات بزاوية ما تقرب من 90° لجعل الطحن أكثر كفاءة. يتم إجراء العملية على التوالي على جانب القدم وجانب الرأس. تسمى الألياف القصيرة أيضًا القطران، وهي أقل مقاومة، ويتم استرداد القشور عن طريق الشفط والفصل. هذه التقنية مستحسنة إذا كانت السيقان في البداية صلبة وجافة ، ومن هنا تأتي الحاجة إلى خطوة أولية لتسخين السيقان في الفرن أو عن طريق الدخان. أخيرًا ، لإعطاء الألياف مظهرًا أفضل ، يتم تقسيم حزم الألياف وتليها عملية تمشيط ويفصل بينها حسب طولها [34].



الشكل (II-2): a) أداة يدوية لتصفيف الألياف.
b) أداة ميكانيكية لتصفيف الألياف[31].

II-3-1-2- عن طريق الثني (déflexion):

يتم استخلاص الألياف من خلال عمل مشترك من القشط والدرس، وتسمى الآلات "raspadors" (مكشطة)، فهي تبشر أوراق النبات وتحرر الألياف. تتكون هذه الآلات بشكل أساسي من محور دوار يتم تشغيله بواسطة محرك، حيث تم تثبيت دعامات المضارب الفولاذية. تؤخذ القضبان التي يتم إدخالها في اتجاه تيار الآلة بين هذه المضارب وطاولة المقص ، مبشورة وموجهة إلى الجانب المقابل [35]. يمر المسحوق والخشب عبر المناخل. يمكن ضبط المسافة بين الشفرات وفقًا للدفعة الشكل (II-3) [36].



الشكل (II-3): استخلاص الألياف النباتية الأوتوماتيكي ونظام الكشط الذي طورته شركة[36] ATB

1. بالات القش
2. القطع
3. جهاز الكشف عن المعادن
4. فاصل الحجر
5. نظام الجرعات
6. ناقل
7. آلة استخلاص
8. مكثف
9. منظف
10. فتح أفقي
11. مكثف
12. كرات ليفية
13. ناقل
14. جزء محوري
15. ألياف قصيرة
16. فضلات خشبية

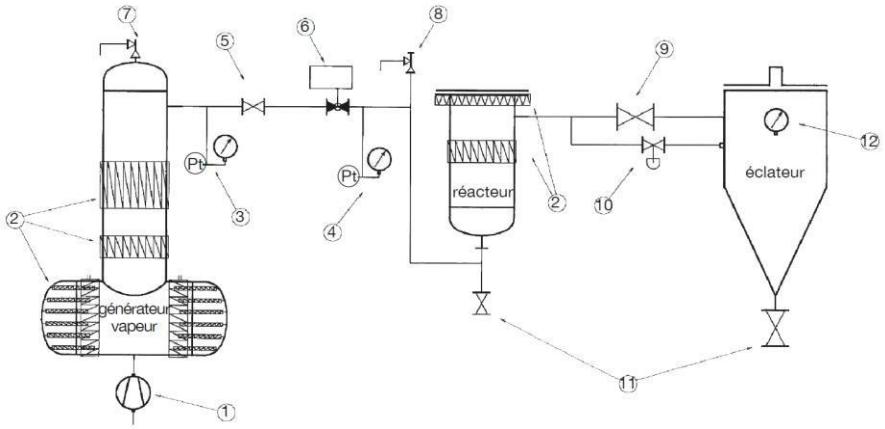
II-3-1-3- بواسطة الانفجار البخاري (explosion à la vapeur):

الانفجار البخاري المعروف أيضًا تحت الاسم الإنجليزي "Steam explosion" المكتشف في عام 1924 هو عملية ميكانيكية حرارية تسمح بتدمير مادة الليجنوسليلوز عن طريق العمل المشترك للحرارة مع البخار، والتحلل المائي الناتج عن تكوين الأحماض العضوية والقطع الناتج عن الانخفاض المفاجئ في الضغط كما في الشكل (II-4) [37]. تتكون العملية من مرحلتين متميزتين:

التكسير بالبخار: تتمثل هذه المرحلة الأولى في جعل البخار يخترق المادة تحت ضغط عالٍ عن طريق الانتشار داخل هيكل المادة. وبالتالي سوف يتكثف البخار وفي وجود درجة حرارة عالية سيبدأ التحلل المائي لمجموعات الأسيتيل والميثيل جلوكورونيك الموجودة في الزيلان وفي بعض شقوق الجلاكوانانات. تزيد الأحماض العضوية المنبعثة من حموضة الوسط وتحفز إزالة بلمرة اللجنين [31].

إزالة الضغط المتفجر: تتكون هذه المرحلة الثانية من انخفاض مفاجئ في الضغط مما يؤدي إلى تبخر جزء من الماء الموجود في المادة. سيؤدي هذا التمدد المفاجئ لبخار الماء إلى إنشاء قوى قص كبيرة بما يكفي لتحقيق انفجار ميكانيكي في بنية المادة. ستعمل هذه الإجراءات المدمجة ، اعتمادًا على الظروف ، على تعديل الخصائص الفيزيائية للمادة (مساحة السطح المحددة ، واحتباس الماء ، والتلوين ، ومعدل تبلور الجزء السليلوزي ، وما إلى ذلك) ، وتحسين التحلل المائي للكسور الهيميسليلوزية والحث على التعديلات في هيكل اللجنين ، مما يسهل استخلاصه. يتكون الرسم التخطيطي لخط انفجار البخار من مولد بخار يعمل على تشغيل مفاعل ، والذي

سيتعرض لخفض ضغط مفاجئ. أثناء إزالة الضغط ، يتم إخراج المادة من المفاعل ويتم استعادتها في فجوة شرارة [38].



الشكل (II-4): مخطط عام لمنشأة انفجار بخاري [31]

1: مضخة الضغط العالي	2: أطواق الحرارة	3: ضغط المولد وقياس درجة الحرارة
4: قياس ضغط المفاعل ودرجة الحرارة	5: صمام عزل	6: صمام الشحن
7: صمام أمان المولد	8: صمام أمان المفاعل	9: انفجار الصمام
10: صمام تطهير بطيء	11: صمامات الاسترداد	12: مقياس ضغط فجوة الشرارة

كل عمليات الاستخلاص الميكانيكية هذه توجد فيها مشكلتين رئيسيتين. الأولى هي ارتفاع مخاطر حدوث انخفاض في الخصائص الميكانيكية للألياف بعد الضغوط الميكانيكية التي يمكن أن تكون قوية وتغير الخصائص الجوهرية للألياف، بغض النظر عن وضع الفصل المتبع [35]. والثاني هو ارتفاع أسعار معدات الاستخلاص وحجمها، وهو أمر غير مربح دائمًا عندما يتعلق الأمر بالإنتاج الصغير. وفقًا لدراسة أجرتها ATB (Agrartechnik Bornim - German)، فإن عتبة الغلة تقدر بـ 3 طن / ساعة [31].

II-3-2- الاستخلاص البيولوجي:

II-3-2-1- التنقيع في الحقول:

هي عملية طبيعية تهدف إلى تعزيز استخلاص الألياف ، وتتمثل في نشر السيقان في حقل بعد حصادها ، من أجل الاستفادة من العمل المشترك للشمس والمطر، يؤدي ذلك الى تكاثر الكائنات الحية الدقيقة القادرة على فصل العناصر غير السليلوزية عن الجزء الليفي من النبات عن طريق إزالة الروابط التي تربطهم معًا. يمكن أن تستمر هذه العملية من 6 إلى 8 أسابيع حسب الطقس [42]. على الرغم من فعالية هذه الطريقة ، إلا أن لها العديد من المعوقات التي تكمن في اعتمادها الكامل على الظروف الجوية ، ويمكن أن تؤثر أدنى مشكلة مثل الرطوبة الزائدة أو نقصها بشكل مباشر على جودة الألياف التي يتم الحصول عليها. في الواقع ، إذا كانت السيقان متشققة للغاية ، فيجب حرقها لأنها تتعفن ببطء وبصعوبة ، مما يؤدي إلى انتشار الأمراض للمحصول التالي. إذا لم يتم

إعادة الحصاد بدرجة كافية، فلا يمكن معالجته، وبالتالي فهو غير قابل للاستعمال. أيضا هناك عامل آخر يصعب التحكم فيه، وهو الريح التي يمكن أن تكون عدوًا وحليفًا أثناء هذه العملية [43]. عندما تهب بشدة، تنتقل السيقان إلى نهاية الحقل ، ولكنها ضرورية للتجفيف ، لذا فإن التناوب بين فترات الجفاف والرطوبة مع الرياح الخفيفة هو الذي يعزز التجانس الجيد. هناك صعوبة أخرى في هذه العملية هي مدتها الطويلة جدًا. لذا فإن عملية التنقيع هي عملية فعالة إذا كان الطقس جيدًا ولكنها تتطلب وقت كبير جدا وبالتالي فهي عملية عشوائية [31]. بقايا الحصاد منتشرة في الحقول حيث الكائنات الحية الدقيقة الأصلية (الفطريات الخيطية بشكل أساسي)، تزدهر هذه لفطريات على النبات وتؤدي جزئيًا إلى تحلل السكريات في جدران الخلايا والصفائح الوسطى، وتحرير الألياف. ومع ذلك، فإن عملية التنقيع لها العديد من العيوب حيث ان مناطق قليلة فقط في العالم تتمتع بمناخ مناسب ، ويتم إنتاج جودة ألياف متغيرة وأقل جودة ، وتحدث مخاطر فيضان السطح والتربة غير صالحة للاستعمال لفترات طويلة. يمكن أن يسبب الغبار والملوثات الفطرية أيضًا مشاكل صحية [44]. الشكل (II-5) يوضح طريقة التنقيع في اللحقول.

الشكل (II-5): عملية التنقيع لالياف الكتان في الحقول.

II-3-2-2- التنقيع في المياه:

يعتمد هذا النوع من التنقيع على نفس مبدأ تطوير الكائنات الحية الدقيقة مثل التنقيع في الهواء ، والفرق هو أن السيقان مغمورة في الماء لعدة أيام. تتعرض الحزم من 5kg إلى 7kg لتأثير البكتيريا اللاهوائية. بمجرد أن تنفصل الألياف عن الطول بالكامل ، يتم إخراج النبات من الماء لتجفيفه. تعطي هذه التقنية نتائج أقل عشوائية من الأولى ولكن لها عائق كبير هو تلوث المياه. يتم إجراء معالجة المياه بشكل عام في وعاء، في ماء معتدل (37°). هذه التقنية آخذة في التراجع لصالح التنقيع في الحقول [31]. كما في الشكل (II-6).

الشكل (II-6): تنقيع الالياف في المياه.

II-3-2-3- عن طريق عمل المكروبات (الأنزيمات):

الاستخلاص الميكروبيولوجي هو طريقة استخلاص تقليدية جدا وواسع الانتشار. يتم إجراؤها عادة باستخدام إنزيمات البكتين التي تفرزها الميكروفلورا (microflore) [45]. هناك ثلاث مجموعات من العوامل الميكروبية قادرة على تحطيم المكونات غير السليلوزية الموجودة في سيقان أو أوراق النباتات: البكتيريا و البروتوزوا والفطريات. في الفئة الأولى من البكتيريا ، هناك ثلاثة أنواع ، أحدها له نشاط إزالة البلمرة وآخر إضافة الغلوكوز قادر على التحلل المائي للسلسلة الرئيسية وقطع السلاسل الجانبية باستخدام السكريات قليلة التعدد والسكريات الحرة. والثاني له نشاط إزالة البلمرة فقط ولكنه غير قادر على استخدام نواتج التحلل المائي من الهيميسليلوز. أما الثالث فهو يحتوي على أنشطة إضافة الغلوكوز ولكنه يفتقر إلى نشاط إزالة البلمرة. عدة أنواع من البروتوزوا قادرة على إزالة بلمرة الهيميسليلوز ، وكذلك المواد البكتيرية ، لكن لديها قدرة محدودة فقط على استخدام منتجات التحلل المائي كمصدر للطاقة. فيما يتعلق بالفطريات ، فهي قادرة على إزالة بلمرة الهيميسليلوز واستخدام السكريات قليلة التعدد و السكريات الحرة ، والذوبان الجزئي لليجنين. ومع ذلك ، لا يمكن إزالة بلمرة البكتين [36].

II-3-3- الاستخلاص الكيميائي:

توجد عدة طرق تعتمد على الفصل الكيميائي للسليلوز من المكونات الأخرى غير السليلوزية. هذه الطرق تجعل من الممكن تجنب عيوب الاستخلاص الميكانيكي و البيولوجي ، وقبل كل شيء توفير كبير للوقت والطاقة. تكون العمليات الكيميائية مفضلة أحيانًا ، لأنها تنتج أليافًا تتميز بجودة ثابتة وعالية، مهما كانت الظروف

المناخية، وعادةً في فترات أقصر [30]. يمكن إجراء العديد من المعالجات الكيميائية على الألياف وفقًا لنوعها وعملية التجديد التي سيتم تطبيقها والتطبيقات النهائية. [31 ، 36 ، 39]

II-3-3-1- استخلاص السيليلوز:

هناك العديد من الطرق الكيميائية القائمة على استخلاص السيليلوز من مختلف أجزاء النبات و نذكر منها:

أ) عملية كرافت (Kraf):

هذه العملية القلوية تهدف إلى القضاء على اللجنين ، البكتين والهيميسيليلوز تحت تأثير محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وكبريتيد الصوديوم (Na_2S-) ، هذا الأخير هو عامل اختزال، يحمي السليلوز ويمنع الأكسدة. تتراوح درجة حرارة التجربة بين 170°c و 175°c لمدة 2 إلى 4 ساعات. أثناء التجربة ، يتم تحلل كبريتيد الصوديوم إلى NaHS وH_2S. تتفاعل مركبات الكبريت المختلفة الموجودة مع اللجنين لإعطاء الثيولجينات القابلة للذوبان بسهولة أكبر. تلعب الصودا أيضًا دورًا في إزالة الكبريت مرتبطًا بدور الكبريتيد ومشتقاته. يسمى السائل المطبق على المادة السائل الأبيض. يسمى السائل المستخرج من المفاعل الذي يحتوي على المركبات التي تمت إزالتها من الجدار السائل الأسود [31،40].

ب) عملية الكبريتات:

تفصل عملية الكبريتات اللجنين عن ألياف السليلوز باستخدام أملاح مختلفة من حمض الكبريت. تعتمد الأملاح المستخدمة في عملية الاختزال على درجة الحموضة : الكبريتات (SO_3^{2-}) أو الكبريتات (HSO_3^-). وهو يعتمد على تفاعل اللجنين مع الكالسيوم أو الصوديوم أو الأمونيوم أو المغنيسيوم او كبريتات الهيدروجين التي تحتوي على ثاني أكسيد الكبريت الحر. يتم تحضير ثاني أكسيد الكبريت عن طريق حرق الكبريت في الهواء الزائد. يتم الحصول على ثنائي كبريت مباشرة عن طريق تفاعل ثاني أكسيد الكبريت. درجة الحموضة تكون بين 1.5 و 5 (sulfites او bisulfites) ، والمدة بين 4 و 14 ساعة ودرجة الحرارة من 130°c إلى 160°c والتي تعتمد أيضًا على القاعدة المستخدمة [31].

ت) عملية الحمض:

يتم التخلص من المكونات غير السليلوزية من خلال عمل حمض قوي مثل حمض الكبريتيك الذي يحول اللجنين إلى حمض lignosulfonic قابل للذوبان ، أو حمض الهيدروكلوريك الذي بفضله أيونات الكلور تشكل الكلوروليجنينات القابلة للذوبان في هيدروكسيد الصوديوم [31].

ث) عملية الصودا و الانثراكينون (Soude-Anthraquinone) :

تستخدم هذه العملية او عملية (Kraft-Anthraquinone) محفز مثل مركبات الكينون ، والتي تشمل أنثراكينون. ونتيجة لذلك ، يمكن تقليل وقت التجربة وزيادة إنتاج المستخلص. يمكن مقارنة خصائص هذه

المستخلصات بخصائص مستخلصات كرافت. مؤشر كابا مشابه لمؤشر كرافت. تأثير الأنثراكينون أكثر وضوحا على عملية الصودا (عملية تستخدم فقط الصودا كعامل تحديد) [30].

ج) عملية الصودا:

تستخدم هذه العملية هيدروكسيد الصوديوم NaOH فقط لإذابة المواد غير السليلوزية مثل اللجنين والبكتين و الهيميسيليلوز ، بالإضافة إلى المكونات المختلفة التي تشكل الاحتياطي والجدار الخارجي لجذع النبات. يجب تحديد درجة الحرارة والضغط والتركيز ومدة المعالجة وفقًا للدفعة وعمر ونوع النبات بطريقة لا تؤدي إلى تدهور ألياف السليلوز. من المستحسن التحكم في درجة الحموضة للمحلول وتعديله إلى حوالي 7. يمكن إضافة عوامل الاختزال لمنع أكسدة السليلوز [41] [31].

II-3-3-2- استخلاص الهيميسيليلوز:

يتم معالجة العينات النباتية بمحلول (KOH 14%) لمدة 14 ساعة مع التحريك في درجة حرارة الغرفة . يتم فصل الجزء الهيميسيليلوزي المذاب من المخلفات غير القابلة للذوبان عن طريق الترشيح .يتم زيادة درجة حموضة المزيج الى 8.5 عن طريق اضافة حمض الخل ،يلاحظ تشكل راسب يتم استعادته عن طريق الطرد المركزي (الجزء 1) ،يتم ترسيب الهيميسيليلوز المتبقي في المحلول عن طريق الترشيح الحمضي (الجزء 2) بإضافة الايثانول ثلاث مرات ، يتم غسل الجزئين بعد ذلك بالماء المقطر قبل أن يتم تجفيفهما. تعتبر البقايا غير القابلة للذوبان ، التي صمدت في استخلاص القلويات ، أنها تتوافق مع السليلوز [46].

II-3-3-3- استخلاص الليجنين:

أ) طريقة (Funaoka et Abe):

تمثل هذه الطريقة مزايا كبيرة مقارنة بالتقنيات المختلفة المطبقة حتى الآن. تعتمد الغالبية العظمى من هذه الفوائد على سهولة استخراج اللجنين واستخدام الحد الأدنى من المعدات.

في استخراج اللجنين النموذجي ، يتم طحن الكتلة الحيوية . يتم استخدام كتلة 10g من الخشب المطحون وخلطها مع 10g من (ortho-crésol). باستخدام الهاون و مدقة ، يصبح الخشب والكاشف متجانسًا. أثناء الخلط المستمر، تتم إضافة 10 ml من حمض الكبريتيك المركز بنسبة 72 % تدريجياً. تنتج هذه العمليات سائل لزج. يلاحظ تغير في اللون يختلف من الاصفر إلى الأخضر الداكن. إن استخدام جهاز طرد مركزي يصل إلى سرعة دوران 10000 دورة في الدقيقة ، من 12000 جرام ، عند درجة حرارة 20 درجة مئوية وهذا لمدة عشر (10) دقائق ، يسمح بفصل طبقتين لزجتين. يمثل الجزء العلوي اللجنين المرتبط بـ (ortho-cresol) ويظل الجزء السفلي محلول حمض الكبريتيك المكون من السليلوز والهيميلوزوز المتحلل. من الممكن أيضًا ضهور طبقة ثالثة، وتتكون من الأحماض الدهنية والراتنجات والدهون [47].

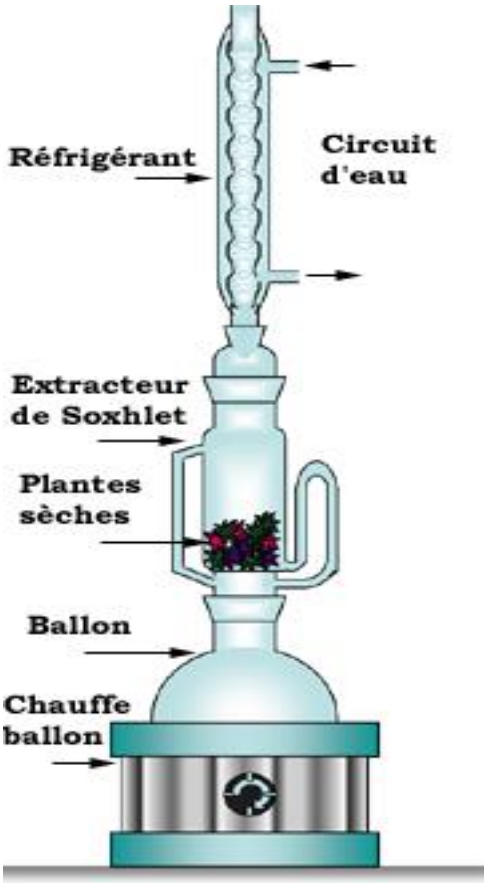
يتم تجميع الطبقة العليا ثم استخراجها لفصل ال (ortho-cresol) عن اللجنين. يتم تحليل اللجنين بواسطة التحليل الطيفي بتحويل فورييه (Fourier) بالأشعة تحت الحمراء وبواسطة مطياف الرنين المغناطيسي النووي للكربون 13. أدى تطبيق طريقة (Funaoka و Abe) إلى استخلاص اللجنين و لكنه فقط في شكل آثار [47].

طريقة كلازون (Klason):

تعتمد طريقة كلازون على خطوتين ،الخطوة الأولى تتمثل في إزالة المستحلصات الموجودة في الخشب اما الخطوة الثانية فتقوم على المعالجة بحمض الكبريت[47].

- **تجربة سوكسلي (soxhlet):**

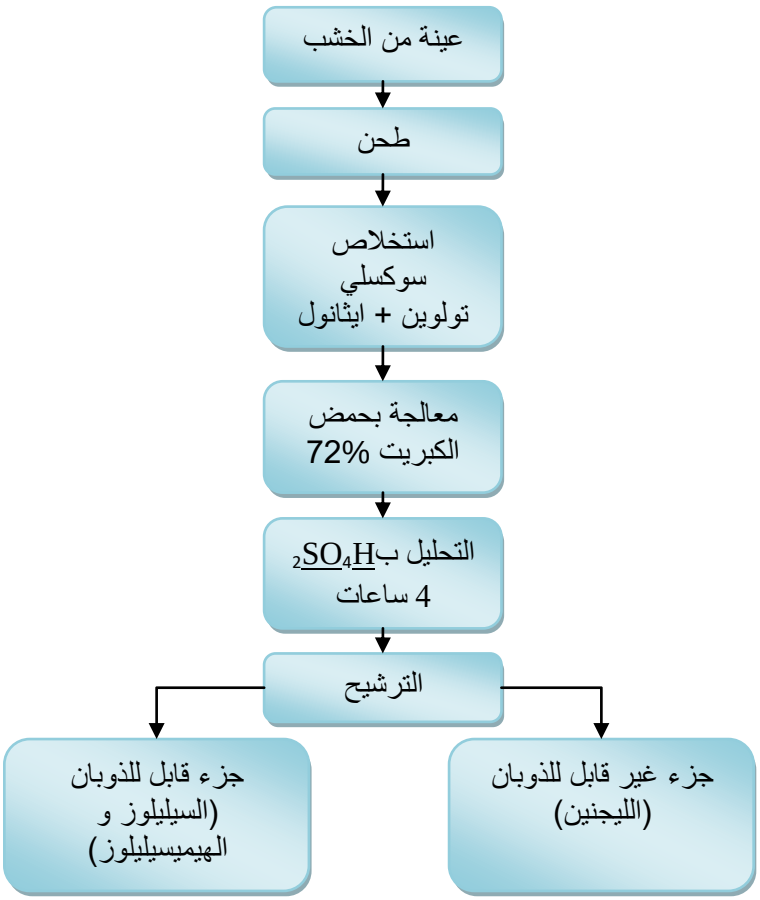
يتم استخدام المواد النباتية المسحوقة سابقا لاستخلاص اللجنين مسبقًا باستخدام مذيب لإزالة جميع آثارالمنتجات عضوية (مستخلصات). قد تؤثر هذه المستخلصات على جودة اللجنين الناتج عن المركبات العضوية (الراتنجات، الأحماض الدهنية ، إلخ). تتمثل ميزة هذه التقنية في استخراج المستخلصات باستخدام المذيبات المنقية باستمرار. المذيبات المستخدمة هي التولوين والإيثانول. بعد أربع (4) ساعات من الاستخلاص، يتم استعادة البقايا ثم تجفيفها في فرن عند درجة حرارة ثابتة تبلغ 28 درجة مئوية [47]. الشكل (II-7) يوضح ذلك.



الشكل (II-7): استخلاص السيلسلوز عبر تجربة سوكسلي[47].

- **المعالجة بحمض الكبريت:**

تتم فيها معالجة البقايا التي تم الحصول عليها سابقًا بمحلول حمض الكبريتيك 72٪ ، يتشكل تعليق جيلاتيني بعد 30 ثانية من التلامس. يتم تقليل تركيز حامض الكبريتيك إلى 40٪ بإضافة الماء مع التحريك المستمر لمدة 60 دقيقة. ثم ، يتم إجراء التمييه الحمضي بإضافة الماء الى حمض الكبريتيك حتى يتم الحصول على تركيز 5٪. في الاخير يتم إجراء الترشيح بالتسخين على الزجاج المسامي للقضاء على آثار السكريات الحمضية والمائية. للقيام بذلك ، يتم غسل البقايا بالماء منزوع الأيونات حتى تصبح درجة الحموضة مرتفعة قليلاً. البقايا يتم تجفيفها في فرن ويتم تحليلها بطرق طيفية مختلفة [47]. كما هو مبين في الشكل (II-8).



الشكل (II-8): رسم تخطيطي لبروتوكول استخراج اللجنين (Klason) [47].

II-3-3-4- استخلاص البكتين:

تتم معالجة النبات المطحون ، في شكل مسحوق ، بمزيج كلوروفورميثانول لمدة 14 ساعة عند درجة حرارة الغرفة ، مع التحريك يكرر هذا الخلط لإزالة الحد الأقصى من الشوائب العضوية .بعد الترشيح ، يتم وضع المادة المتبقية في الإيثانول 95٪ لمدة ساعتين لإزالة آثار الكلوروفورم ثم يتم غمرها في الإيثانول المغلي 95٪ لمدة ساعتين .ثم يتم تجفيف البقايا غير القابلة للذوبان في فرن عند 50 c° لمدة 48 ساعة . الناتج يمثل الجزء

الجداري الإجمالي. يتم استخلاص بوليمرات البكتين من البقايا السابقة بالماء الساخن (80°c) لمدة ساعتين ؛ ثم بعد الترشيح وإزالة المرشح ، بمحلول من حمض إيثيل ثنائي أمين التتراسيك (EDTA) 1 ٪ لمدة 4 ساعات عند 80 درجة مئوية. نحصل في الأخير على البكتين [46].

II-4- التركيب الكيميائي لنبات الليف الاسطواني:

على الرغم من وجود بعض الأعمال المتعلقة بالاستخلاص الكيميائي لنبات الليف الاسطواني، لم يتم الاستشهاد بتحليل كيميائي كامل. يوضح الجدول (II-1) التركيب الكيميائي لثمار نبات الليف الاسطواني[99].

الجدول (II-1): التركيب الكيميائي لنبات الليف الاسطواني[99].

المكونات	النسبة (%)
الهولوسيليلوز	82.4
السيليلوز	63.0
الهيميسيليلوز	19.4
الليجنين	11.2
المستخلصات البسيطة	3.2
الرماد	0.4

بالنضر الى هذه النسب نجد ان محتوى السليلوز في الليف الاسطواني مشابهًا لمحتوى السيليلوز في السيزال والجوت والقنب، كما ان محتوى اللجنين في الليف مشابهًا لمحتواه في القنب والموز، في حين كان محتوى الرماد في الليف مشابهًا لمحتوى الأغاف والقصاص[99].

بالتأكيد، تعتمد تركيبة نبات الليف الاسطواني بشكل كبير على عوامل مختلفة ، مثل الأنواع ، والتنوع ، ونوع التربة، والظروف الجوية ، وعمر النبات ، وما إلى ذلك.

الفصل الثالث:
معالجة الألياف النباتية

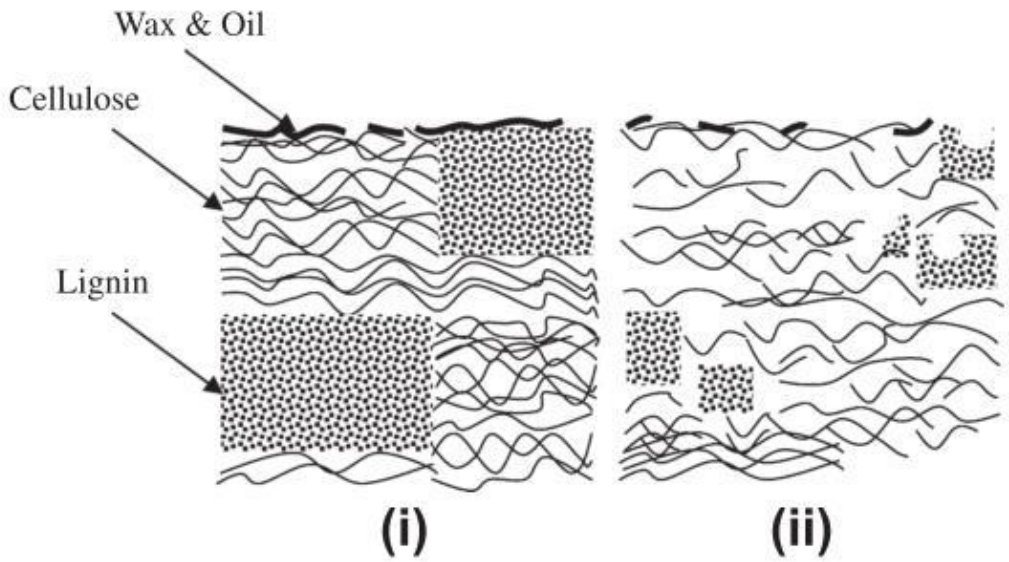
تمهيد:

لاستعمال الألياف النباتية كمواد تقوية والتقليل من سلبياتها وتحسين خصائصها الكيميائية نقوم بمعالجتها بمختلف المعالجات الكيميائية، اي معالجة السيليلوز لانه هو المكون الأساسي للمعالجة الكيميائية في الألياف ، ان تحطيم الروابط الهيدروجية بين وداخل الجزيئات يسهل عمليات المعالجة بتحرير مجموعة الهيدروكسيل، وهذا ما يؤدي الى تحسين الالتصاق وجعل الالياف اكثر فعالية.

III-1- المعالجة الكيميائية:

III-1-1- المعالجة القلوية:

تستخدم معالجة الألياف الطبيعية بهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) على نطاق واسع لتعديل التركيب الجزيئي السليلوزي. يغير اتجاه المناطق البلورية من السليلوز [54] ، [55] ويشكل المزيد من المناطق غير المتبلورة الشكل (III-1). هذا يزيد من إمكانية الوصول إلى المواد الكيميائية. في المنطقة غير المتبلورة ، يتم فصل سلاسل السليلوز وتتناسب جزيئات الماء بين هذه السلاسل. يقلل العلاج القلوي من مستوى مجموعات OH– في السليلوز ويشكل مجموعات O^-Na^+– بين السلاسل الجزيئية للسليلوز. وبالتالي ، تقل حساسية الألياف للرطوبة. يزيل هذا العلاج أيضًا بعض الهيميسليلوز ، اللجنين ، البكتين ، الشمع والزيوت [49]. نتيجة لذلك ، يصبح سطح الألياف نظيفًا وأكثر التساقًا. كما أنه يقلل من قطر الألياف وبالتالي يزيد من نسبة الطول / القطر للألياف. هذا يزيد من فعالية سطح الألياف من أجل التصاق جيد بالمصفوفة. تم تحسين السلوك الميكانيكي والحراري للمركبات بشكل كبير من خلال هذا العلاج. إذا كان المحلول شديد التركيز ، فإنه يتسبب في إزالة اللجنين المفرط للألياف مما يؤدي إلى تدهور الألياف.



الشكل (III-1): التركيب النموذجي للألياف اللجنوسليلوزية (i) غير المعالجة و (ii) وبعد المعالجة القلوية [54].

راي وآخرون. [56] تم تطبيق المعالجة القلوية على ألياف الجوت باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم بنسبة 5٪ عند 30 درجة مئوية لمرات بين ساعتين و 8 ساعات. تزداد تبلور الألياف بعد 6 ساعات من العلاج. زاد معامل يونج لألياف الجوت بنسبة 12٪ بعد 4 ساعات من العلاج وبنسبة 68٪ و 79٪ عند المعالجة لمدة 6 و 8 ساعات على التوالي. زادت ثبات الألياف بنسبة 46٪ تقريبًا بعد 6 و 8 ساعات من المعالجة، وتم تقليل الاستطالة عند الكسر بنسبة 23٪ بعد 8 ساعات من المعالجة [56].

روي وآخرون. [57] طبقت المعالجة القلوية على ألياف الجوت باستخدام محاليل بتركيزات مختلفة ولأوقات مختلفة في درجة حرارة الغرفة. تم غمر الألياف في المحلول القلوي ، ثم غسلها وتجفيفها. هذه المعالجة تقضي تدريجيا على الهيميسليلوز واللجنين. وفقًا للدراسات ، فإن العلاج القلوي يكسر الروابط الهيدروجينية بين مجموعات الهيدروكسيل (- OH) من السليلوز ، والهيميسليلوز واللجنين ويؤدي إلى إزالة الارتباط ، أي. تحطيم حزمة الألياف إلى ألياف أصغر. انخفض المحتوى الرطوبي لألياف الجوت مع زيادة تركيز المحلول القلوي وزيادة وقت المعالجة. بلغ المحتوى الرطوبي لألياف الجوت غير المعالجة 15.51٪. وصلت إلى 4.08٪ عند معالجة ألياف الجوت بمحلول قلوي 1٪ لمدة 48 ساعة. في الحالة الأخيرة ، زادت زاوية التلامس المائي للألياف المعالجة من 63.9 درجة إلى 96.2 درجة. وبالتالي ، أصبحت هذه الألياف أكثر كارهة للماء وأكثر توافقًا مع المصفوفة. تزداد خشونة سطح ألياف الجوت مع زيادة تركيز المحلول القلوي ومدة المعالجة. ويرجع ذلك إلى إزالة الشوائب السطحية والمواد غير السليلوزية والمواد غير العضوية والشموع. تم تقليل قطر الألياف بنسبة 39٪. تم تحسين الخصائص الميكانيكية. زادت المعالجة القلوية من مقاومة الشد للألياف بنسبة 82٪ والاستطالة عند الكسر بنسبة 45٪ [57].

III-2-1- عملية الاسيلة (Acétylation):

الأسيلة هي تقنية تتمثل في أسترة الألياف الطبيعية. تتم أسيلة الألياف بحمض الأسيتيك أو أنهيدريد الخل في وجود أو عدم وجود محفز حمضي لربط مجموعات الأسيتيل بالسليلوز الشكل (III-2). تحل مجموعة الأسيتيل (CH3CO) محل مجموعة الهيدروكسيل المحبة للماء (OH) من الألياف. وبالتالي ، تقل الطبيعة المحبة للماء للألياف [55].

Acétylation avec catalyseur acide

$$\text{Fibre-OH} + CH_3COOH \xrightarrow[\text{Conc. } H_2SO_4]{(CH_3CO)_2O} \text{Fibre} - O - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - CH_3 + H_2O$$

Acétylation sans catalyseur acide

$$\text{Fibre-OH} + CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - O - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - CH_3 \longrightarrow \text{Fibre} - O - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - CH_3 + CH_3C - OH$$

الشكل (III-2): عملية الاسيلة مع و بدون محفز[55].

كالابراساد وآخرون. [58] يتم في هذه التقنية اسيلة ألياف السيزال. لهذا ، تم الاحتفاظ بالألياف مغمورة في حمض الأسيتيك الجليدي لمدة ساعة عند درجة حرارة الغرفة. تم بعد ذلك صب الحمض واستمر الغمر في أنهيدريد أسيتيك يحتوي على قطرتين من حمض الكبريتيك المركز لمدة 10 دقائق. تم تحليل التغيير في التركيب الكيميائي لألياف السيزال بعد الأسيتيل بواسطة التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه. يتم تقليل شدة النطاق المرتبط بمجموعة –OH بعد الأسيلة نتيجة لأسترة مجموعات الهيدروكسيل. تم دمج هذه الألياف في مصفوفة البولي إيثيلين منخفضة الكثافة لتحضير المركبات (80/20). لاحظ المؤلفون تحسنًا في خصائص الشد للمركبات بعد أسيلة الألياف. ويرجع ذلك إلى وجود مجموعات CH3 في ألياف السيزال الأسيتيل ، مما يعزز التفاعل مع البولي إيثيلين. على الرغم من عدم وجود رابطة كيميائية تساهمية تربط ألياف السيزال الأسيتيل بالبولي إيثيلين ، إلا أن زيادة مقاومة السيزال للماء بعد المعالجة هي المسؤولة عن تحسين خصائص الشد.

III-1-3- عملية الاسترة (Estérification):

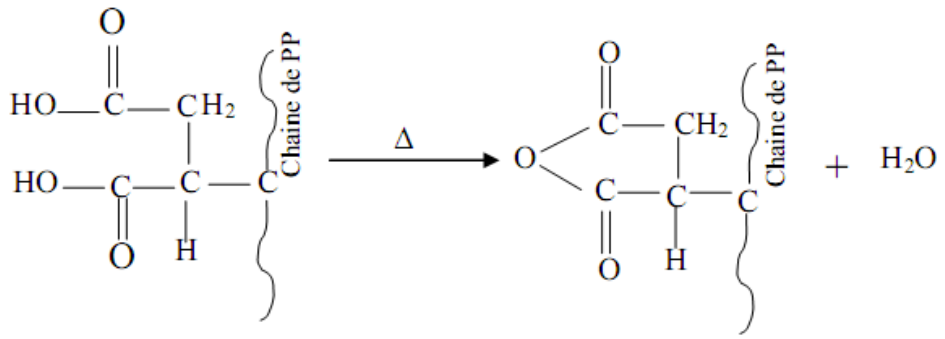
غالبًا ما يتم إجراء أسترة السليلوز في وسط حمضي باستخدام أنهيدريد يتوافق مع الحمض في معظم الحالات. يتم استخدامه للحصول على الكبريتات والفوسفات والكربامات وخلات السليلوز وأنواع أخرى من استرات السليلوز. التعديلات الكيميائية العميقة تعدل السليلوز بالحرارة. ولكن مع ذلك ، هناك معالجات سطحية للسليلوز تتطلب إما خطوة تنشيط عن طريق تفاعل أسترة متبوعًا بمعالجة السطح ، أو أسترة (المقابلة في هذه الحالة للمعالجة السطحية). يقتصر التفاعل على السطح باختيار ظروف التطعيم المناسبة (مذيب غير منتفخ ، درجة حرارة وضغط معتدلان ، قوة أيونية منخفضة ، إلخ) [63].

قدم **لو** ومعاونوه [64] عملًا حول تأثير أدوات التوصيل الكيميائية على خصائص مركب البوليمر / ألياف الخشب. أظهرت النتائج أن العلاج بمركب يحتوي على مجموعات الميثيلول (-CH2OH) ينتج عنه تكوين روابط تساهمية ثابتة وروابط هيدروجينية مع الألياف السليلوزية.

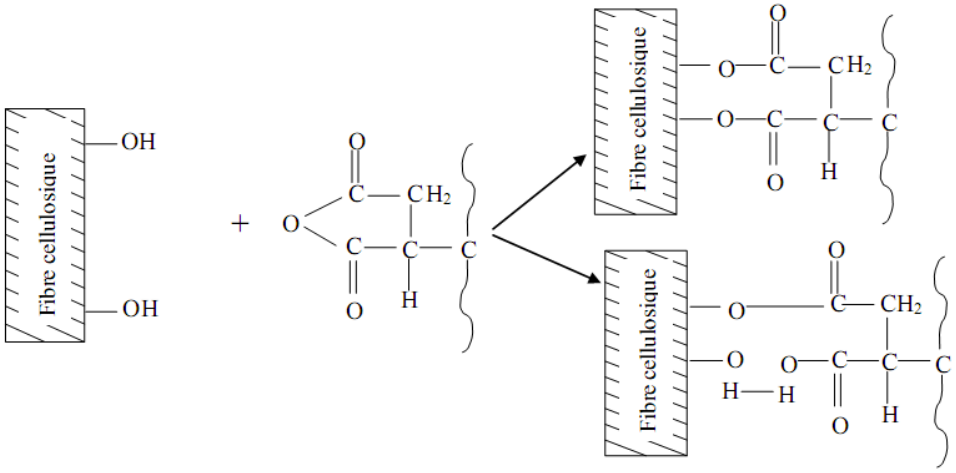
تُستخدم العلاجات باستخدام أنهيدريد مثل أنهيدريد المالئيك (AM) ، أنهيدريد السكسينيك (AS) على نطاق واسع في المركبات القائمة على الألياف السليلوزية. الأنهيدريدات لها مجموعتان وظيفيتان. يمكن لمجموعتي الكربوكسيل الارتباط بسطح الألياف السليلوزية عن طريق الأسترة أو الرابطة الهيدروجينية. يحتوي أنهيدريد الماليك ، بالإضافة إلى الكربوكسيل ، على رابطة مزدوجة (C = C). يزيد هذا الهيكل المترافق بشكل كبير من تفاعل التطعيم للرابطة المزدوجة للكربون والكربون على الحلقة غير المتجانسة مع مصفوفة البوليمر عن طريق الإضافة المقترنة لجذر البادئ [65].

ومع ذلك ، فإن سلسلة الهيدروكربون لـ (AM) أقصر من تلك الموجودة في مصفوفة البوليمر والألياف السليلوزية. هذه السلسلة المختصرة من (AM) تخفف من تحسن الالتصاق وتؤدي إلى ضعف التصاقها بالبوليمرات. يتم إجراء تطبيقات التطعيم (AM) على عدة بوليمرات كالبوليسترين (PS) والبولي إيثيلين (PE) والبولي بروبيلين (PP) والستايرين - الإيثيلين - البيوتيلين - الستايرين (SEBS). يعتبر البولي بروبيلين المطعّم بأنهيدريد الماليك (PP-g-AM) أكثر بوليمر استخدامًا في المركبات القائمة على الألياف النباتية [19]. عملية الربط مع (PP-g-AM) يظهر الألياف السليلوزية في الشكل (III-3). يمكن تقسيم آلية التفاعل إلى مرحلتين:

أ) تفعيل البوليمير المشترك بالتسخين (170°C)



ب) استرة السليلوز



الشكل (III-3):الرابطة الكيميائية PP-g-AM /الألياف السليلوزية [62].

III-4-1- عملية الاثيرة (Ethérification):

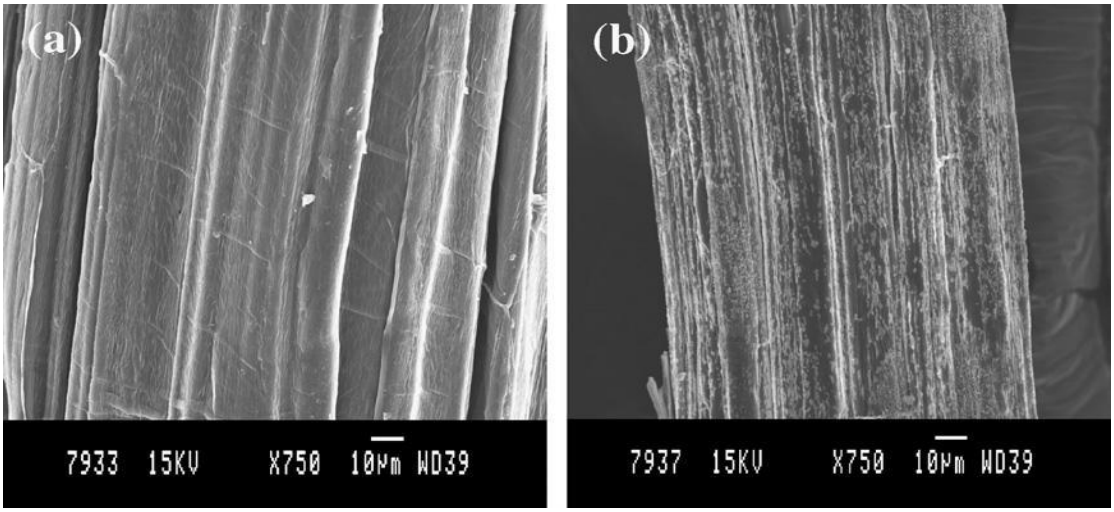
يحدث تفاعل الأيثير مع السليلوز في وسط قلوي عن طريق الاستبدال النيوكليوفيلي . الإيثرات التقليدية (مثل كربوكسي ميثيل السليلوز) التي يتم الحصول عليها هي الألكيل السليلوزي مع كلوريد الألكيل وسيليلوز الهيدروكسي ألكيل مع الإيبوكسيدات. يسبق عمل الإيبوكسيدات أو كلوريد الألكيل معالجة السليلوز بالصودا (المرسرة la mercerisatio) [66]. تم اكتشاف المرسرة (Mercerization) بواسطة (John Mercer) ، الذي حصل على براءة اختراع للعملية في عام 1850. وقد تم استخدامه لتحسين الخصائص مثل تقارب الصبغة والتفاعل الكيميائي وثبات الأبعاد وقوة الشد و نعومة الأقمشة القطنية [67].

المرسرة هي معالجة قلوي للألياف السليلوزية. يعتمد ذلك على تركيز المحلول القلوي ودرجة الحرارة ووقت المعالجة وعلى المواد المضافة [68].

أظهر بالي ولامي [61] أن استخدام ألياف الكتان كتعزيز للمواد المركبة يتطلب مجموعة مختارة من الألياف ومعالجات كيميائية مختلفة لها أدوار: تنظيف وفصل الألياف وتحسين الرابطة بين الألياف والمصفوفة. تمت دراسة المعالجات الكيميائية المختلفة لإنتاج مركبات راتنج الكتان / البوليستر. يتميز تأثير العلاج على رابطة

الألياف / المصفوفة باختبار تخفيف. تؤدي المعالجات الكيميائية التي خضعت لها الألياف (الصودا وأنهيدريد الخل) إلى زيادة إجهاد القص بنسبة 20٪ مقارنة بألياف الكتان الخام. من ناحية أخرى ، فإن النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام الألياف الزجاجية هي نفسها تقريبًا لألياف الكتان المعالجة براتنج بوليستر بالحرارة.

درس بول وزملاؤه [69] تأثير محتوى الألياف ومعاملاتهم الكيميائية على الخصائص الفيزيائية الحرارية (التوصيلية والانتشار الحراري) لألياف الموز / المواد المركبة من البولي بروبيلين. من بين العلاجات المستخدمة ، قاموا بغمر الألياف في محلول قلوي بتركيزات مختلفة (2٪ و 10٪) لمدة ساعة واحدة ، بعد غسل الألياف بالكامل بالماء لإزالة الفائض من .NaOH تم الغسل النهائي بماء يحتوي على القليل من حمض الأسيتيك. تم تجفيف الألياف في فرن هوائي عند 70 درجة مئوية لمدة 3 ساعات. أظهرت النتائج أن تركيز هيدروكسيد الصوديوم له تأثير على الخواص الفيزيائية الحرارية للمركبات. تحتوي المركبات القائمة على الألياف المعالجة بـ 10٪ NaOH على أفضل الخصائص الحرارية الفيزيائية من تلك القائمة على الألياف المعالجة بـ 2٪ NaOH الشكل (III-4).



الشكل (III-4): الملاحظة تحت المجهر الإلكتروني الماسح لمعالجة الياف الموز بهيدروكسيد الصوديوم: (a) 2٪ ؛ (b) 10٪ [76].

لتحسين واجهة ألياف الكتان / راتينج البوليستر غير المشبع في المركبات ، عالج بالنويس ومعاونوه [70] ألياف الكتان من خلال معالجات متتالية: تعتمد على الصودا (10 غ / لتر) ، أنهيدريد الخل و حمض الفورميك. يؤدي التعديل إلى زيادة خصائص الالتصاق بين الألياف ومصفوفة البوليمر. بالإضافة إلى ذلك ، فإن معالجة ألياف الكتان بهذه العملية تجعل سطح الألياف أكثر نعومة ويقلل من خشونتها.

عالج جوشي و اخرون [71]. ألياف الايزورا بمحلول قلوي 1٪ عند 30 درجة مئوية لمدة 4 ساعات لاستخدامها كتعزيز في مصفوفة بوليستر. تكون الخواص الميكانيكية للمركبات المتكونة أفضل مع الألياف المعالجة مقارنة بالألياف غير المعالجة. ينتج عن المعالجة القلوية لألياف إيزورا مادة مركبة ذات معاملات عالية. وفقًا لعمل ستوكي و اخرون [72] ، تم تحقيق تحسن كبير في الصلابة بواسطة صفائح فينيل إستر / ألياف الجوت المعالجة بـ NaOH لمدة 4 ساعات. ومع ذلك ، لم يتم العثور على فرق كبير بين صلابة المواد المركبة

على أساس الألياف غير المعالجة والمركبات القائمة على الألياف المعالجة لمدة 24 ساعة. من ناحية أخرى ، أظهرت فترة المعالجة الطويلة أعلى قيم لمقاومة الشد والاستطالة عند الكسر.

III-1-5- المعالجة بالأحماض الدهنية:

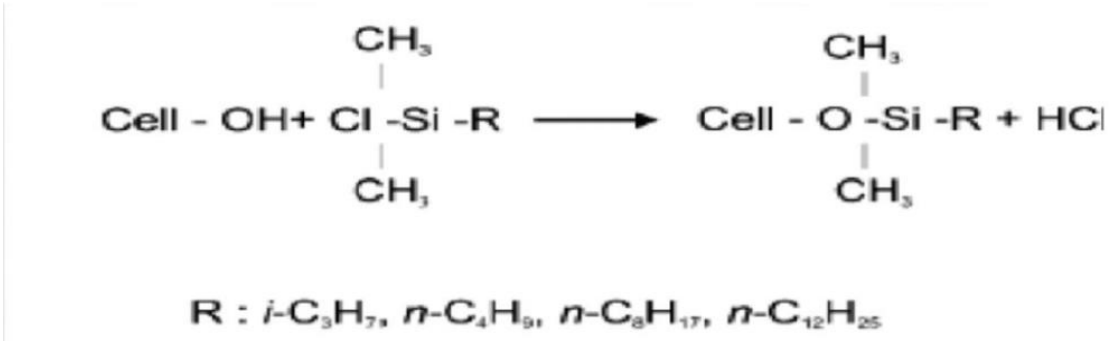
هناك تقنية أخرى لاسترة الألياف الطبيعية وهي المعالجة بحمض دهني [59]. يستخدم حامض دهني بالصيغة $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ لتعديل سطح الألياف. تتفاعل مجموعة الكربوكسيل - COOH من حامض دهني مع مجموعات الهيدروكسيل المحبة للماء في الألياف وتقلل من حساسيتها للرطوبة [55]. يمكن أن تعطي هذه المعالجة الألياف الطبيعية طابع كاره للماء للغاية [60]. ومع ذلك ، فإنه يزيل بعض مكونات بنية الألياف (البكتين ، زيت الشمع ، إلخ). نتيجة لذلك ، تتفكك حزم الألياف وتحدث ظاهرة إزالة الاهتزاز [59]. بالنسبة للتطبيقات المواد المركبة ، تعزز هذه المعالجة ارتباطًا أفضل بواجهة مصفوفة الألياف وتوفر خصائص أفضل للمواد المركبة.

بول وآخرون. [59] عالج ألياف الموز بحمض دهني. أولاً ، تمت معالجة الألياف القلوية بمحلول قوة 10٪ لمدة ساعة واحدة. بعد الغسيل والتجفيف ، تم غمر الألياف المعالجة في محلول 1٪ حمض دهني في إيثانول لمدة ساعة واحدة. تُظهر مركبات الألياف المعالجة / البولي بروبلين (50/50) تحسنًا في الخواص الميكانيكية مقارنة بالمركبات التي تحتوي على ألياف غير معالجة. زادت مقاومة الشد ومعامل يونج للمركب بنسبة 7٪ و 8.4٪ على التوالي. لوحظ نفس الاتجاه أيضًا خلال اختبارات الانحناء ثلاثية النقاط.

كالابراساد وآخرون. [58] ألياف السيزال المعدلة بتركيزات مختلفة من حامض دهني في الإيثانول. تشير النتائج إلى أن سطح الألياف يصبح أكثر كراهة للماء مع زيادة تركيز حامض دهني. يزيد العلاج بحمض دهني من زاوية التلامس بين سطح الألياف والماء وبالتالي يقلل من ترطيب الألياف بالماء. هذه الصفة الكارهة للماء التي اكتسبتها ألياف السيزال تجعلها أكثر توافقًا مع البولي إيثيلين وهو أيضًا كراهة للماء. تم تحسين قوة الشد ومعامل يونج لهذه المركبات (80/20) مع هذا العلاج. تم الحصول على أقصى مقاومة شد (+ 13٪) وأقصى معامل يونج (+ 12٪) لتركيز 4٪. وفقًا للمؤلفين ، فإن الزيادة في قوة الشد ترجع إلى ارتفاع درجة تشتت ألياف السيزال المعالجة بحمض دهني.

III-1-6- المعالجة بالسيلان:

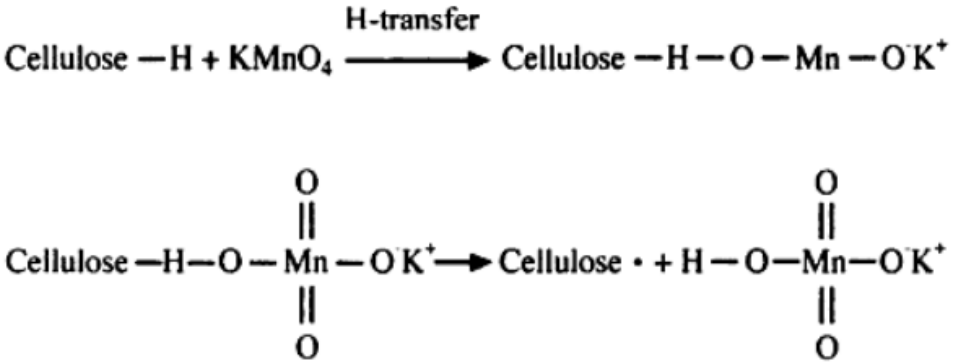
المعالجة بالسيلان واحدة من المعالجات المستعملة والمدروسة سواءا مباشرة على الألياف مباشرة أو على السيليلوز،نظرا لان فعالية السيلان يمكن أن يرتبط كيميائيا مع مجموعات المصفوفات البوليميرية،ان المعالجة الكيميائية للألياف بالسيلان تتم بارتباط السيلان مع مجموعة الهيدروكسيل للسيليلوز في وسط مائي قاعدي بسلسلة من اكليل ثنائي السيليلوز في وسط حامضي [77] وفق المعادلة في الشكل (III-5):



الشكل (III-5): معالجة الألياف بالسيلان[78].

III-1-7- المعالجة بالبرمنغنات:

لتحسين التصاق نبات السمار ونبات جوز الهند في المطاط الطبيعي NR قامت الباحثة حسينة واخرون [79]، بغمس الالياف في محلول(1%) من برمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$ في الاسيتون لمدة دقيقتين مع التجفيف في الهواء. تؤدي معالجة البرمنغنات الى تكوين جذور السيليلوز وذلك عن طريق تكوين ايونات MnO_3^- مما يحسن الارتباط في واجهة الألياف والبوليمير[80] وهي تسهل من عملية تطعيم المصفوفة البوليميرية للسيليلوز [79] الشكل (III-6):



الشكل (III-6): المعالجة الكيميائية بواسطة برمنغنات البوتاسيوم[80].

III-2- التطعيم الكيميائي:

وفقًا لبليدزكي وجاسان [62] ، هناك ثلاث طرق تجعل من الممكن تحضير الألياف السليلوزية عن طريق تعديل استخدامها في المواد المركبة:

- تعديل التوتر السطحي، أي تسخين سطح الألياف بالماء. على سبيل المثال، استخدام حمض دهني على الألياف يجعل الألياف كارهة للماء ويسهل أيضًا تشتتها في البولي أوليفينات. لوحظ نفس التأثير في مركبات

راتنج الجوت والبوليستر. أعطت المعالجات بأسيتات البولي فينيل أو السيلانات (الإيبوكسي واليوريتان) نتائج مرضية.

- تشريب الألياف للحصول على توافق أفضل مع راتينج البوليمر. المثال الأكثر دلالة هو تشريب السليلوز بالبولي الملدن (كلوريد الفينيل) (PVC) ، وقد لوحظ تشتت جيد في البوليسترين (PS).
- اقتران كيميائي لزيادة الالتصاق البيني. تتم معالجة سطح الألياف بمركب يقوم بعمل الاتصال بين مكونات المادة. تم تطوير هذا الأخير بشكل كبير في تحضير الألياف للمواد المركبة ، ولا سيما التطعيم عن طريق البلمرة المشتركة.

يكون التطعيم بواسطة البلمرة المشتركة من تفاعل كيميائي على مرحلتين. البدء على سطح الألياف عن طريق الجذور الحرة الناتجة عن المعالجة المائية في أغلب الأحيان لأنه يمكن استخدام العمليات الكهروكيميائية في هذه الخطوة. الخطوة الثانية هي تطعيم عامل التوصيل. لذلك لدينا توافق في السطح متبوعًا بتطعيم الجزيء كما يلي:

- ✓ إذا كان مونومرًا ، فقد يتبلمر في محلول مونومر
- ✓ إذا كان جزيءًا ثنائي الوظيفة ، فيمكن أن يتفاعل مع بوليمر أو مادة أساس
- ✓ إذا كان بوليمر مشترك ، يسمح بالحصول على المركب مباشرة.

يعد التعديل بواسطة السيلانات إحدى التقنيات التي تمت دراستها كثيرًا، وهي التعديل المباشر للألياف السليلوزية [74]. بفضل تفاعلاتها ، يمكن أن تقترن السيلانات كيميائيًا بمجموعات مصفوفة البوليمر ، ويتم إجراء التعديل الكيميائي للألياف بواسطة السيلانات عن طريق تفاعل الألكوكسيسيلانات مع مجموعات الهيدروكسيل في السليلوز في وسط مائي حمضي أو قاعدي.

من أجل تحسين ترسيخ ألياف السيزال وجوز الهند في المطاط الطبيعي (NR) ، شرع الباحث (Haseena) ومعاونوه [75] عن طريق نقع هذه الألياف في محلول KMnO4 (1%) في الأسيتون لمدة دقيقتان تليها التجفيف في الهواء المحيط. مبدأ هذا العلاج هو إنشاء مواقع جذرية في السليلوز للألياف ، مما يزيد من تفاعلها مع مصفوفات البوليمر. كما في الشكل (III-7).

$$\text{Cellulose} - \text{H} + \text{Mn}^{7+} \longrightarrow \text{Cellulose-H-Mn}^{7+} \text{ complexe}$$

$$\text{Cellulose-H-Mn}^{7+} \text{ complexe} \longrightarrow \text{Cellulose}^{*} + \text{H}^{+} + \text{Mn}^{7+}$$

$$\text{Cellulose}^{*} + \text{NR}^{*} \longrightarrow \text{Cellulose} - \text{NR}$$

الشكل (III-7): تفعيل تطعيم البوليمير بالبرمنغنات [75] (NR)

III-3- المعالجة الفيزيوكيميائية:

III-3-1- المعالجة بالبلازما:

تعتبر معالجة البلازما منخفضة الطاقة أحد المعالجات السطحية المطبقة على الألياف. عند الطاقة العالية، يمكن أن تصل عملية البلازما إلى لب الألياف ولكنها تؤدي إلى تدهورها [48]. يمكن استخدام البلازما في الغلاف

الجوي للأكسجين المعروف باسم بلازما الأكسجين. يغير الأخير تكوين سطح الألياف الطبيعية عن طريق إثرائه بوظائف C=O– و COOH– و CO_2– . يتم استخدامه لتنظيف وتنشيط البلازما للأسطح في وقت قصير جدًا. وبالتالي، يصبح السطح أكثر سهولة لتعديل الجزيئات. في أوقات أطول ، تسبب هذه العملية تشققات على سطح الألياف.

رازيق وآخرون [49]. درس فعالية عملية البلازما منخفضة الضغط في تحسين عملية ترسيب البوليمرات على سطح الأقمشة القطنية المنشط كيميائيًا. تم إخضاع الأقمشة القطنية للمعاملات المسبقة ببلازما الأكسجين لمدة 5 دقائق. بعد ذلك ، تم إجراء عملية بلمرة البلازما باستخدام أبخرة حمض الأكريليك كسلعة (مونومر). تم إدخال أبخرة مونومر حمض الأكريليك النقي في حجرة التفريغ عند ضغط 0.3 ملي بار. أظهرت الملاحظات أن سطح الألياف المعالجة مسبقًا أنظف وأكثر سلاسة مقارنة بألياف القطن غير المعالجة. وبالتالي يصبح السطح أكثر سهولة لربط العوامل الكيميائية المختلفة. أصبح سطح الألياف القطنية المعالجة بحمض الأكريليك أكثر كارهة للماء.

سيفر وآخرون. [48] عالجت سطح أنسجة الجوت ببلازما الأكسجين باستخدام أنظمة بلازما باردة منخفضة التردد وترددات راديوية ، بقدرات تفريغ مختلفة (30 ، 60 و 90 واط) ، لمدة 15 دقيقة ، لتحسين الخواص الميكانيكية للمركبات الجوت / HDPE (بولي إيثيلين عالي الكثافة). أشارت الملاحظات إلى أن الالتصاق البيني بين ألياف الجوت غير المعالجة ومصفوفة HDPE منخفض جدًا. تم تحسين الأخير عن طريق معالجة ألياف الجوت ببلازما الأكسجين. تظهر الاختبارات الميكانيكية (الجر ، الانحناء ثلاثي النقاط ، القص) تحسنًا في الخواص الميكانيكية للمركبات مقارنة بالجوت غير المعالج. تعمل قوة التفريغ المتزايدة على تحسين التصاق مصفوفة الألياف وبالتالي الخصائص الميكانيكية. تسببت قوة 60 واط في بلازما التردد المنخفض و 90 واط في بلازما التردد اللاسلكي في الحد الأقصى من التحسينات في الخصائص الميكانيكية. زادت قوة القص بين الصفائح وقوة الانحناء وقوة الشد للمركبات بنسبة 148٪ و 75٪ و 63٪ على التوالي لقوة 90 واط في بلازما التردد الراديوي. وقد ثبت أن هذا الأخير أكثر فعالية.

III-2-3- المعالجة الإكليلية (Traitement corona):

هذه التقنية هي أيضًا تعتبر معالجة سطحية. ينتج العديد من المواقع النشطة على سلاسل البوليمر الطويلة التي يمكن أن تتفاعل مع الأكسجين لتكوين عيوب سطحية. بعبارة أخرى ، يمكن أن تحدث زيادة خشونة سطح المادة نتيجة تكوين الثقوب الدقيقة والتجاويف [50]. يمكن أن تزيد هذه المعالجة من التصاق الألياف الطبيعية بالمصفوفة.

استخدم جاسان وجوتوفسكي [51] تفريغ الاكليل لتحسين الخواص الميكانيكية لألياف الجوت / مركبات الايبوكسي (70/30). أدت معالجة الهالة لألياف الجوت إلى زيادة محتواها من مجموعات الكربوكسيل والهيدروكسيل السطحية وبالتالي قطبيتها. تقلل أكسدة سطح الألياف من تماسك الخيط وقوة الشد للألياف مما يمنع تحقيق قيم أعلى لقوة الانحناء المركبة. في المقابل ، يزداد معامل المرونة عند 60 درجة مئوية للمركب مع زيادة طاقة الإكليل ويصل إلى قيمة أعلى بنسبة 15٪ لطاقة تبلغ 155 ملي جول / مم 2.

رجوبي وآخرون [50] درس تأثير تفريغ الاكليل على الخواص الميكانيكية لمركبات ألياف القنب / البولي بروبلين. خضعت ألياف القنب والبولي بروبيلين (PP) لعلاج الإكليل قبل تحضير المركبات. عند معالجة الألياف ، تزداد قوة الشد للمركبات (80/20) بشكل ملحوظ (32٪) بينما الإجهاد عند الكسر لا يتغير. على العكس من ذلك ، عندما تتم معالجة (PP) ، تظل مقاومة الكسر دون تغيير بينما يزداد إجهاد الكسر بنسبة 30٪. لم يؤثر علاج (PP) بشكل كبير على الخواص الميكانيكية. في الواقع ، فإن معالجة التفريغ الهالي هي معالجة سطحية وبالتالي لا تحدث الأكسدة في لب (PP). وبالتالي ، فإن نسبة الأنواع المؤكسدة منخفضة جدًا للسماح بالتفاعلات الكافية بين الألياف والمصفوفة ولتحسين الخواص الميكانيكية للمركب. من ناحية أخرى ، فإن معالجة ألياف القنب عن طريق التفريغ الإكليلي يهاجم سطح الألياف ثم يزيد من سطح التلامس بين المصفوفة والبوليمر وبالتالي يحسن الخواص الميكانيكية. زاد معامل يونج في هذه الحالة بنسبة 13٪ مقارنة بالمركب دون تعديل المكونات. كما أن هذه المعالجة تحسن من قوة الضغط للمركبات. لوحظ زيادة بنسبة 2-6٪ في معامل يونج في هذه الحالة.

III-3-3- المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية:

استخدم جاسان وجوتوفسكي [51] العلاج بالأشعة فوق البنفسجية كعلاج فيزيائي للأسطح لتحسين الخواص الميكانيكية لألياف الجوت / مركبات الإيبوكسي (70/30). تم تشعيع ألياف الجوت بالأشعة فوق البنفسجية بطول موجة 254 نانومتر. أدت المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية لألياف الجوت إلى زيادة قطبية سطحها عن طريق زيادة محتوى مجموعات الكربوكسيل السطحية. ويرجع ذلك إلى أكسدة سطح ألياف الجوت تحت الأشعة فوق البنفسجية ووجود الأكسجين. وبالتالي، تم تحسين قابلية التبلل للألياف وقوة الانحناء للمركب. بعد 10 دقائق من المعالجة على مسافة 150 مم من مصباح الأشعة فوق البنفسجية ، زادت قوة الانحناء للمركب بنسبة 30٪.
فيريرو وآخرون. [52] تستخدم هذه التقنية كعلاج كيميائي للقطن. قام المؤلفون بتطعيم الكيتوزان على الأقمشة القطنية لتطبيقات مضادة للبكتيريا. تمت إذابة الكيتوزان في محلول مائي من حمض الأسيتيك بتركيز 2٪ ، مع التقليب المغناطيسي عند درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة. بعد ذلك ، تمت إضافة المبادر الضوئي الجذري بتركيز 2٪ بكتلة الشيتوزان. تم تشريب النسيج لمدة 12 ساعة ، وتجفيفه لمدة 10 دقائق عند 80-100 درجة مئوية ، وأخيراً تم تشبيكه تحت الأشعة فوق البنفسجية. تعرضت الأقمشة المشربة على كلا الجانبين للأشعة فوق البنفسجية باستخدام مصباح الزئبق لمدة 30-60 ثانية. تم إضافة نشاط مضاد للميكروبات لعينات القطن بإضافة الكيتوزان. يتراوح الانخفاض في عدد الكائنات الحية الدقيقة بين 96.6 و 100٪. بالإضافة إلى ذلك ، يظهر العلاج مقاومة جيدة للغسيل ، ويحافظ على النشاط المضاد للبكتيريا حتى بعد 30 دورة غسيل.
توريس جينر وآخرون. [53] درس تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الالتصاق البيني لدقيق الخشب / مركبات فينيل بلاستيسول. فينيل بلاستيسول عبارة عن بولي فينيل كلوريد ملدن بزيت بذر الكتان إيبوكسيد. لهذا ، تم تعريض عينة الخشب تحت مصباح الزئبق للأشعة فوق البنفسجية بطول موجة 350 نانومتر في أوقات مختلفة. بعد ذلك ، تم دمج هذه الألياف في مصفوفة فينيل بلاستيزول بمعدلات مختلفة بين 10 و 30٪ . أظهرت النتائج أن الأشعة فوق البنفسجية عززت التصاق الألياف بالمصفوفة. اقترح المؤلفون أن أكسدة الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تعزز توليد مجموعات الهيدروكسيل (-OH) على سطح السليلوز لدقيق الخشب ، والتي يمكن أن تخلق

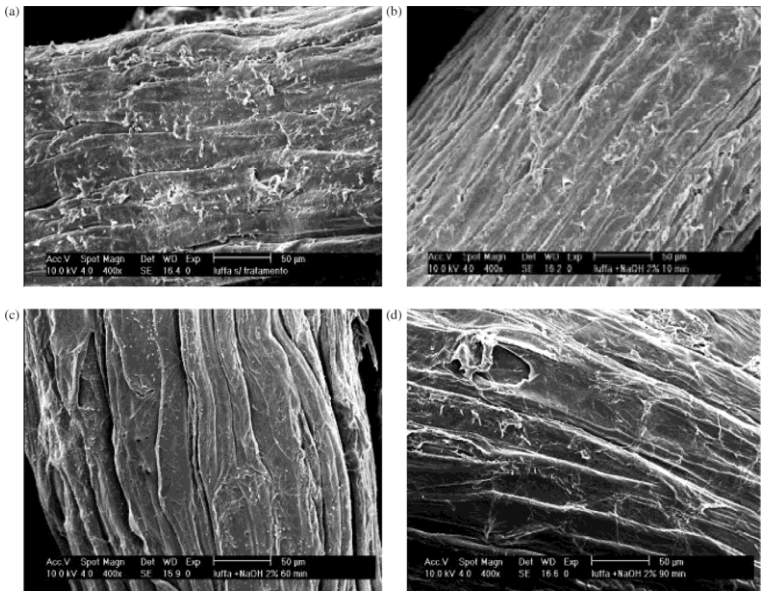
مواقع نشطة قادرة على تكوين تفاعلات تساهمية قوية مع مجموعات الإيبوكسي. كواشف زيت بذر الكتان المستخدمة. أشارت الاختبارات الميكانيكية إلى أن مقاومة الشد زادت بنسبة 42٪ وأن الإجهاد عند الكسر زاد 3.5 مرة بالنسبة للمركبات التي تحتوي على 30٪ من مطحون الخشب الذي سبق تعرضه للأشعة فوق البنفسجية لمدة 4 دقائق مقارنة بالمركب. من المكونات الخام.

III-4-3- المعالجة بالليزر:

تم استخدام تقنيات الليزر في وقت متأخر من معالجة الأسطح. في البداية ، تم استعملت في قطع المواد ، ثم في اللحام. هذه تقنية معقدة للغاية لأنها تتيح لك العمل على أجزاء محددة جدًا من السطح. غالبًا ما توجد علاجات الليزر في المعادن لتكوين ترسبات (الماس ، موصل فائق ، إلخ) ، لتقليل خشونة الأسطح أو زيادتها ، إلخ. ؛ ومع ذلك ، يمكن استخدامها أيضًا في الألياف [73].

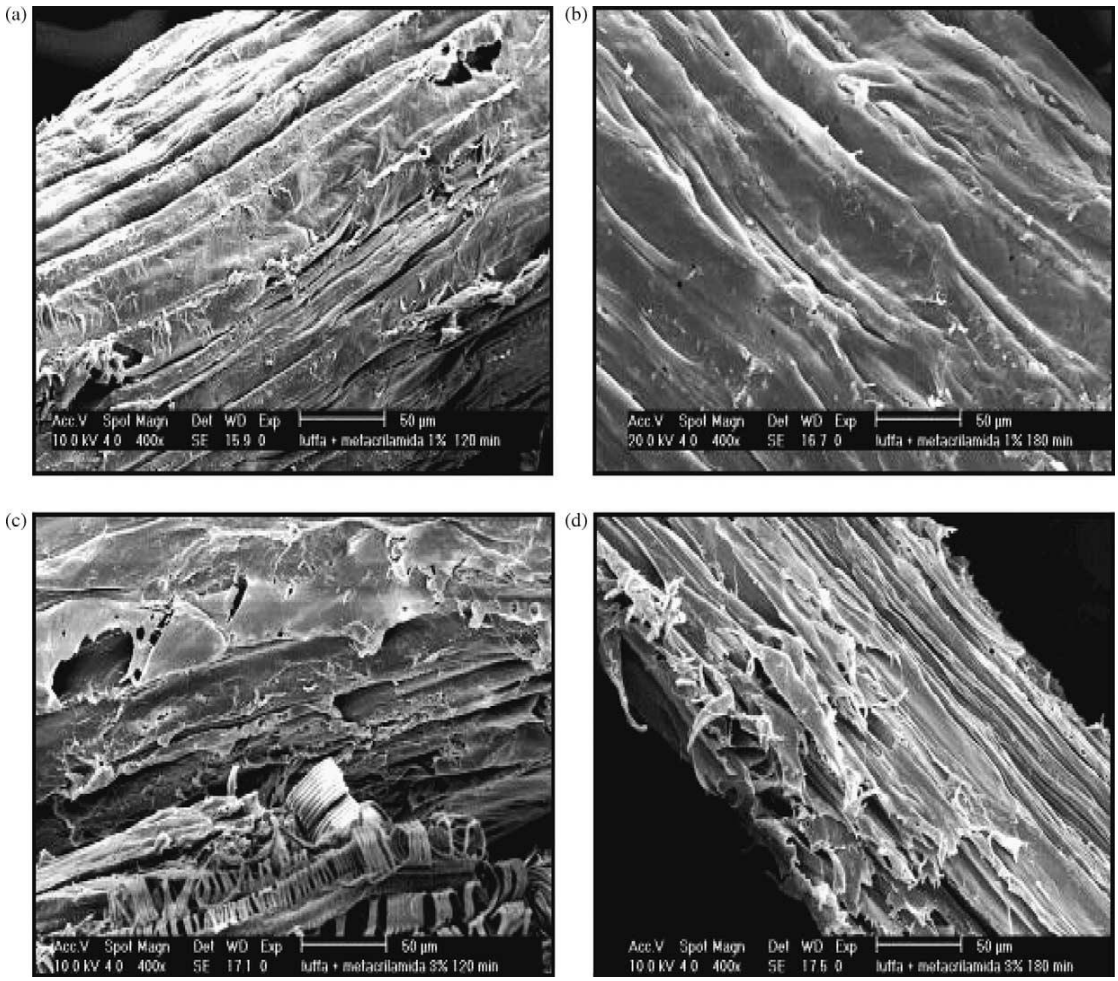
III-4- تاثير المعالجة على نبات الليف الاسطواني:

تمت دراسة تاثير المعالجة القلوية لنبات الليف الاسطواني بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH . يضهر في الشكل (III-8) صورة مجهرية لتاثير المعالجة في ازمنة متفاوتة على سطح الليف، حيث يضهر تغير في سطح الليف المعالج مقارنة بسطح الليف غير المعالج[99].



الشكل (III-8): صور مجهرية (×400) لتاثير المعالجة ب NaOH. (a) ألياف اللف الاسطواني غير المعالجة ، والألياف المعالجة بهيدروكسيد الصوديوم لمدة (b) 10 دقائق ، (c) 60 دقيقة ، و (d) 90 دقيقة.

تمت أيضا دراسة تاثير المعالجة لنبات الليف الاسطواني بمحلول ميثاكريلاميد (methacrylamide) بتركيزين مختلفين لمدة 120 دقيقة و 180 دقيقة النتائج موضحة في الشكل (III-9).



الشكل (III-9): صورة مجهرية (×400) لتاثير المعالجة بالميتاكريلامين لالياف نبات الليف الاسطواني [99].
(a): 1% 120 دقيقة.، (b): 1% 180 دقيقة.، (c): 3% 120 دقيقة، (d): 3% 180 دقيقة.

تبين الصور المجهرية للتشكل السطحي لليف الاسطواني. يمكن ملاحظة أن الألياف تظهر جانبًا متجانسًا ، مع سطح خشن وطبقة خارجية غنية باللجنين حول الألياف[99].

تظهر الألياف المعالجة بـ NaOH سطحًا غير منتظم ، وهو أكثر تركيزا في المعالجات الأكثر قسوة بسبب إزالة مستويات أكبر من المواد السطحية. ينتج عن الميثاكريلاميد المعالجة الأكثر شدة للألياف مع تلف كلي لسطح الألياف ، كما يتضح من الشكل . انكشاف طبقات الألياف الداخلية يكون أكثر وضوحا مع تشديد ظروف المعالجة. أظهر التعامل مع الألياف غير المعالجة جانبًا أكثر خشونة مقارنة بالألياف الملساء المعالجة بـ NaOH. نتج عن معالجة الميثاكريلاميد ألياف ذو سطح املس للغاية وشبه ابيض اللون لجميع التركيزات. كانت المعالجة الكيميائية مسؤولة عن إنقاص الوزن بنسبة 6٪ تقريبًا لجميع المعالجات باستخدام هيدروكسيد الصوديوم. من ناحية أخرى ، أظهر ميثاكريلاميد هذا الانخفاض فقط في المعالجات الأكثر شدة. نلاحظ أن المعالجة بنسبة 3٪ وصل إلى انخفاض بنسبة 6٪ لجميع فترات المعالجة ، في حين أن العلاجات بنسبة 1 و 2٪ لمدة 60 دقيقة لم تؤثر بشكل كبير على الوزن الأصلي.

الفصل الرابع:
المواد المركبة

تمهيد:

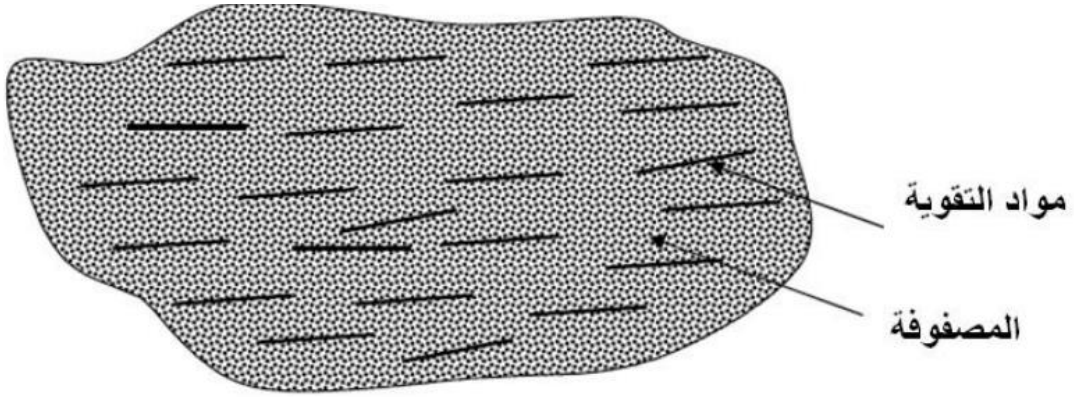
ان دراسة خواص المواد المركبة من الامور المهمة جدا التي يجب اخذها بعين الاعتبار لانها تحدد سلوكية هذه المواد تحت تاثير الاجهاد المسلط عليها ، وتحت تاثير مختلف الظروف الخارجية من ضغط و درجة حرارة ،وزمن وسرعة الاجهاد وطبيعة المذيبات الكيميائية وغيرها من العوامل الاخرى التي تاثر كثيرا على خواص المواد المركبة ،ومنه فان المواد المركبة هي عبارة عن بناء مكون من مادتين او اكثر ذات مواصفات مختلفة ترتبط مع بعضها بطريقة معينة لتعطي التراكيب المرغوب فيها وتكون ذات خصائص افضل من خصائص المواد الداخلة في تكوينها فيما لو استخدمت بشكل منفرد،وتكون مواد التدعيم بشكل دقائق او قضبان اوالياف او صفائح ... الخ، وهي بذالك تجمع الخصائص الجيدة من مختلف المواد الداخلة في تركيبها ، علاوة على التخلص من العيوب الموجودة فيها لتكون اكثر ملائمة للتطبيقات الصناعية ،لذلك يمكن القول ان المادة المتراكبة تتكون من طورين هما: الطور الاول يشمل مادة الاساس والطور الثاني يشمل مواد التقوية ،يرتبط هذان الطوران ببعضهما عن طريق سطح رابط يدعى السطح البيني ،وقد تتالف المواد المتراكبة من طور اساسي واحد او اكثر ومن مادة تقوية واحدة او اكثر للحصول على العديد من المتراكبات بترابط مواد التقوية مع مواد الاساس وهنا تدعى المادة الناتجة بالمواد المركبة الهجينة.

ونظرا لما تتمتع به المواد المركبة من خفة وزن وعزل حراري وكهربائي جيد فقد ازدادت الحاجة الماسة الى استخدامها في كثير من المجالات كالمدينة والعسكرية ، مما حفز الكثير من العاملين في هذا المجال الى اجراء بعض. التعديلات على خواصها.

IV-1- تعريف المواد المركبة:

تدل كلمة " المركبة" و "المواد المركبة " في التعبير على أن هناك مادتين أو أكثر تجتمعان على مستوى المقياس العياني لتشكل مادة مفيدة ثالثة، كما في الشكل (IV-1)، والامر الجوهري هنا هو الفحص العياني (الماكروي) للمادة حيث يمكن تمييز المكونات بواسطة إلعين المجردة [84].

وبالمعنى الاكثر شيوعا للمصطلح هي مجموعة المواد الاصطناعية والمستخدمة بشكل اساسي للتطبيقات الهيكلية، وبالتالي فان الوظيفة الميكانيكية هي السائدة ،فالمواد المركبة مواد غير متجانسة تتكون من ما دتين او اكثر،فهي تجمع بين مادة التقوية منتشرة في شكل جزيئات (الياف طويلة ، الياف قصيرة) داخل مصفوفة تغلفها، يسمح اختيار التعزيزات والمصفوفة من ترتيبها للجزء الخاص بها لصنع المواد بتصميمها عمليا للقياس وتحسينها للغرفة ،حيث يتم استخدامها وحتى في بعض الاحيان محليا اعتمادا على التوزيع المحلي للضغوط في الغرفة [85].



الشكل (IV-1): رسم يوضح بنية مكونات المواد المركبة [86].

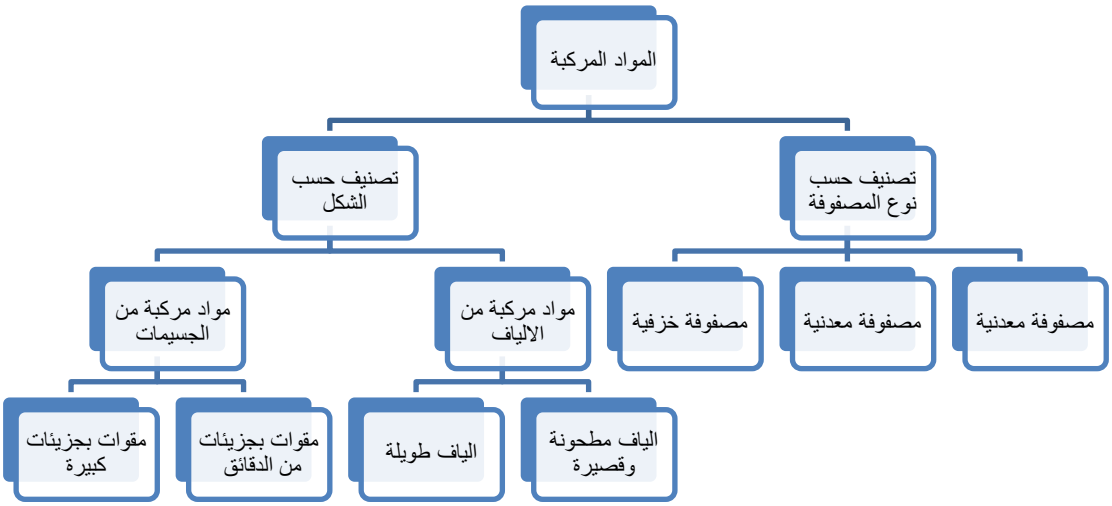
IV-2- تاريخ المواد المركبة:

المواد المركبة قديمة قدم العالم منذ عدة الاف من السنين ،زاد الحرفيون في مصر القديمة بالفعل من الخصائص الميكانيكية باضافة قش قصير الى الطين الطازج وبعض المواد الطبيعية مثل: الخشب (الياف السيليلوزفي مصفوفة اللجنين) والعظم (خليط معقد من الكولاجين وفوسفات الكالسيوم)هي مواد مركبة [81]. علاوة على ذلك، في عام 1823 قام تشارلز ماكنتوش بانشاء معطف واقي من المطر بالمطاط على الاقمشة مثل القطن ،كما قدم فرانسو هينبيك براءة اختراع الخرسانة المسلحة في عام 1892 ا، وظهرت المركبات الخشبية البلاستيكية في ايطاليا في عام 1970 ،ثم انتشرت في امريكا الشمالية في اوائل التسعينات ، وتستخدم المواد المركبة التي تعتمد على الياف النباتات على نطاق واسع في مجالات التطبيق المختلفة ، والملاحة الجوية والسيارات والأثاث [82].

منذ ما يقارب قرن من الزمان أثارت دراسة وتصميم المواد المركبة اهتماما كبيرا بمجال الكيمياء الحديثة والمتنوعة هياكل متجانسة وغير متجانسة ، غالبا ما تظهر أداء أفضل بكثير من تلك الخاصة بالمواد المتجانسة (الخصائص الكيميائية او الميكانيكية أو الضوئية أو الحرارية أو العازلة .. الخ) التي تقدم لهم أفاقا كبيرة جدا للاستخدام [83].

IV-3- تصنيف المواد المركبة ومميزاتها:

يتم تصنيف المواد المركبة عبر عدة تصنيفات حيث يتم تصنيفها حسب طبيعة المكونات التي تدخل في تركيبها أو حسب شكل هذه المكونات كما هو موضح في الشكل (IV-2):



الشكل (IV-2): تصنيف المواد المركبة.
تصنف المركبات حسب الشكل الى مواد مركبة من الالياف ومواد مركبة من الجسيمات

IV-3-1- تصنيف المركبات حسب شكلها:

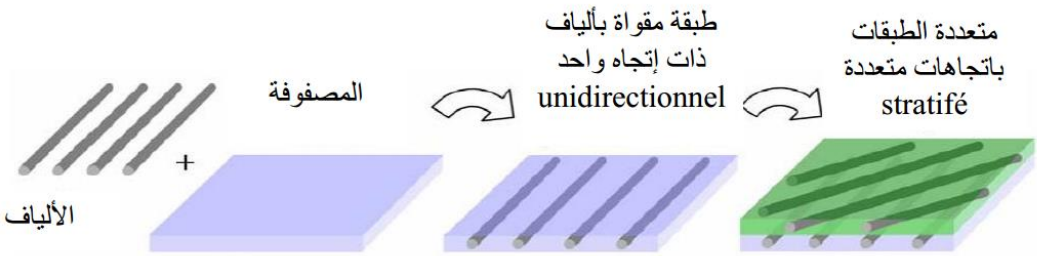
IV-3-1-1- مركبات الالياف:

المادة المركبة هي مركب من الألياف إذا كان التعزيز في شكل تكون الألياف المستخدمة اما في شكل ألياف مستمرة، ألياف منحنية ألياف طويلة او ألياف قصيرة...الخ
ترتيب الألياف واتجاهها يجعل من الممكن تعديل الخواص الميكانيكية للمواد المركبة ،للحصول على مواد متباينة الخواص بشدة للمواد المتاحة لذلك هناك نوع من المواد التي يمكن تعديلها حسب الرغبة للسلوك الميكانيكي والجسدي وذلك حسب:

- طبيعة المكونات:(منسوجة او مطحونة)
- نسبة المكونات: (قليلة او كثيرة)
- اتجاه الألياف:(اتجاه واحد ،اتجاهات مختلفة)

IV-3-1-2- مركبات الجسيمات:

المادة المركبة عبارة عن مركب جسيمي لان التعزيز الموجود يشكل جسيمات، على عكس الألياف ليس له بعد، وشكل الجسيمات ذو امتياز عالي فهي تستخدم بشكل عام لتحسين خصائص معينة مواد كانت او قوالب ،مثل الصلابة، ومقاومة درجة الحرارة ، وفي كثير من الحالات تتآكل ويحدث لها انخفاض في الانكماش ..الخ
وهي تستخدم ببساطة كمواد مالئة لتقليل تكلفة المواد دون التقليل من المميزات [87] والشكل (IV-3) يوضح تصنيف المواد المركبة.



الشكل (IV-3): تصنيف المواد المركبة حسب الشكل.

بعض أنواع الألياف (مواد التقوية):

الألياف الزجاجية:

الألياف الزجاجية شديدة الهشاشة متواجدة في السوق على شكل ملفوف أو أسلاك مقصوصة ،لها مقاومة معتبر للصدمات والحرائق لهذا فهي تستعمل في تحسين مختلف الخصائص [88].

الألياف الكربونية:

هناك العديد من الألياف الكربونية نذكر منها الأكثر شيوعا في الأسواق وهي:

- ألياف كربونية عالية المقاومة H.R
- ألياف ذات مقياس متوسط I.M.
- ألياف ذات مقياس عالي H.M

تمتاز هذه الألياف بمقاومتها الكبيرة للتآكل ، شديدة الهشاشة [89]

ألياف البوليمير :

على الرغم من كثافتها المنخفضة إلا ان القليل من البوليميرات تجعل من الممكن الحصول على ألياف ذات معامل كافي لتكون مهمة كمعزز للمركبات ، ومن خصائصها انها تمتاز بالصلابة وقوة الشد غالبا ما تستعمل مع الزجاج وألياف الكربون [85]

ألياف السيراميك:

يتم إنتاج هذه الألياف عن طريق الترسيب ،ترتكز هذه الألياف على درجة حرارة تفوق 500C°و2000° ومن أنواع هاته الألياف : ألياف البور ، ألياف الكربون سيليسيوم.

IV-3-2- التصنيف حسب نوع المصفوفة:

المصفوفة هي الرابط الذي يسمح بتثبيت الألياف ويضمن الارتباط الميكانيكي بينها ، كما أن للمصفوفة وظائف متعددة حيث تضمن الارتباط بين الألياف وتحميها ضد التأثيرات الخارجية توزيع المعيقات لتوفر المقاومة الكيميائية للهيكل وإعطاء الشكل المطلوب[90].

توجد العديد من المواد المركبة التي يمكن أن تصنف على حسب العديد من المعايير من بين هذه المعايير نوع المصفوفة المستعملة في المادة المركبة التي تسمح بتقسيم المواد الى ثلاثة أقسام :

IV-3-2-1- المواد المركبة ذات المصفوفة العضوية (CMO):

تتمثل في البوليميرات العضوية (المتدلية والمتصلبة حرارية)

تعتبر مصفوفة البوليمر الاصطناعية الأكثر شيوعا في المركبات الموزعة على نطاق واسع ،والمرتبطة بالزجاج أو الاراميد أو ألياف الكربون لديهم معامل منخفض وقوة شد منخفضة لكنهم يتناسبون بسهولة مع تسريب التعزيزات ،ومن مزاياها الرئيسية :كثافة منخفضة ،تكلفة منخفضة نسبيا ،عدم الحساسية للعديد من العوامل الكيميائية سهل وسريع الاستخدام، الوزن النوعي متوافق مع النماذج الأولوية والإنتاج الضخم.....

إما بالنسبة لسلبياته: مقاومة درجات الحرارة السيئة، يتميز بالمتانة الحساسية للرطوبة ومقاومة العوامل الجوية [84] والمصفوفات العضوية تنقسم إلى:

أ) المصفوفة المرنة حراريا (TP):

هذا النوع من المصفوفة تتكون من جزيئات خطية كبيرة أو متفرعة التي يمكنها أن تتحرك فيما بينها عندما عند الزيادة في درجة الحرارة في وجود طاقة حرارية تتحول المصفوفة من الحالة الصلبة إلى الحالة المرنة مثل (كلوريد الفينيل ،ومتعدد الاثيلين) وهو تحول عكوس [91].

ب) المصفوفة المتصلبة حراريا (TD):

تستعمل مع الراتنجات المتصلبة حراريا اي الألياف الطويلة هذا النوع مرة واحد أثناء التسخين وفق الشكل المرغوب فيه ، لكن هذا النوع غير عكوس [92] ومن الراتنجات الأكثر استعمالا:

- راتنج البولي استر (UP)
- راتنج ايبوكسيد
- راتنج الفينولي (فينول بلاست)
- راتنج فينيل استر

اللدائن :

هي بوليميرات طبيعية او اصطناعية يمنح بينتها الخاصة مرونة كبيرة (تصل الى 500% استطالة مقاومة بالحجم الاولي) على سبيل المثال يمكننا الاستشهاد باللدائن التالية:السيلكون اللدائن ،البولي يوريثين ،النيوبرين ،اللاتكس ،.....الخ [93]. والجدول (IV-1) يبين أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة العضوية.

الجدول (IV-1): أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة العضوية [94].

المصفوفة العضوية	المكونات	مجال الاستعمال
- الورق، العلب - لوحة من الدقائق - لوحة من الألياف - نسيج مطاطي - الدواليب	- ألياف سيليلوزية - نجارة الخشب - ألياف الخشب - النسيج bitum - ألياف الزجاج / الكربون	-الطباعة -النجارة -البنايات -الرياضة -مجالات متعددة

IV-3-2-2- المواد المركبة ذات المصفوفة المعدنية (CMM):

ان تشريب التعزيزات بشبيكة سائلة هو عملية حساسة تقنيا ،وعمليا فقط سبائك الألمنيوم المستخدمة في هذا النوع من التقنية المرتبطة بالألياف أو جزيئات الجرافيت أو السيراميك فهي سهلة الاستخدام ، الحل الوسط الذي تم الحصول عليه بين صلابة المصفوفة المعدنية وصلابة التعزيزات انه يعطي الخصائص الميكانيكية المركبة المثيرة للاهتمام مقارنة بالسبائك وحده. تحتفظ تكاليفها العالية بالتركيبات مع المواد المعدنية لتطبيقات الطيران والفضاء خاصة فوق200 درجة مئوية[84]. وتتمثل مزاياها الرئيسية في:

- متانة عالية
- مقاومة الضغط والقص
- مجال حراري واسع الاستعمال
- مقاومة الرطوبة والحريق [84]

والجدول (IV-2) يبرز أهم مكوناته ومجال استعمالاته:

الجدول (IV-2): أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة المعدنية [94].

نوع المادة المركبة	المكونات	مجال الاستعمال
سبائك خفيفة من الألمنيوم والمغنيسيوم والتيتانيوم	ألمنيوم/ ألياف البور ألمنيوم /ألياف الكربون	النقل الجوي والبحري والسكك الحديدية والبناء والفضاء وكذلك الرياضة والترفيه

IV-3-2-3- المركبة ذات المصفوفة الخزفية (CMC):

يمكن الحصول على هاته المصفوفة من مواد مركبة من السيراميك (AL ; C ; Sic ; MgO ; Cr Sio) عن طريق تشريب الألياف التشكيلية (المعادن والنظارات والاراميدات والكربون والسيراميك)أو عن طريق المعلقات السائلة [84]. هذه المصفوفة مخصصة للتطبيقات عالية التقنية للغاية وتعمل في درجات حرارة عالية مثل الفضاء والمجالات النووية و العسكرية وكذلك المكابح [95]. ومن مزاياها ان لها مجال حراري واسع الاستعمال ويتمثل دورها في :

- هو ربط ألياف التعزيز
- توزيع المعيقات
- توفر المقاومة الكيميائية للهيكل
- إعطاء الشكل المطلوب للمنتج النهائي[96].

والجدول (IV-3) يبين أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة الخزفية.

الجدول (IV-3): أهم مكونات ومجال استعمال المصفوفة الخزفية [94].

نوع المادة المركبة	المكونات	مجال الاستعمال
الخرسانة	اسمنت، رمل، حبيبات	هندسة مدنية
مواد مركبة كربون-كربون	كربون، ألياف كربون	الطيران، الفضاء، الرياضة، الطب...الخ
مواد مركبة خزفية (سليكون)	خزف ،ألياف خزفية	قطع ميكانيكية ، حرارية

IV-4- شروط تحضير المركبات:

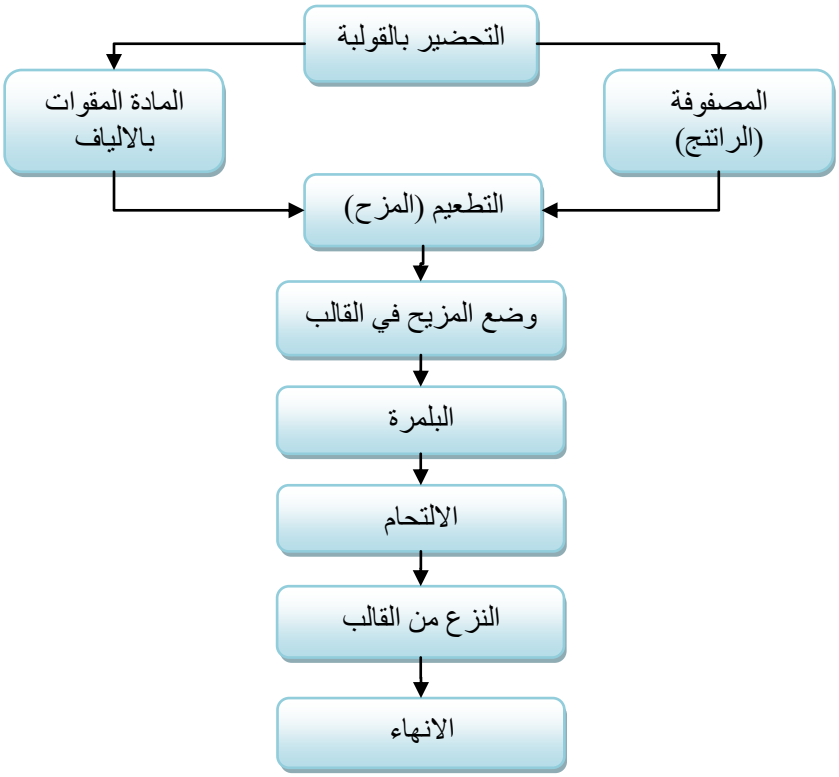
لتحضير المركبات يجب مراعاة الشروط التالية:

- مقدار التقوية
- طبيعة الصماغ والإضافات أو المواد المضافة
- هندسة القطعة المراد صنعها
- الطريقة المستعملة
- توجيه المقومات بشكل أفضل.

IV-5- طريقة تحضير المواد المركبة:

يتم مزج الألياف النباتية مع مصفوفات من اللدائن الحرارية أو الراتنج بالحرارة عن طريق الضغط مصبوب في مجموعة متنوعة من القوالب كما في الشكل (IV-4). تُستخدم ثلاثة أنواع من العمليات لتصنيع المواد المركبة المصنوعة من الألياف السليلوزية والبوليمر الحراري: المزج الذائب والمزج البارد والبلمرة في الموقع.

في عملية المزج المصهور ، يتم خلط البوليمر الحراري المصهور مع الدعامة السليلوزية ، مما ينتج عنه مادة قابلة للتشكيل الحراري. في حالة تشكيل المواد المركبة ، يتم تسخين المنتجات ، في البداية على شكل مسحوق ، رقائق ، حبيبات ، ألياف ، يتم تفريق الشحنة في القالب لإحداث مزيج بين المكونات. تم إنتاج العديد من المواد المركبة ذات الحشو القابل للتحلل. تتطلب هذه الطريقة التوافق الحراري بين المنتجات. على وجه الخصوص ، عند استخدام عدة بوليمرات ، يجب ألا يتحلل أحدها حرارياً بينما لا يتم صهر البعض الآخر. بالإضافة إلى ذلك ، يجب اختيار ضغوط القص لتشتيت الحمل بشكل مثالي للمصفوفة وتجنب نقاط تركيز الشحن الناتجة عن تكتلها. أخيرًا ، هناك أيضًا مشكلة توافق الواجهة بين المكونات. للتغلب على هذه المشكلة ، يمكن إدخال عوامل اقتران في الخليط لتعديل سطح الحشو وتحسين الالتصاق بواجهة حشو المصفوفة. في عملية الخلط على البرودة ، يتم خلط البوليمر المتلدن بالحرارة بواسطة تيار هواء بارد مع ألياف النبات. يتم الحصول على مزيج متجانس. يتم تحقيق دمج البوليمر في ألياف النبات عن طريق الضغط الساخن. أثناء البلمرة في الموقع ، يتم خلط المونومرات السائلة مباشرة عن طريق الشفط مع ألياف النبات قبل الشروع في الصب. المونومرات الأكثر استخدامًا هي: مشتقات الستايرين والأكريليك والفينيل. يعتمد تصميم المواد المركبة على نوع التطبيق والتحميل وما إلى ذلك ، والتي تختلف اختلافًا كبيرًا عن المواد التقليدية ، حيث يتم تكييف تصميم الهيكل وفقًا للمادة المكونة لها. من الواضح أن جودة وملاءمة المادة المركبة تعتمد على اختيار هذين المكونين الأساسيين (المصفوفة والألياف) وفقًا للتطبيقات المحددة لها[98].



الشكل (IV-4): مراحل القولبة [97].

IV-6- المزايا والعيوب الرئيسية للمواد المركبة المدعمة بالياف نباتية:

تُفضل المواد المركبة على المواد الأخرى لأنها تتميز بالمزايا التالية[98]:

- خفتها.
- مقاومتها للتآكل والتعب.
- عدم حساسيتها تجاه منتجات مثل الشحوم والسوائل الهيدروليكية والدهانات والمذيبات.
- قدرتها على اتخاذ عدة أشكال، لدمج الملحقات والسماح بتقليل الضوضاء.

ومع ذلك ، فإن لها بعض العيوب تتمثل في:

- تكاليف المواد الخام وعمليات التصنيع.
- إدارة النفايات المتولدة والقواعد الصارمة المتزايدة.
- ثبات أبعاد منخفض.
- أمتصاص الماء.

IV-7- تطبيقات المواد المركبة على أساس الألياف النباتية:

يعد استخدام المواد المركبة جزءًا من نهج التصميم البيئي. أخيرًا ، نلاحظ تطور حبيبات اللدائن الحرارية المقواة بألياف نباتية طبيعية وتستخدم في مختلف المجالات (مستحضرات التجميل ، والسيارات ، والبستنة ، والأجهزة المنزلية ، وأثاث الشوارع ، والأدوات ، وما إلى ذلك) [98].

أ) في السيارة:

أصبح استخدام الألياف الطبيعية في المواد المركبة أكثر شيوعًا ، ولا سيما في مجال السيارات ، أتاحت مشاريع بحثية تطوير الأجزاء في مركبات الكتان أو القنب مع زيادة الكتلة بنسبة 25٪. التطبيقات كانت كما يلي: بطانة صندوق السيارة ، وأغطية الأرضيات ، وأغطية الجدران الداخلية (تغطية أسقف مقصورة الركاب باستخدام تقنية التصفيح / الضغط) ، والأغطية الأمامية والخلفية ، وأغطية أقواس العجلات ، وأغطية الأرضيات. رف الطرود الخلفي ، وأغطية المقاعد ، والغطاء ، والحشو الرغوي ، وفلتر الزيت (لناقل الحركة) ، وسجاد حواف لوحة الباب ، وبطانة لوحة الباب على الطريق والسكك الحديدية ، ولوحات الأدوات (حقن الحبيبات) [98].

ب) في المنشئات:

تستخدم الألياف النباتية كتعزيز للمواد، وخاصة العزل ومنتجات الأسمنت[98].

ت) الطائرات الحربية:

لقد ضهرت عبر السنين مشاريع متنوعة في مجال الطائرات الحربية، و هي اكبر بكثير من ان نلخصها في مكان صغير مثل هذا. استعملت المواد المركبة في تصنيع مفصل جناح الطائرات و فرامل السرعة[98].

ث) الطائرات المدنية:

تستعمل المواد المركبة أيضا في مجال تصنيع بعض أجزاء الطائرات المدنية مثل الجناح الافقي للطائرة[98].

ج) التطبيقات الفضائية:

يتعاطى جميع الأشخاص الى درجة ما مع النشاطات الفضائية، ومع ذالك، قلائل هم المطلعون على الدور الذي تلعبه المواد المركبة المتنوعة في هذه النشاطات. فالتوفير في الوزن هو امر ذو أهمية حاسمة في ميدان البنى الفضائية. نظرا للكلفة الهائلة التي يستلزمها رفع أي بنية من الأرض الى الفضاء الخارجي. وهكذا نرى ان المواد المركبة تلعب دورا الزاميا في كل البنى الفضائية الموجودة فعليا، وهذا الدور يضهر صغيرا نسبتا الى ما ستلعبه هذه المواد في المستقبل مع تطوير تطبيقات جديدة.

هناك بعض البنى المكونة من ايبوكسي-جرافيت يمكن تكييفها بحيث يصبح فيها معامل التمدد الحراري فيها معدوم و في هذا فائدة كبيرة بالنسبة للهوائيات الضخمة التي يجب عليها ان تمر الى داخل اشعة الشمس و الى خارجها مع الحفاض على ثبات ابعادها من اجل دقة تعيين الإشارة[98].

ح) التطبيقات في العربات:

تتميز تطبيقات المواد المركبة في العربات عند مقارنتها بالتطبيقات في الطائرات و التطبيقات الفضائية ببعد جديد تماما و هو: السعر المنخفض و معدل الإنتاج العالي. و تعتبر هذه الثنائية في زوج العوامل الاقتصادية المعهود المتمثل في الإنتاج ذو الكلفة المنخفضة المقترن بالمعدل العالي للإنتاج امرا أساسيا للمحافضة على الكلفة الحالية للمركبات مع المعدلات الإنتاجية الحالية العالية ، وبنفس الوقت تحقيق هدف يتمثل في زيادة متوسط المسافة المقطوعة مقابل الوقود المصروف[98].

خ) التطبيقات التجارية:

تشق بعض المواد المركبة طريقها الى التطبيقات التجارية بسرعة بالغة، و ذلك في حال كانت التكاليف تحت السيطرة. على سبيل المثال انتجت سنارات صيد السمك المكونة من الياف زجاجية منذ اربعينات القرن العشرين،

و أصبحت فعليا السنارات العيارية في ستينيات ذالك القرن. كذلك أصبحت منتجات عديدة مكونة من الياف الزجاج شائعة الانتشار مثل القوارب و العربات الى مدى محدود، و مضارب التنس و المزالج و الواح ركوب الأمواج[98].

خاتمة:

إن معرفة التركيب الكيميائي للألياف النباتية و نسبة المكونات الموجودة فيها، يلعب دورا كبيرا في معرفة نوع ومدة المعالجة التي نقوم بها على هذه الألياف قصد الوصول إلى نتائج جيدة في عملية تحضير المواد المركبة.

في هذا العمل كنا بصدد إجراء استخلاص و تشخيص الألياف المكونة لنبات الليف الاسطواني (luffa) و من ثمة القيام بمعالجته كيميائيا قصد تحضير مواد مركبة مدعمة بألياف نبات الليف الاسطواني، لكن الوضع الراهن و الاستثنائي و الظروف الصحية التي تمر بها بلادنا في هذه الفترة و المتمثلة في انتشار وباء كورونا (covid19) حال دون إتمامنا لهذا العمل. من اجل ذالك قمنا بتعويضه بدراسة نظرية حول كل من الألياف النباتية و مختلف طرق استخلاصها من أجزاء النباتات، وكذلك مختلف المعالجات التي تم إجرائها على الألياف النباتية قصد تحضير مواد مركبة مدعمة بهذه الألياف.

بالنسبة للاستخلاص، فان معرفة نسبة السيليلوز والهيميسيليلوز والليجنين يفيدنا كثيرا في اختيار المعالجة الكيميائية والفيزيوكيميائية التي يجب أن نقوم بها على الألياف و كذلك المدة التي تستغرقها المعالجة.

تؤثر المعالجة على البنية السطحية لليف النباتي حيث أنها تحول النهايات المحبة للماء إلى نهايات كارهة للماء و محبة للراتنج، وهذا ما يزيد في نسبة الالتصاق بينها و بين الراتنج و بالتالي نحصل على مواد مركبة ذات جودة عالية و مميزات فريدة.

قائمة المراجع

[1] C. Oudet ;polymeres : structure et proprietes introduction ; Ed. elsevier masson¸ France (1983)249.

[2] J. Široky ¸B. Široka and T.Bechtoled ; ALKali Treatments of Woven Lyocell Fabrics ;
Univercity of Innsbruck¸ Research Institute for textile chemistry and physics¸ Austria (2012)197-203.

[3] M.Bourgeois ; technique de l´ingénieur :fibre agrosourcées ; France(2011)11.

[4] W.Adams , R-Anson; Composites :From Glass to Natural Fibres.T´exiles intelligence. Ltd. July(2003).

[5] TAYLOR FRANCIS GROUP ;LLC. Mechanics of composites materials, second edition; (2006).

[6] C. Meirhaeghe ;Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres Végétale à susages matériaux en France ;(2011)84.

[7] N. Le Moigne, B. Otazaghine, S. Corn, H. Angellier-Coussy, A. Bergeret; Surfaces and Interfaces in Natural Fibre Reinforced Composites: Fundamentals, Modifications and Characterization: Springer; (2018).

[8] A. Sbiai ;Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier: effet de l'oxydation au tempo sur les fibres: Lyon, INSA; (2011).

[9] M. Reyne ;Technologie des composites: Hermès; (1990).

[10] JL. Toupe ;Optimisation des propriétés mécaniques de composites à base de fibres naturelles: application à un composite de fibre de lin avec un mélange de polyéthylène/polypropylène d'origine post-consommation, (2015).

[11] A. Mohanty, Ma. Misra, G. Hinrichsen ; Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. Macromolecular materials and Engineering ; 276 (2000) 1-24.

[12] M. Mustapha ; Mise en œuvre, caractérisation et modélisation matériaux composites: Polymère thermoplastique renforcé par des fibres de DOUM. (2013).

[13] K. Borchani ; Développement d'un composite à base d'un polymère biodégradable et de fibres extraites de la plante d'Alfa: Lyon; (2016).

[14] S.Thiébaud ;Valorisation chimique de compose lignocellulosiques: Obtention de nouveau matériaux ; thèse doctorat INP Toulouse, France(1995)194.

[15] T. Collins, C. Gerday, G. Feller; Xylanases, xylanase families and extremophilicxylanases; FEMS Microbiol. Rev. (2005)3-23.

[16] M. Lawoko, G. Henriksson, G. Gellerstedt; new method for quantitative of preparationlignin-carbohydrat; Holzforschung 57(2003) 69-74.

[17] B. Montiès ; Les polymères végétaux - Polymères pariétaux et alimentaires Non azotés ;Ed.Galignin-carbohydrat; Holzforschung 57(2003) 69-74.uthier Villars , Paris (1980)122-155.
[18] S. pektiko ; henry george lidell robert scott,″ AGreek-english lexicon ″,,at perseus,(1897).
[19] B. henry, k. frank et al. methare emissions from terrestrial plants under ae ro bic conditions. Nature 439(2006)187-190.
[20] R Alén; Structure and chemical composition of wood forest products chemistry .1;Ed. P.Stenius (2000) 11-57.
[21] R. M. Rowell, R.A. Young, J. K. Rowel; Paper and composite from agro-based resources;CRC Lewis publishers (1996)446.
[22]. A .Young; Utilization of Natural Fibers: Characterization, Modification and Applications, in Lignocellulosic-Plastics-Composites; Sao Paulo 1,Brazil(1997)213-221.
[23] G. M. Ganjyal et al ;Biodegradable packaging foams of starch acetate blended with corn stalk fibers ;J. Appl. Polym. Sci. 93(2004) 2627–2633.
[24] P-E. Bourban, L. Carlsson, J. A. Manson, J-P. Mercier, « Matériaux composites à matrice organique : Constituants, procédés, propriétés ». Traité des Matériaux Vol. .15, (2004).
[25] C. BALEY ;Technique de l'ingénieur :fibres naturelles de renfort pour matériaux composites ;France (2013)17.
[26] M. Lawoko, G. Henriksson, G. Gellerstedt; new method for quantitative of preparationlignin-carbohydrat; Holzforschung 57(2003) 69-74.
[27] F. Rouessac, A. Rouessac; Analyse chimique, Méthode et techniques instrumentales modernes.6eme edition; (2004).
[28] G. Mahuzier, M. Hamon, D. Ferrier, P. Prognon; Chimie analytique tome1, Méthodes de separation; 2eme edition; (1999).
[29] G. Mahuzier, M. Hamon, D. Ferrier, P. Prognon; Chimie analytique tome2, Méthodes de separation; 2eme edition; (1999).
[30] S. Kalia ; Lignocellulosic Composite Materials: Springer; (2019).
[31] M. Dallel; Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (Stipa Tenacissima L.): Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil: Université de Haute Alsace-Mulhouse; (2012).
[32] S. Bouzouita ; Optimisation des interfaces fibre-matrice de composites à renfort naturel: Ecole Centrale de Lyon; Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir; (2011).
[33] P.Zakikhani, R. Zahari, M. Sultan, D. Majid ; Bamboo fibre extraction and its reinforced polymer composite material. Int J Chem, Mater Sci Eng 8 (2014)54-7.

[34] S. Msahli, Y. Chaabouni , F. Sakli, J. Drean ; Mechanical behavior of Agave Americana L. Fibres: Correlation between fine structure and mechanical properties. Applied Sci (2007).
[35] P. Das, D. Nag, S. Debnath, L. Nayak ; Machinery for extraction and traditional spinning of plant fibres. (2010).
[36] S. Msahli, F. Sakli, J-Y. Drean; Study of textile potential of fibres extracted from Tunisian Agave Americana L. AUTEX Research Journal; 6(2006)9-13.
[37] K. Labidi, Z. Cao, M. Zrida, A. Murphy, AH. Hamzaoui, DM. Devine; Alfa fiber/polypropylene composites: Influence of fiber extraction method and chemical treatments. Journal of Applied Polymer Science(2019).
[38] R. Kessler, U. Becker, R. Kohler, B. Goth; Steam explosion of flax—a superior technique for upgrading fibre value. Biomass and Bioenergy 14 (1998)237-49.
[39] S. Sayeb, I. Marzoug, MB. Hassen, F. Sakli, S. Rodesli; Study of water sorption properties for esparto grass ultimate fibre (ALFA fibre). Journal of the Textile Institute; 101 (2010) 19-27.
[40] EM. Maafi, L. Tighzert, F. Malek; Elaboration and characterization of composites of castor oil- based polyurethane and fibers from alfa stems. Journal of Applied Polymer Science; 118 (2010) 902-9.
[41] IBA. Marzoug, S. Sayeb, MB. Hassen, F. Sakli, S. Rodesli; Study of Some Properties of the Esparto Grass Fiber Waste (ALFA Fiber). Journal of Textile and Apparel, Technology and Management;7 (2011).
[42] KR. Hakeem, M. Jawaid, U. Rashid; Biomass and bioenergy: Springer; (2016).
[45] G. Fila, L. Manici, F. Caputo; In vitro evaluation of dew-retting of flax by fungi from southern Europe. Annals of applied biology;138 (2001)343-51.
[44] G. Henriksson, DE. Akin, RT. Hanlin, C. Rodriguez, DD. Archibald, LL. Rigsby, et al. Identification and retting efficiencies of fungi isolated from dew-retted flax in the United States and europe. Appl Environ Microbiol (1997).
[45] L. Sisti, G. Totaro, M. Vannini, A. Celli; Retting process as a pretreatment of natural fibers for the development of polymer composites. Lignocellulosic composite materials: Springer; (2018) 97-135.
[46] L. Chaa ,J.C. Mollet , H. Morvan , M. Kaid-Harche; Extraction et caracterisation aristida pungens: valoristion sous ‹des hemicelluloses parietals du tissue foliaire d forme de biofilms 24 (2017).
[47] R. Larouche; Extraction, caractérisation et biotransformation de la lignine de Klason extraite de l'épinette blanche Picea glauca (Moench) Voss. Université du Québec à Chicoutimi, (1993)24-27.

[48] K. Sever, S. Erden, H. A. Gülec, Y. Seki, and M. Sarikanat, “Oxygen plasma treatments of jute fibers in improving the mechanical properties of jute/HDPE composites,” Materials Chemistry and Physics, vol. 129, no. 1–2, . 275–280, Sep. (2011).
[49] S. E. Ražić, R. Čunko, L. Bautista, and V. Bukošek, “Plasma effect on the chemical structure of cellulose fabric for modification of some functional properties,” Procedia Engineering, vol. 200, pp., (2017) 333–340.
[50] M. Ragoubi, D. Bienaimé, S. Molina, B. George, and A. Merlin, “Impact of corona treated hemp fibres onto mechanical properties of polypropylene composites made thereof,” Industrial Crops and Products, vol. 31, no. 2, , Mar. (2010) 344–349.
[51] J. Gassan, “Effects of corona discharge and UV treatment on the properties of jutefibre epoxy composites,” Composites Science and Technology, vol. 60, no. 15, Nov. (2000) 2857–2863.
[52] F. Ferrero, M. Periolatto, and S. Ferrario, “Sustainable antimicrobial finishing of cotton fabrics by chitosan UV-grafting: from laboratory experiments to semi industrial scale-up,” Journal of Cleaner Production, vol. 96, Jun. (2015) 244–252.
[53] S. Torres-Giner, N. Montanes, O. Fenollar, D. García-Sanoguera, and R. Balart, “Development and optimization of renewable vinyl plastisol/wood flour composites exposed to ultraviolet radiation,” Materials and Design, vol. 108, (2016) 648–658.
[54] L. Y. Mwaikambo and M. P. Ansell, “Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization,” Journal of Applied Polymer Science, vol. 84, no. 12, (2002) 2222–2234.
[55] M. M. Kabir, H. Wang, K. T. Lau, and F. Cardona, “Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview,” Composites Part B: Engineering, vol. 43, no. 7, Oct. (2012)2883–2892.
[56] D. Ray, B. K. Sarkar, A. K. Rana, and N. R. Bose, “Effect of alkali treated jute fibers on composite properties,” Bulletin of Materials Science, vol. 24, no. 2 (2001)129.
[57] A. Roy, S. Chakraborty, S. P. Kundu, R. K. Basak, S. Basu Majumder, and B. Adhikari, “Improvement in mechanical properties of jute fibres through mild alkali treatment as demonstrated by utilisation of the Weibull distribution model,” Bioresource Technology, vol. 107, Mar. (2012)222–228.

[58] G. Kalaprasad et al., “Effect of fibre length and chemical modifications on the tensile properties of intimately mixed short sisal/glass hybrid fibre reinforced low density polyethylene composites,” Polymer International, vol. 53, no. 11 (2004) 1624–1638.

[59] S. A. Paul, K. Joseph, G. D. G. Mathew, L. A. Pothen, and S. Thomas, “Influence of polarity parameters on the mechanical properties of composites from polypropylene fiber and short banana fiber,” Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, vol. 41, no. 10 (2010) 1380–1387.
[60] C. H. Xue, S. T. Jia, J. Zhang, and L. Q. Tian, “Superhydrophobic surfaces on cotton textiles by complex coating of silica nanoparticles and hydrophobization,” Thin Solid Films, vol. 517, no. 16 (2009)4593–4598.
[61] C. Pomel, C. Baley et B. Lamy, «Influence de prétraitements et traitements chimiques sur l’adhérence fibre de lin / résine thermodurcissable polyester. », XVème Congrès Français de Mécanique Nancy, (2001) 263.
[62] A. K. Bledzki et J. Gassan. «Composite reinforced with cellulose based fibers. », Progress in Polymer Science., Vol.24 (1999) 221-274.
[63] J. Simonsen, Z. Hong et T.G. Rials. «The Properties of the Wood-Polystyrene Interphase Determined by Inverse Gas Chromatography. », Wood and Fiber Science.,Vol. 29(1997)75-84.
[64] J.Z. Lu, Q. Wu et H.S. Menabb. «Chemical Coupling in Wood Fiber and Polymer Composites: A Review of Coupling Agents and Treatments », Wood and Fiber Science., Vol. 32 (2000) 88-104.
[65] I. Chun et R.T. Woodhams. « Use of processing aids and coupling agents in micareinforced polypropylene. », Polymer Composite., Vol.5 (1984) 250-257.
[66] P. Jandura, B.V. Kokta et B. Riedl. « Thermal Degradation Behavior of Cellulose Fibers Partially Esterified With Some Long Chain Organic Acids. »,Polymer Degradation and Stability., Vol. 70 (2000) 387-394.
[67] S. K. Batra, «Other long Vegetable fibers: Abaca, Banana, Sisal, Henequen, Flax, Ramie, Hemp, Sun, and Coir.», In: Menachem Lewin. Handbook of fiber chemistry.3 e ed.Taylor & Francis,(2007)476-477.
[68] M. Abdelmouleh, S. Boufi , M.N. Belgacem et A. Dufresne.« Short natural-fibre reinforced polyethylene and natural rubber composites: Effect of silane coupling agents and fibres loading. », Composites Science and Technology., Vol. 67(2007) 1627–1639.
[69] S. A. Paul et al. « Effect of fiber loading and chemical treatments on thermophysical properties of banana fiber/polypropylene commingled composite materials.», Composites Part A:Applied Science Manufacturing.,Vol.39(2008) 1582– 1588.
[70] E. Balnois, F. Busnel, C. Baley et Y. Grohens. « An AFM study of the effect of chemical treatments on the surface microstructure and adhesion properties of flax fibres.», Composite Interfaces.,Vol.14(2007) 715-731.
[71] M.K.Joshy, L. Mathew et R. Joseph. « Studies on interfacial adhesion in unidirectional isora fibre reinforced polyester composites.», Composite Interfaces,Vol.14(2007) 631-646.

[72] A. Stocchi, B. Lauke, A. Vázquez et C. Bernal. « A Novel Fiber Treatment Applied to Woven Jute Fabric/Vinylester Laminates. ». Composites Part A: Applied Science Manufacturing., Vol. 38(2007)1337-1343.
[73] S. Ikhlef, « Etude du comportement de composites PEBD/farine de Genêt d'Espagne avant et après traitement. ». Mémoire de Magister, Département de Génie des Procédés, Université Ferhat Abbas Sétif, Algérie, (2011)168.
[74] C. Goussé, et al. «Stable suspensions of partially silylated cellulose whiskers dispersed in organic solvents.», Polymer, Vol.43, (2002) 2645-2651.
[75] A. P. Haseena, G. Unnikrishnan et G. Kalaprasad. « Dielectric properties of short sisal/coir hybrid fibre reinforced natural rubber composites». Composites Interfaces., Vol.14 (2007) 763-786.
[76] S. A. Paul et al. « Effect of fiber loading and chemical treatments on thermophysical properties of banana fiber/polypropylene commingled composite materials.», Composites Part A:Applied Science Manufacturing.,Vol.39 (2008) 1582– 1588.
[77] C.Goussé, H. Chanzy,G.Excoffier, L.Soubeyrand, E.Fleury; Stable suspensions of partially silylated cellulose whiskers dispersed in organic solvents; Polymer ,43(2002)2645-2651.
[78] F.R.Jones. Handbook of Polymer- Fiber Composites. Longman Group UK Limited; (1994).
[79] A. P.Haseena, G.Unnikrishnan,G.Kalaprasad; Dielectric properties of short sisal/coir hybrid fibre reinforced natural rubber composites; Compos. Interfaces ,14.7 (2007)763-786.
[80] R. Kozlowski; Wladyka-Przybylak M. Uses of natural fiber reinforced plastics, chapitre 14 (Natural fibers, Plastics and Composites), Kluwer Academic Publishers, (2004) 1-371.
[81] DO. THI Vi Vi, Matériaux composites fibres naturelles/ polymère biodégradables ou non, thèse de Doctorat, L'université De Grenoble, (2006).
[82] H. DALILA, Synthèse d'un Nouvel Agent de Couplage PVC-g-MA et son Utilisation dans les Composites PVC / Alfa, mémoire de magister, université de BEJAIA, (2010).
[83] I. Naghmouchi, F.X Espinach, P. Mutjé, S. Boufi, Polypropylene composites based on lignocellulosic fillers: How the filler morphology affects the composite properties, Materials & Design, 65 (2015) 454 –461.
[84]Rbert M.jones,Mechanics of composite Materials; (1998) 29-30.
[85] Michel Dupeux,Science des Matériaux ,Octobre (2008)292-300.

[86] J.M. Berthelot , J. Razi ;Caracteriser des mecanismes de rupture dans les materiaux composites a l'aide de l'amplitude des signaux d'emission acoustique ; Paris, (1986) 519-534.
[87] J.M. BERTHELOT; Mécanique des matériaux et structures composites. Institut Supérieur des Matériaux et Mécaniques Avancés, (2010).
[88] Fiche de qualite « Fibres de renforcent »,SIKA ,Egypte, (2003).
[89] A. KRIKER, «caractérisation des fibresde plamier dattier et propriétes de béton et mortier renforcés par ces fibres en climats choud et sec»,thése de doctorat d'etat,ENP,Algérie,(2005).
[90] L. MERAD ,etude par Spectroscopie Ramam et modylisation d'une resine omposit RTM, laboratoire Matériaux optiques ,photoniqueet systémes Unité de recharche commune UPV-Metz-Supélec-CNRS,(2010) 8-9.
[91] I.R .Vijay ,Plamese G.R, Influence of tetrahydrofuran on epoxy-Amine Polymerisation: macromlcules,vol38 (2005) 6923-6930.
[92] L.S. Penn ,wangH , Epoxy resin», Handbook of composite,edited byS.T Peters,Published in (1998).
[93] Y. Ledru, etude de la porosité dans les matériaux composites stratifiés aéromautiques, L'université de Toulouse: décembre (2009).
[94] Y. Ledru ; Etude de la porosite dans les materiaux composites stratifies aeronautiques ; Institut National Polytechnique de Toulouse,France (2009)5.
[95] T. Achour, etude des de technique de reparation de structures composite endommagées: Université de Mantouri constantine année 2010/2011.
[96] A.Ben foughal, Analyse tribologique et tharmique d'une matériau composite carbone-carbone dans contact electrique: univarsité MENTOURI CONSTANTINE, (2010) 28-06.
[97] L.Merad ;Etude par Spectroscopie Raman et modelisation d'une resine composite RTM ; Laboratoire Matériaux Optiques, photonique et Systèmes Unité de recherche commune UPVMetz – Supélec – CNRS (2010)8-9.
[98] A. Fadel; Influence des diverses modifications du Genêt d'Espagne sur les propriétés mécaniques, rhéologiques et thermiques de composites à matrice thermoplastique. (2018).
[99] OA. Tanobe, Valcineide et al, A comprehensive characterization of chemically treated Brazilian sponge-gourds (Luffa cylindrica)." *Polymer Testing* 24.4 (2005) 474-482.

الملخص:

تهدف هذه المذكرة الى دراسة نظرية لاستغلال الألياف النباتية في عملية تحضير المواد المركبة لما تتمتع به هذه الألياف من خصائص فيزيائية و ميكانيكية عالية. تم التطرق إلى مختلف طرق الاستخلاص لمعرفة نسبة السيليلوز و الهيميسيليلوز و الليجنين في هذه الألياف. إضافة إلى ذلك، تم دراسة تأثير مختلف المعالجات على خصائص هذه الألياف. كما قمنا بدراسة نظرية حول تحضير المواد المركبة.

الكلمات المفتاحية: الألياف النباتية، السيليلوز، الاستخلاص، المعالجة، المواد المركبة.

:Résumé

Ce mémorandum vise une étude théorique de l'exploitation des fibres végétales dans le processus de préparation des matériaux composites en raison de leurs propriétés physiques et mécaniques élevées. Différentes méthodes d'extraction ont été étudiées pour connaître le pourcentage de cellulose, d'hémicellulose et de lignine dans ces fibres. De plus, l'effet de différents traitements sur les propriétés de ces fibres a été étudié. Nous avons également étudié une théorie sur la préparation des matériaux composites.

Mots clés: fibres végétales, cellulose, extraction, traitement, composites.

Abstract:

The purpose of this note is to study a theory of the use of plant fibers in the process of preparing composite materials because of their high physical and mechanical properties. Various methods of extraction were addressed to determine the ratio of cellulose, hemicellulose and lignin in these fibers. In addition, the impact of different processors on the characteristics of these fibers has been studied. We also studied a theory about the preparation of composite materials.

Key word: Vegetable fibers, cellulose, extraction, processing, composites.