الجمـهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة مقدمة لنيل شهـادة

ماستر أكاديمي

ميدان: علوم و تكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

التخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطالبات:

بالشيخة شهيرة

براهيمي عبير

بن عبد الله كريمة

الموضوع

إستخلاص وتشخيص السليلوز من نخيل التمر وأهم تطبيقاته

نوقشت يوم:// ٢٠٢٠ أمام اللجنة المكونة من:

د. محمد عادل مصباحي	أستاذ محاضر ب	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي	رئيسا
د. تامة نور الدين	أستاذ محاضر ب	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي	مناقشا
د. ربيعي عبد الكريم	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي	مؤطرا

السنة الجامعية ٢٠١٩/٢٠٢٠

السلام عليكم و رحمة الله تعالى و بركاته

الإهداء

الحمد لله خالق البشر وكاتب القدر ومنبت الشجر ومخرج الماء من الحجر والصلاة والسلام على رسوله محمد صلى الله عليه وسلم ...

اهدي ثمرة جهدي هذا

الى التي يخفق قلبها فزعا كلما غاب طيفي عن عينها

إلى ينبوع الحنان ورمز الأمان... عطر الياسمين

إلى من تحت قدميها الجنان.. والدتي العزيزة أطال الله في عمرها "حبيبة"

إلى الذي كابد نوائب الدهر ولا زال

إلى الذي غرس فيا بذرة العلم وأراد أن يصنع مني امرأة ناجحةوقد فعل

والدي العزيز أمد الله في عمره "العروسي"

إلى النجوم الزاهرة في سماء حياتنا الإخوة والأخوات

إلى كل من تحلو الحياة بصحبته... إلى كل من عشت معهم مشوار دراسي مملوء بمعاني الأخوة أصدقائي وصديقاتي

إلى شموع البيت الصغيرة التي أضاءت علينا بنورها

أرجو أن يكون عملنا هذا خالصا لوجه الله، وأن تكون فيه فايدة وأن يغفر لنا الله زلاتنا ويثيبنا على ما وفقنا

براهيمي عبير

الإهداء

إلى الحبيب المصطفى والنبي المجتبى والشفيع المرتجى إلى معلمنا الأعظم وقدوتنا الأكرم سيدنا محمدصلى الله عليه وسلم

إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق آماله، إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى إلى مدرستي الأولى في الحياة أبي الغالي أطال الله في عمره وحماه

إلى التي وهبتني فلذة كبدها كالعطاء والحنان إلى من ساندتني في صلاتها ودعائها إلى من سهرت الليالي تنير دربي

إلى أمي العزيزة جزاها الله عني خير ما في الدارين

إلى شموع عمري وأقمار حياتي التي لا تحلو الدنيا إلا بهم إلى رموز البراءة والصفاء

إخوتي وأخواتي حفظهم الله ورعاهم

إلى أخوالي و أعمامي و خالاتي و عماتي و كل أبنائهم الذين بوجودهم تحل السعادة

إلى صديقات العمر ورفيقات الدرب الذين جعلوا من ضعفي قوة إلى زملائي و أصدقائي الذين قدموا يدا العون و النصح

إلى الصديق الراحل الذي أراد مني مواصلة الدراسة و إثبات وجودي في هذه الحياة محمد الهادي مجوري رحمه الله

كريمة بن عبد الله

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم "وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون"صدق الله مولانا العظيم

إلهي لا تطيب اللحظات إلا بذكرك ... ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ...

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة

نبينا وحبيبنا محمد عليه أفضل الصلاة والسلام

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة.. إلى من حصد الأشواك على دربي ليمهد لي طريق العلم أطال الله في عمره..والدي العزيز

إلى من أرضعتني الحب والحنان ... إلى رمز الحب وبلسم الشفاء ..إلى القلب الناصع بالبياض حفظها الله ورعاها.. والدتي العزيزة

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة... إلى رياحين الحنان والأمان...

إخوتي و أخواتي

إلى من تذوقت معهم أجمل اللحظات.. إلى من جعلهم الله إخوتي بالله... أصدقائي وصديقاتي

أخيرا وليس أخرا هل يستطيع أحد أن يشكر الشمس لأنها أضاءت علينا بنورها؟؟

أتمنى أن أكون كما أردتموني وأرد جميلكم الذي قدمتموه لي

بالشيخة شهيرة

3DLAT.COM

شكر وعرفان

قال رسول الله (صلى الله عليه وسلم) : "– من صنع إليكم معروفاً فكافئوه، فإن لم تجدوا ما تكافئونه فادعوا له حتى تروا أنكم كافأتموه"

يسرنا ويشرفنا أن نتقدم بخالص الشكر ووافر الامتنان إلى أستاذنا "**بن الصغير البشير**" و الباحث المتميز "**فطحيزة التجاني شعيب**" على ما بذلوه من جهد

وتحملهم

من مشقة جعلها الله في موازين حسناتهم

ونخص بالتقدير والشكر:

الأستاذ المشرف: **الدكتورربيعي عبد الكريم** خالص الاحترام والتقدير على ما قدمه من توجيهات ونصائح

لإنجاز هذا العمل جزاك الله كل خير.

كما نتقدم لأعضاء لجنة التقييم عبارات الشكر والامتنان على تكرمهم قبول هذه مناقشة هذا العمل.

وأخيرا أجدد بالشكر لكل من ساندنا في إنجاز هذا العمل.

وشكرا

الملخص

يتمحور هذا العمل حول استخلاص وتشخيص السليلوز من بقايا نخيل التمر و أهم تطبيقاته، حيث تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على تثمين مخلفات النخيل وذلك بإعادة تدويرها واستعمال مكوناتها كمواد متجددة. وقد أستخدمت هذه المخلفات كمصدر لإنتاج السليلوز، كما اشتمل هذا العمل على جوانب نظرية حول طرق استخلاص السليلوز، و تشخيصه بعدة تقنيات، كالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) والمجهر الالكتروني النافذ(TEM) بغية تحديد الخصائص البنيوية(المورفولوجية) لأليافها، وباستعمال تقنية الأشعة السينية (XRD) من أجل تحديد نسبة السليلوز المتبلورة التي وصلت إلى نسبة ٨٧,٥% في الدراسات السابقة، و تقنية التحليل الكيميائي الطيفي (EDS) لمعرفة العناصر الكيميائية، وكذلك مطيافية الأشعة تحت الحمراء(IR) لتحديد المجاميع الوظيفية للسليلوز، و من هذا الأخير يتم استخراج العديد من المركبات (المشتقات) التي تحظى بتطبيقات واسعة في عدة مجالات من بينها : الصناعة الإلكترونية، وصناعة الورق والكرتون وغيرها.

الكلمات المفتاحية: السليلوز، المواد اللجنوسليلوزية، الألياف النباتية، مخلفات النخيل، الاستخلاص.

Abstract

Thiswork revolves around extracting and characterization cellulose from date palm and its most important applications, as this study aims to shed light on the valuation of palm waste by recycling and using its components as renewable materials.These residues were used as a source for the production of cellulose.This work included theoretical aspects of cellulose extraction methods, followed by extensive characterization of cellulose using several techniques, such as scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) in order to determine the structural (morphological) characteristics of its fibers, and by using X-ray technology (XRD) for Determination of the percentage of crystallized cellulose that reached 87% in previous studies, the technique of chemical analysis spectroscopy (EDS) to find out the chemical elements, as well as the use of infrared spectroscopy (IR) to determine the functional groups of the extracted cellulose. From nano-cellulose, many materials (composites) are extracted that have wide applications in several fields, including: electronic industry, paper and cardboard industry, polymer industry and others.

Key words: Cellulose, Lignocellulose Materials, Plant Fibers, Palm Waste, Extraction.

قائمة الجداول

الجدول (I.١): التصنيف العلمي لشجرة النخيل.....٥

الجدول (III.١):مقارنة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للسليلوز المستخلص من النخلة ومن مصادر أخرى.....٣٢

الجدول (III.٢):نسب السليلوز لبعض أجزاء النخلة.....٣٨

الجدول (III.٣):نسبة المواد المستخلصة من اجزاء النخلة.....٤٠

الجدول (III.٤): نسبة المواد اللجنوسليلوزية والمستخلصات لاجزاء النخيل ٤٠

قائمة الأشكال

الشكل (I.١):رسم توضيحي لأجزاء النخلة..... ٧

الشكل (I.٢):رسم توضيحي لجذور النخلة..... ٩

الشكل (I.٣): مكونات الجريدة..... ١٠

الشكل (II.١): بنية الألياف النباتية (السليلوزية)..... ١٨

الشكل (II.٢): الطبقات المشكلة للجدار الخلوي النباتي..... ١٩

الشكل (II.٣): رسم تخطيطي للألياف وطبقات جدار الخلية النباتية..... ٢٠

الشكل (II.٤): أماكن توضع المواد اللجنوسليلوزية..... ٢٠

الشكل (II.٥): بنية السليلوز..... ٢١

الشكل (II.٦): المناطق المتبلورة وغير المتبلورة للسليلوز ٢٢

الشكل (II.٧): البنية البلورية للسليلوز ٢٢

الشكل (II.٨): البنية الكيميائية للهيموسليلوز ٢٥

الشكل (II.٩): الوحدات البنائية للجنين ٢٦

الشكل (II.١٠): البنة الكيميائية للجنين..... ٢٦

الشكل (III.١): مخطط يوضح تقنيات استخراج الألياف..... ٣٣

الشكل (III. ٢): مخطط يوضح مراحل استخلاص السليلوز ٣٥

الشكل (III.٣): مراحل استعادة و تنقية اللجنين..... ٤٠

الشكل (III.٤): رسم تخطيطي للمجهر الإلكتروني النافذ TEM..... ٤٢

الشكل (III. ٥): رسم تخطيطي لجهاز SEM..... ٤٣

الشكل (III.٦): التحليل الكيميائي الطيفي (EDS) لعينة سعف النخيل الخام قبل المعالجة ٤٦

الشكل (III.٧):التحليل الكيميائي الطيفي (EDS) للسليلوز المستخلص من سعف النخيل بعد المعالجة. ٤٦

الشكل (III. ٨): شكل توضيحي يمثل طريقة استنتاج قانون براغ..... ٤٨

الشكل (III. ٩): طيف (XRD) للسيليلوز المستخلص من سعف النخيل ٤٩

الشكل(III.١٠): طيف الأشعة تحت الحمراء للسيليلوز المستخلص ٥٠

الشكل (IV.١):بعض تطبيقات و استخدامات السليلوز ٦٠

قائمة الصور

الصورة (I.١): خريطة العالم لمناطق توزع النخيل..... ٦

الصورة (2.I): توزيع نخيل التمر في الجزائر..... ٧

الصورة(I.٣): صورة لليف والكرناف ١١

الصورة (III.١): جهاز سوكسلي..... ٣٦

الصورة (III.٢): مظهر السليلوز..... ٣٧

الصورة (III.٣): صور لبنية السليلوز المستخلص من جذور نخيل التمر تحت المجهر الالكتروني النافذ (TEM)..... ٤٢

الصورة (III.٤): الشكل المورفولوجي لليف النخيل، والتحببات على سطحه ٤٣

الصورة (III.٥): البنية المقطعية لألياف جريد النخيل..... ٤٤

الصورة (III.٦): صور للسليلوز المستخلص من بعض أجزاء نخلة التمر ملتقطة بالمجهر الالكتروني الماسح (SEM)..... ٤٤

الصورة (III.٧): جهاز XRD..... ٤٨

الصورة (III.٨): جهاز الاشعة تحت الحمراء..... ٥٠

الصورة (IV.١):مسحوق السليلوز..... ٥٦

الصورة (IV.٢): بلورات النانوسليلوز ٥٧

الصورة (IV.٣): ألياف النانوسليلوز..... ٥٨

قائمة الاختصارات

الرمز	التعريف
M	التركيز المولاري
V	الحجم
Wt %	النسبة الوزنية المئوية
SEM	جهاز الالكتروني الماسح
TEM	جهاز الالكتروني النافذ
EDX	مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية
XRD	مطيافية حيود الأشعة السينية
IR	مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء
Hkl	قرائن ميلر
CNC	بلورات السليلوز النانوية
CNF	ألياف السليلوز النانوية
MFC	السليلوز الميكروفيبرلات
MC	السليلوز الميثيل
EC	السليلوز الإيثيلي
HEC	هيدروكسي إيثيل السليلوز
HPC	هيدروكسي بروبيل السليلوز
CA	اسيتات السليلوز
CAP	اسيتات السليلوز بروبيونات
CAB	فثالات أسيتات السليلوز
HPMCP	هيدروكسي بروبيل ميثيل السليلوز الفثالات
CP	كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة
CCM	كروماتوغرافيا الورق

الإهداء

شكر وعرفان

الملخص

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

قائمة الصور

قائمة الاختصارات

الفهرس

مقدمة عامة..... ١

قائمة المراجع..... ٣

الفصل الأول: عموميات حول النخلة

I. ١. التصنيف العلمي لشجرة النخيل..... ٥

I. ٢. التوزيع الجغرافي..... ٦

I. ٢. ١. التوزيع الجغرافي في العالم..... ٦

I. ٢. ٢.التوزيع الجغرافي في الجزائر..... ٧

I. ٣. الوصف المورفولوجي لنخيل التمر..... ٧

I. ٣. ١. النظام الجذري (العروق)..... ٨

I. ٣. ٢. النظام الخضري..... ٩

I. ٣. ٢. ١. الجذوع..... ٩

I. ٣. ٢. ٢. الأوراق (الجريدة أو السعف)..... ١٠

I. ٣. ٢. ٣. الكرناف ١١
I. ٣. ٢. ٤. الليف ١١
I. ٣. ٢. ٥. الأزهار (الأغاريض) ١١
I. ٤. المخلفات ١٢
I. ٤. ١. تعريف مخلفات النخيل ١٢
I. ٤. ٢. تقدير كمية المخلفات السنوية ١٢
الخلاصة ١٣
قائمة المراجع ١٤

الفصل الثاني : المكونات الأساسية لمخلفات النخيل

II. ١. إنتاج الألياف النباتية السليلوزية ١٧
II. ١. ١. الخلية ١٧
II. ١. ٢. جدار الخلية ١٧
II. ١. ٢. ١. الصفيحة الوسطى ١٩
II. ١. ٢. ٢. الجدار الابتدائي ١٩
II. ١. ٢. ٣. الجدار الثانوي ١٩
II.٢. المكونات الكيميائية لجدار الخلية (الألياف النباتية) ٢٠
II. ٢. ١. السليلوز ٢١
II. ٢. ١. ١. البنية البلورية للسليلوز ٢٢
II. ٢. ١. ٢. الخصائص الفيزيائية والكيميائية ٢٣
II. ٢. ١. ٣. تأثير العوامل المختلفة على السليلوز ٢٤
II. ٢. ٢. الهيميسليلوز ٢٤
II. ٢. ٣. اللجنين ٢٥
الخلاصة ٢٧
قائمة المراجع ٢٨

الفصل الثالث : طرق استخلاص وتشخيص المواد اللجنوسليلوزية

III. ١.طرق الإستخلاص ٣٣

III. ١. ١. الإستخراج البيولوجي ٣٣

III. ١. ٢. الإستخراج الكيميائي ٣٤

III. ١. ٣. الإاستخراج الميكانيكي ٣٤

III. ٢. مراحل استخلاص السليلوز ٣٥

III. ٢. ١. الاستخلاص الميكانيكي ٣٦

III. ٢. ٢. المعالجة الكيميائية ٣٦

III. ٢.2.٢ 1. فصل المواد الدهنية ٣٦

III. ٢. ٢. ٣. المعالجة بهدروكسيد الصوديوم ٣٧

III. ٢. ٢. ٤. عملية التبييض ٣٧

III. ٣. استخلاص الهيميسليلوز و اللجنين ٣٨

III. ٣. ١. استخلاص الهيميسليلوز ٣٨

III. ٣. ٢. إستخلاص اللجنين ٣٩

III. ٣. ٢. ١.تقنيات الإستخلاص ٣٩

III.3 .2 . ٢. تنقية اللجنين ٣٩

III. ٤. طرق تشخيص مخلفات النخيل ومستخلصاتها ٤١

III. ٤. ١. التشخيص الفيزيائي لمخلفات النخيل ٤١

III. ٤. ١. ١. اللون ٤١

III. ٤. ١. ٢. قابلية البَلل ٤١

III. ٤.٣,١,٤.الخصائص البنيوية ٤١

III. ٤. ١. ٤. نسبة الألياف المتبلورة ٤٥

III. ٤. ٢. التشخيص الكيميائي لمخلفات النخيل ٤٥

الخلاصة ٥١

قائمة المراجع ٥٢

الفصل الرابع : التطبيقات الحديثة للسليلوز ومشتقاته

IV. ١. النانوسليلوز ٥٦
IV. ١.1. بلورات السليلوز النانوية ٥٦
IV. ١. 2. ألياف السليلوز النانوية ٥٧
IV. 2. المشتقات ٥٨
IV.٢. ١.مشتقات إيثر السليلوز ٥٨
IV.٢. ٢. مشتقات استر السليلوز ٥٩
IV.٣.التطبيقات والإستخدامات ٥٩
IV . ٣. ١. الورق والكرتون ٦٠
IV . ٣. ٢. الغذاء ٦٠
IV . ٣. ٣. صناعة الالكترونيات ٦١
IV . ٣. ٤. الصناعات الدوائية ٦١
IV . ٤. التطبيقات المحتملة الأخرى ٦١
الخلاصة ٦٢
قائمة المراجع ٦٣
الخاتمةالعامة ٦٦

مقدمة عامة

مقدمة عامة

بسبب الإستخدام المتسارع للمواد المصنعة والغير قابلة للتحلل، وما تسببه من آثار سيئة على الإنسان ومحيطه، ولظروف العالم الاقتصادية أصبح التوجه الآن ضروريا لإستخدام مصادر متجددة وصديقة للبيئة، والتي تتمثل في استغلال النباتات والأشجار بصورة كلية أو جزئية أو حتى مخلفاتها لأنها تحتوي على عدد كبير من المكونات التي يمكن الاستفادة منها في مجالات عديدة.

جميع المخلفات النباتية تحتوي على خلايا تكون محاطة بجدران مكونة أساسا من المواد اللجنوسليلوز، والتي تتمثل في السليلوز، اللجنين والهيميسليلوز، حيث يعتبر السليلوز المركب الأساسي لها [١]، وهو عبارة عن سلاسل عديدة من وحدات غلوكوز مرتبطة بشكل خطي فيما بينها بـ (4 –1) β حيث أن الوضع الاستوائي لـ β يجعله مستقرا، كما أنه يحتوي على ثلاث وظائف هيدروكسيل(OH^-) [٢].

وبما أن بلدنا يشهد تنوعا في الغطاء النباتي من بينه النخيل الذي يقدر بحوالي ١٢,٢مليون نخلة [٣]، والتي تنتج سنويا حوالي مليون طن من المخلفات (السعف، الليف، الكرناف..... الخ)، والتي يتم التخلص منها غالبا بالحرق مما تؤدي للضرر بالبيئة، وقد تمت دراسة العديد من الطرق للاستفادة من هذه المخلفات بشكل عام وما تحويه بشكل خاص.

مما جعلنا نهتم في هذا البحث بدراسة مخلفات النخيل كمصدر لإنتاج السليلوز، وكذلك دراسة طرق استخلاصه بصورة نقية، لأنه سيكون استثمارا حقيقيا و ذو قيمة اقتصادية كبيرة، حيث أنه في معظم الأبحاث يتم استخلاصه عن طريق المعالجة الكيميائية بالمحاليل القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH، ثم يتم تشخيصه بعدة أجهزة و المتمثلة في جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، جهاز المجهر الإلكتروني النافذ(TEM)، مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX)، مطيافية حيود الأشعة السينية (XRD) ومطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء(IR)، و التي جعلتنا نطرح بعض الأسئلة لتكون منطلق الدراسة، وهي:

ماهي المخلفات و كيف يتواجد السليلوز فيها؟

كيف يتم استخلاص السليلوز و ما هي أهم الطرق؟

في ماذا يمكن أن نستخدم السليلوز المستخلص؟

فكان من الأجدر تلخيص كل هذا وتثمينه في هذه المذكرة التي تم تقسيمها إلى:

- ✓ الفصل الأول: المرسوم بعموميات حول النخلة: تناولنا فيه دراسة الجوانب الجغرافية، التصنيفية، المورفولوجية.
- ✓ الفصل الثاني: المرسوم بالمكونات الأساسية لمخلفات النخيل: تطرقنا فيه إلى أين تتموضع هذه المكونات، بما فيها الخصائص والتركيب الكيميائية لهذه المكونات.
- ✓ الفصل الثالث: الموسوم بطرق استخلاص وتشخيص المواد اللجنوسليلوزية: قمنا فيه بتحديد طرق استخلاص وتنقية المواد اللجنوسليلوزية والتشخيص الفيزيائي والكيميائي لمخلفات النخيل.
- ✓ الفصل الرابع: المرسوم بالتطبيقات الحديثة للسليلوز ومشتقاته

وفي الاخير ختمنا الدراسة بحوصلة ملخصة عن أهمية السليلوز المستخرج من النخيل ومراحل استخلاصه وتشخيصه والتطبيقات المحتملة له.

قائمة المراجع:

المراجع:

[٣] بوكروح عبد الوهاب، ثروة النخيل في الجزائر بلغت ١٢,٢ مليون نخلة. الجزائر: الجزائراليوم، ٢٠١٨.

[1] John Rojas, Mauricio Bedoya and YhorsCiro, Current Trends in the Production of Cellulose Nanoparticles and Nanocomposites for Biomedical Applications, 2015, Chapter 8.

[2] Harmsen P., Huijgen W., Bermudez L., Bakker R., Literature review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass, Report 1184, September 2010.

الفصل الأول:
عموميات حول النخلة

تعد النخلة من الأشجار المعروفة قديما ، فهي عبارة عن شجرة كبيرة تصل إلى ارتفاع ١٥-٢٠ م ويمكن أن تعيش أكثر من ١٠٠ عام [١]، حيث أنها لم تعد مصدرا للتمور فقط بل أصبحت ثروة لا يمكن الاستغناء عنها، حيث تعتبر شجرة النخيل من أكثر الأشجار فائدة للبيئة، وذلك لأن الإنسان يتمكن من الحصول على الفائدة حتى من المخلفات الناتجة عنها التي تدخل في العديد من الاستخدامات [٢]، ولقد اعتمد عليها منذ نشأته في العديد من احتياجاته اليومية، فقد سميت في النصوص الأثرية (شجرة الحياة) لما لها من أهمية اقتصادية وعلاجية عظيمة.

I.١. التصنيف العلمي لشجرة النخيل:

يعتبر نخيل التمر أقدم شجرة فواكه في العالم وعلى الرغم من أن أصل النخيل لم يتم التحقق منه،إلا أن بعض التقارير تشير إلى أنه قد تم استخدامه منذ ٤٠٠٠ ق.م [١]، حيث تم تسمية شجرة النخيل من قبل العالم الإغريقي ثيوفراستوس بـ phœnixنسبة لمنطقة في اليونان و يطلق في علم النبات على شجرة النخيل بـ dactyliferaphoenix[٣]. وحسب تصنيف العالم السويدي (Lennues) تأخذ شجرة النخيل التصنيف الموضح في الجدول(1.I) :

الجدول (1.I) :التصنيف العلمي للنخيل [٤-٥].

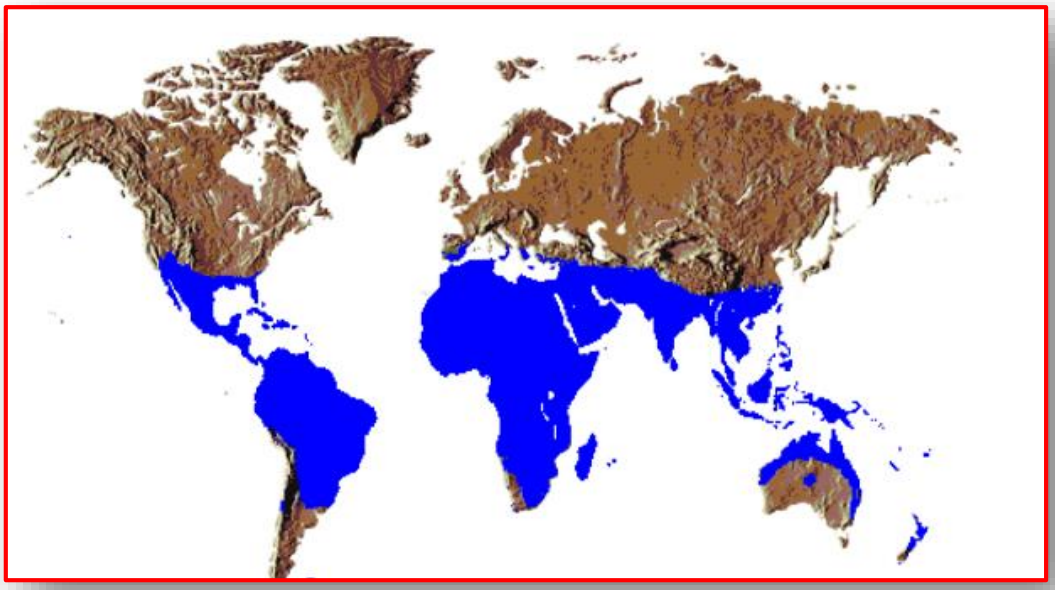
القسم (Division)	الوعائيات (traheophyta)
تحت القسم (sub division)	مغطات البذور(anchiospermeae)
الصف (class)	ذوات الفلقة الواحدة (monocotylendoneae)
الرتبة (order)	النخيلية (palmae)
العائلة (family)	النخيليات (palmaceae)
الجنس (genis)	فينكس(phœnix)
النوع (species)	داكتيليفيرا (dactylifera)

I. ٢. التوزيع الجغرافي:

I. ٢. ١. التوزيع الجغرافي في العالم:

لعبت نخلة التمر دورا مهما في النشاط البشري في الدول العربية منذ السابق، ولقد أخذ زرع النخيل نسبة تقدر بـ ٣% من المساحة المزروعة بالعالم، وذلك على شكل غابات، واحات، حقول...الخ، حيث أن هناك دول معروفة بزرعها للنخيل منها:العراق، السعودية، أمريكا الجنوبية..... الخ.

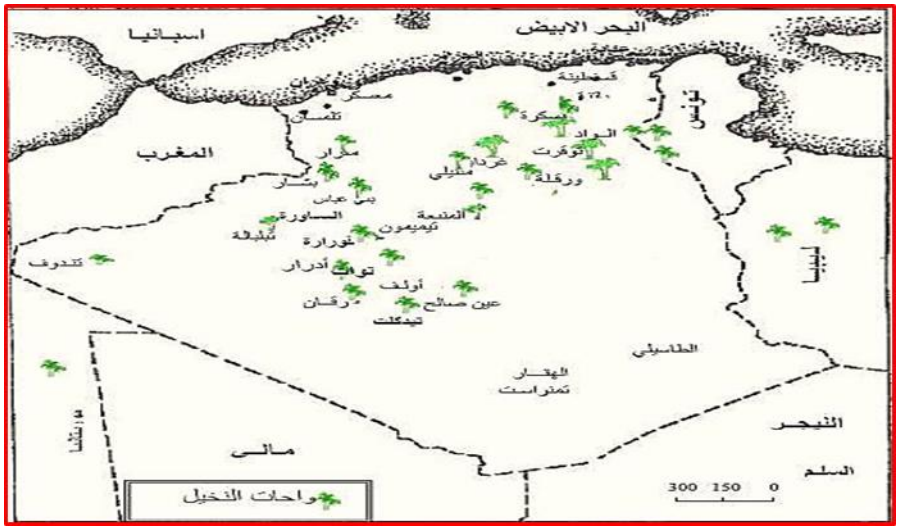
تمتد الحدود الخارجية العالمية لزراعة نخيل التمر بين خطي عرض 10°و٣٩° شمالا، كما تتركز هذه الزراعة بكثرة في المناطق الجافة جنوب البحر المتوسط وفي الحدود الجنوبية للشرق الأوسط إذ نميزها ما بين جنوب إيران شرقا وحدود شمال إفريقيا مع المحيط الأطلسي غربا [٤-٦]، أنظر للصورة (1.I) :



الصورة (١.I): خريطة العالم لمناطق توزع النخيل [٧].

I. ٢. ٢.التوزيع الجغرافي في الجزائر:

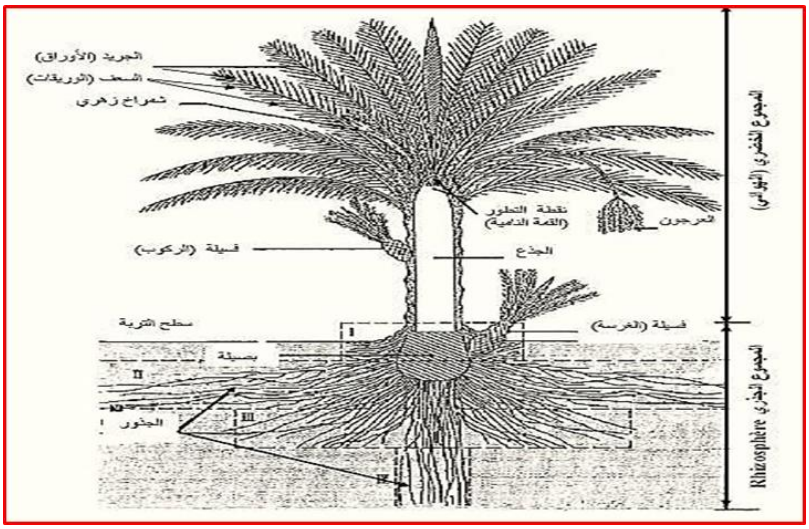
تحتل الجزائر المرتبة السادسة عالميا والأولى مغربيا من حيث غرسها لنخيل التمر، الممتدة بحوالي ١٦٠٠٠٠ هكتار، حيث إنتاجها المتوسط من التمور حوالي ٥٠٠٠٠٠ طن [٨]، و تتواجد زراعة نخيل التمر بالجزائر في الولايات الصحراوية وخاصة شرق البلاد، أنظرللصورة (I.٢).



الصورة (I.٢): توزيع نخيل التمر في الجزائر[٩].

I. ٣. الوصف المورفولوجي لنخيل التمر :

تتكون النخلة من الأجزاء الرئيسية الظاهرة في الشكل (I.١):



الشكل (I.١): رسم توضيحي لأجزاء النخلة.

I. ٣. ١. النظام الجذري (العروق):

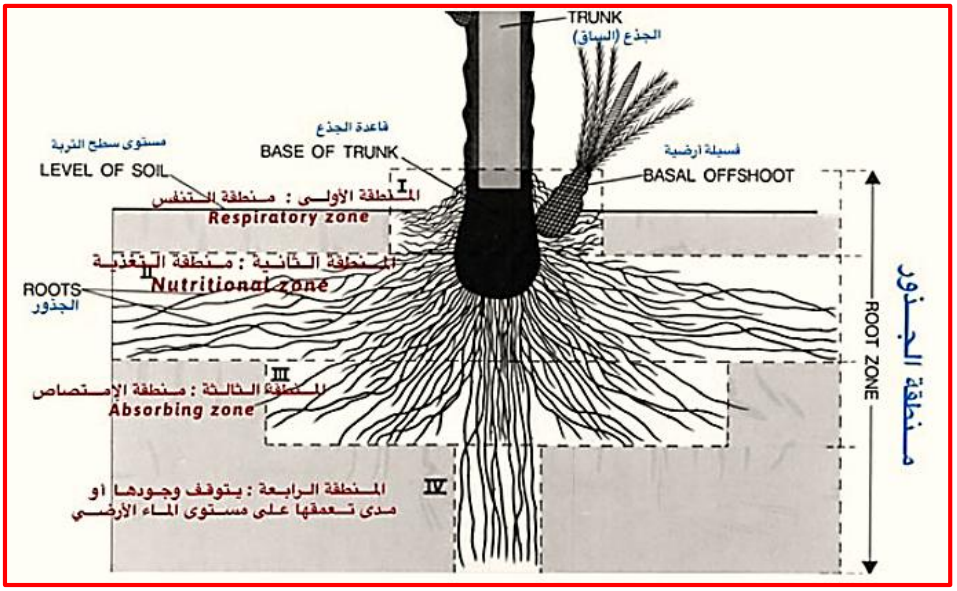
تعتمد النخلة على النظام الجذري في امتصاص الماء والتربة،حيث تمتد جذور نخيل التمر حسب المناطق من ٨ إلى ١٠متر باتجاه الأسفل وأكثر من ٧ متر جانبيا،و يبدو هذا النظام على شكل جذور ليفية حزمية (جذور شعرية)،كما أن عدد الجذور يتغير حسب طبيعة التربة، العوامل المناخية وأصناف النخيل[٤].

وتمتاز جذور النخيل بما يلي [٨]:

- امتدادها داخل التربة بصورة مائلة لتثبيت الجذع بقوة بالأرض .
- إمكانية نمو الجذور العرضية من أي منطقة على الجذع.
- قدرتها الكبيرة على تكوين جذور كبيرة وتعويض التالف والمتقطع منها.
- عدم وجود الكامبيوم (Cambium)بين اللحاء والخشب.
- وجود ممرات هوائية في منطقة القشرة والتي ترتبط بمثيلاتها في الجذع وتمتد إلى الأوراق لترتبط بالثغور كي تتم عملية التنفس.

وهي تنقسم إلى أربعة أنواع بالاعتماد على مناطق العمق في التربة والشكل (٢.I) يوضح هذا التقسيم:

- جذور التنفس (٠ -٢٠ سم).
- جذور التغذية (٢٠-١٠٠ سم).
- جذور الامتصاص (١٠٠-200 سم).
- جذور التثبيت (تمتد إلى ١٥ متر).



الشكل(I.٢): رسم توضيحي لجذور النخلة.

I. ٣ .٢. النظام الخضري:

I. ٣. ٢. ١. الجذوع :

يقصد به ساق النخلة ويكون ذو شكل اسطواني، ارتفاعه يكون من 10 إلى ٢٥ متر، ويتميز بحافظه على قطر واحد طيلة حياة النخلة، تختلف جذوع النخيل باختلاف الأصناف حيث تتراوح بين ٤٠- 90 سم ، كما يحمل في قمته برعم والذي يعرف بالجمار، و هو المسؤول عن نمو الشجرة طوليا ويكون من ٣٠ إلى ٩٠سم سنويا [١٠].

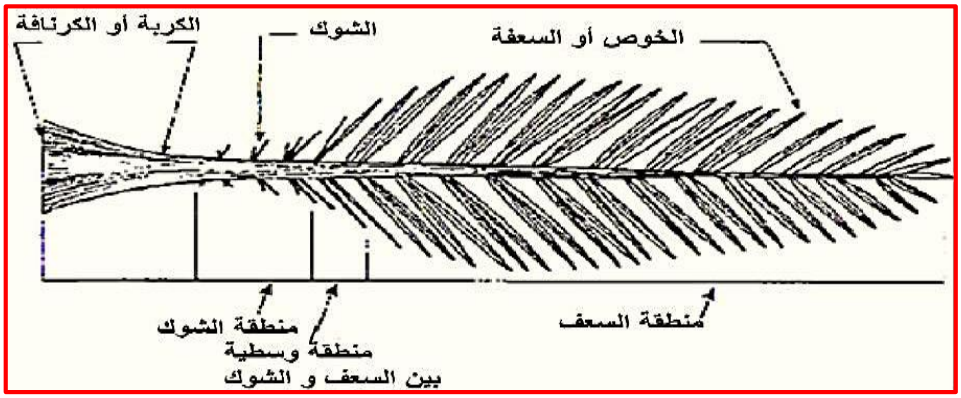
حيث يمثل المحور الرئيسي لهذه النبتة ويكون مغطى بالليف الذي ينمو على قاعدة الأوراق (الجريد) [١١]، لحماية الجذع من العوامل الجوية والحشرات وكذلك لتقليل فقدان الماء والمغذيات [١٢].

I. ٣. ٢. ٢. الأوراق (الجريدة أو السعف):

هي أوراق مركبة ريشية الشكل تبدأ بالكرناف ومرتبطة بالجذع بواسطة نسيج نباتي كثيف يسمى الليف، ويبرز في كل عام من ١٠ إلى ٣٠ جريدة ذات نمو قاعدي، حيث مدة حياتها تتراوح ما بين ٣ إلى ٤ سنوات وهذا حسب الصنف وظروف حياة النخلة [٨]، كما أن النخلة النابتة من البذرة تنتج ثلاثة أنواع من الأوراق:

- ورقة فتية: يتراوح عددها من 10 إلى ١٢ وريقة متكونة من نصل وسعف ذات لون أخضر فاتح.
- ورقة نصف فتية: تمتاز هذه الوريقات ببعدها على مركز البرعم الرئيسي لتظهر الجريدة بشكلها الكامل، بحيث يبدأ النصل بسعف ثم تليها جزء من السعف الصلب الشبيه بالشوك وتنتهي بمنطقة مليئة بالشوك.
- جريد كامل النمو: تحمل النخلة من ٣٠ إلى ٤٠ جريدة ، وتكون حاملة للسعف المثني طوليا ذات نهاية إبرية، كما أن عدد الجريد يختلف باختلاف الصنف و طبيعة التربة.

وتتكون الجريدة من العناصر التالية موضحة في الشكل (٣.I):



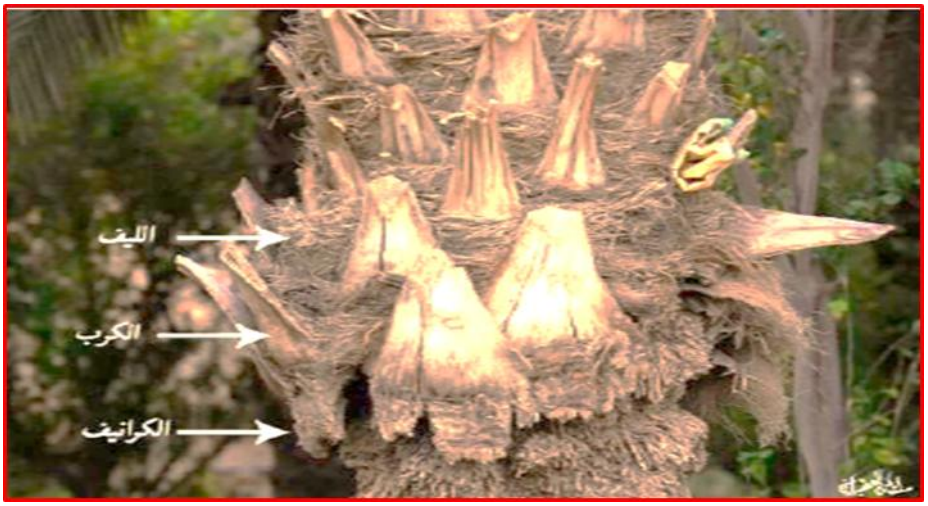
الشكل (٣.I): مكونات الجريدة [٨].

- نصل الجريد: العمود الرئيسي الذي يحمل الخوص والشوك و الذي يلتصق بالساق عن طريق الكرناف ويُحمل عليه.

- الخوص أو السعف: وهو عبارة عن وريقة منتصبة رمحية الشكل متصلة بشكل مائل على العرق الوسطي.
- الأشواك : عبارة عن سعفة منحورة تمثل الجزء السفلي من نصل الجريد [٨].
- عنق الجريدة (السويق): ويمثل الجزء السفلي لها ويتكون من الكرناف محاط بالليف [١٣].

I. ٣. ٢. ٣. الكرناف: الباقي من سعف النخلة علي الجذع بعد قطعه و الباقي هو الكرب.

I. ٣. ٢. ٤. الليف: هو النسيج النباتي الخشن الذي يحيط بقاعدة الجريد نجده بين الجذع و الكربة (الكرناف) [١٤]، أنظر للصورة (I.٣).



الصورة (I.٣): صورة لليف والكرناف.

I. ٣. ٢. ٥. الأزهار (الأغاريض):

نخيل التمر هو نبات ثنائي المسكن أي كل شجرة تحمل الأزهار ذات الجنس الواحد، يمكن في بعض الأحيان النادرة أن نجد أشجارا أو أزهارا أحادية المسكن (ذات الجنسين)، حيث يحدث الإزهار مرة واحدة في العام ويمكن أن يحصل مرة في كل عامين خاصة بالنسبة للأشجار الفتية.

حيث تكون الأغاريض ممتدة ومستطيلة، إلا الأغاريض المذُكرة (الأغاريض اللقاح) فتكون جد قصيرة ومنتفخة مع انخفاض خفيف في جزئها العلوي، هذه الخاصية الأخيرة المميزة تسمح بمعرفة الأزهار قبل تفتحها، حيث تكون الزهرة على شكل سنبلة محمولة على محور يسمى إغريض أو طلعة (حامل زهري مستطيل) ومغلف بقنابة (ورقة في قاعدة زهرة أو ساقها شّذت في شكلها أو تركيبها أو حجمها لوجودها على مقربة من الزهرة) كبيرة تسمى الغمد (وعاء الطلع)[٨].

I. ٤. المخلفات:

I. ٤. ١. تعريف مخلفات النخيل:

يقصد بالمخلفات الزراعية للنخيل كافة النواتج وبقايا النخيل غير الرئيسية أثناء القيام بالعمليات الزراعية في المزرعة، وتشمل هذه المخلفات الجذوع، السعف، الكرناف، الليف، الغمد...الخ.

I. ٤. ٢. تقدير كمية المخلفات السنوية:

تختلف كميات مخلفات النخيل من سنة إلى أخرى وذلك حسب العوامل المناخية،ونظرا لعدم توفر إحصائيات كافية عن تقدير كمية مخلفات النخيل في معظم الأقطار العربية إلا أن الدراسات والبحوث الميدانية إلى جانب الخبرة أوجدت أنه عند تقليم أشجار النخيل بصورة منتظمة فإن النخلة الواحدة يمكن أن تعطي الآتي:

من ١٠ إلى ١٥ جريدة بوزن ٢ غرام قبل فقد الرطوبة والتي تصل إلى ٦٠%من الوزن، وحوالي ١٠ كربات بوزن ٠,٧٥ غرام للواحدة، وحوالي ٢,٥ غرام من الليف في المتوسط للنخلة.

ولحساب الكميات السنوية من مخلفات النخيل على مستوى الأقطار العربية فإنه بافتراض أن عدد النخيل المثمر فيها يبلغ ٨٦ مليون نخلة تقريبا، وبافتراض أن ما يتم تقليمه من النخيل بصفة منتظمة سنويا يمثل٧٠ % من إجمالي عدد النخيل، فإن عدد النخيل الذي يمكن الحصول على مخلفاته يقدر بنحو

٦٠مليون نخلة. ووفقا للتقديرات السابقة فإن النخلة الواحدة تعطي سنويا ما يقارب ٢٥ غرام ومن ثم يكون إجمالي كمية مخلفات النخيل التي يمكن الحصول عليها سنويا على مستوى الأقطار العربية في حدود ١,٥ مليون طن.

هذه الكمية الهائلة من المخلفات ليس لها أسواق في معظم أقطار الوطن العربي ، كما أن معظمها يستهلك مباشرة بمعرفة صاحب النخلة أو يتم حرقه نظرا لانعدام كيفية استغلالها من طرف مزارعي النخيل، مما أدى إلى ضرورة التفكير في كيفية استثمار تلك المخلفات بطرق اخرى غير الصناعات التقليدية [١٥].

الخلاصة :

في هذا الفصل قمنا بدراسة نظرية حول النخيل حيث تطرقنا إلى التصنيف العلمي له، ومعرفة مناطق توزعه في العالم وفي الجزائر، ثم انتقلنا لوصف النخلة التي تنقسم إلى جزئين جذري وخضري، حيث يمكن للجزء الخضري أن يعطي العديد من المخلفات (الليف، السعف، الكرناف، العرجون.... الخ) التي يمكننا استغلالها والاست ٠٣فادة منها في العديد من الاستخدامات مثل التطبيقات الصناعية، استخلاص المواد الكيميائية، استخدامات طبية..... الخ، و في الفصل الموالي سوف نقوم بدراسة حول التركيبة الكيميائية الأساسية لمخلفات النخيل

قائمة المراجع:

المراجع بالعربية :

[٣] قواميد مسعود، "المساهمة في دراسة تشخيص وتثمين مخلفات نخيل الغرس"،أطروحة محضرة لنيل شهادة الدكتوراه، جامعة قاصدي مرباح "ورقلة "، كلية الرياضيات و علوم المادة، ٢٠١٥-١١-١٥، ص ٢٧-٢٢.

[٤] حسام حسن علي غالب، "أطلس أصناف نخيل التمور في دولة الإمارات العربية المتحدة"، مركز زايد للتراث والتاريخ،٢٠٠٨، الإمارات العربية المتحدة.

[٦] بلال بن عمر، "انتخاب أشجار النخيل المذكرة بمحطة الضاوية (واد سوف ، الجزائر) دراسة ميدانية ومخبرية"، رسالة لنيل شهادة الدكتوراه الطور الثالث علوم، جامعة باجي مختار "عنابة "، كلية العلوم، ٢٠١٦-٢٠١٥، ص ٣.

[٨] عيسى جروني، "دراسة مقارنة لتأثير حبوب لقاح نخيل التمر(phœnix dactylifera L) الذكرية على صفات بعض الأصناف الأنثوية"، أطروحة دكتوراه الطور الثالث علوم، جامعة الإخوة منتوري "قسنطينة "، ٢٠١٥ ، ص٣،٤.

[٩] بن حمي محمد الفاتح و ناجي محمد، "تأثير مرض البيوض على النظام البيئي الواحاتي بمنطقة قورارة"، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر ، جامعة أحمد دراية " أدرار"، كلية العلوم والتكنولوجيا، ٢٠١٧،ص٦.

[١٠] د.حسام حسن علي غالب، التصنيف النباتي والوصف المورفولوجي والتركيب الترشيحي لنخلة التمر، ٢٠١٥. *www.iraqi-datepalms.net*.

[١١] حسن مرعي، النخيل وتصنيع التمور في المملكة العربية السعودية، المكتبة العربية السعودية، ١٩٧١، ص ٥٣.

[١٢] د. عبد الباسط، عودة إبراهيم، نخلة التمر منظومة الطاقة المتجددة، الناشر للبحث العلمي والدراسات العليا، جامعة القدس المفتوحة الماصيون_رام الله، فلسطين ،٢٠١٦، ص ١٢.

[١٣] مصطفى أحمد القاسم، أشجار نخيل البلح، مراجعة: خليل محمود جرن مدير الإرشاد والإعلام الزراعي، ١٩٩٧، ص ١٢.

[١٤] أديب عمر الحصري، تمور طابة وفوائدها المستطالة، أجزاء النخلة. المدينة المنورة ، ٢٠١٥.

[١٥] سالم اللوزي، "دراسة تطوير إنتاج و تصنيع و تسويق التمور و الاستفادة من مخلفات النخيل في الوطن العربي"، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم ،كانون الثاني (ديسمبر) ٢٠٠٣ ، الباب الثامن، ص ١٥٩.

المراجع بالأجنبية:

[1] W Ghori, N Saba, M Jawaid2 and M Asim,A review on date palm (phoenix dactylifera) fibers and its polymer composites,The Wood and Biofiber International Conference (WOBIC ٢٠١٧); ٣٦٨; ٢٠١٨.

[2] Al-Harrasi, A., Rehman, N. U., Hussain, J., Khan, A. L., Al-Rawahi, A., Gilani, S.A., et al. (2014), Nutritional assessment and antioxidant analysis of 22 date palm(Phoenix dactylifera) varieties growing in Sultanate of Oman.Asian Pac. J. Trop.Med.7, S591–S598.

[5] Dransfield ,J,&, N .W . UHL,Anouline of classification of PlamPrincipesvol 30 (1) , 1986, pp3.

[7] Angel S-S, Ecological and economic factors affecting the sustainable production of camedor palm (Chamaedoreaelegans Mart) in Petén, Guatemala and Veracruz, Mexico Turrialba, Costa Rica. December, 2007.

الفصل الثاني:
المكونات الأساسية لمخلفات النخيل

الكتلة الحيوية هي مفهوم يقصد به المخلفات النباتية، حيث تتكون من العديد من المواد التي تتمثل في المواد اللجنوسليلوزية (السليلوز ٤٠- ٤٣%،الهيموسليلوز ٢٨-٣٥%، اللجنين ٢٢-٢٩%)، وتكون هذه المواد دائما في جدران الخلية النباتية، وهي تعتبر الركيزة المعقدة لتركيب جدار الخلية، والتي بدورها تدخل في العديد من الصناعات من بينها: صناعة الورق، صناعة النسيج، صناعة البوليمير[1].

II. ١. إنتاج الألياف النباتية السليلوزية:

الألياف هو مصطلح يطلق على المواد التي تكون بشكل حبال أو خيوط طويلة ذات أقطار صغيرة جدا تتراوح من (٣μm -١٠μm) [2] ، وهي تستعمل في تقوية المركبات البوليميرية ومن أهمها نجد الألياف النباتية، الألياف الحيوانية، الألياف الاصطناعية والألياف المعدنية وغيرها.

الألياف النباتية عبارة عن بُنى بيولوجية ذات استعمال واسع في المجالات الصناعية نظرا لما تتمتع به من خصائص فيزيائية وميكانيكية عالية، خفيفة الوزن، قليلة التكلفة وصديقة للبيئة كما أن تركيبتها الكيميائية (السليلوز، الهيموسليلوز والجنين) لها دور كبير في تحديد خصائصها ومميزاتها [3].

II. ١. ١. الخلية:

الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية الأساسية لحياة الكائنات الحية، كما تعتبر أصغر وحدة للمادة الحية [4]، وهي تختلف في الوظيفة والشكل والحجم وتعقد الجدار، حيث تتركب من جزيئين أساسين هما جدار الخلية (الجدار الخلوي) والألياف.

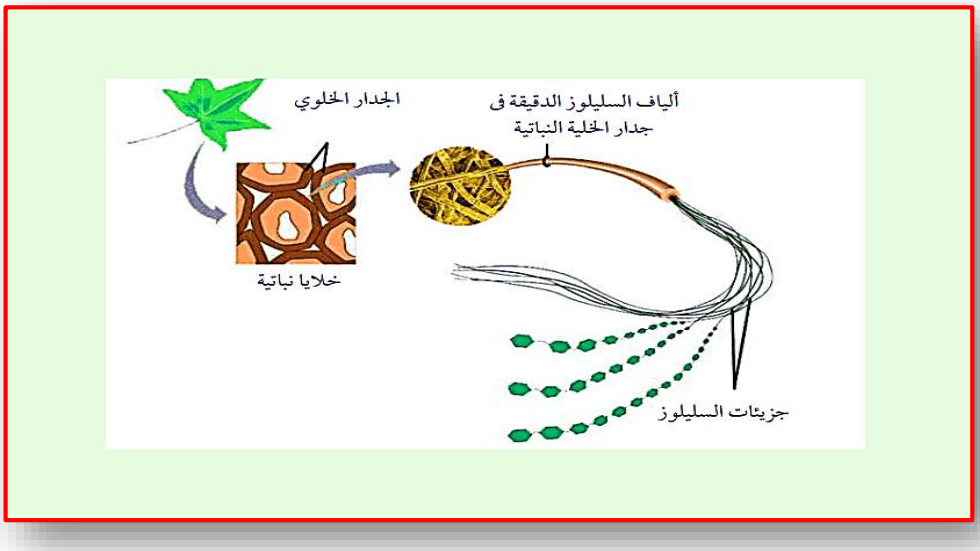
II. ١. ٢. جدار الخلية:

يعتبر جدار الخلية النباتية من أهم الصفات التي تميزها عن الخلية الحيوانية والتي تفتقر إلى مثل هذا الجدار، وهو عبارة عن طبقة صلبة غير حية لكنه مرن إلى حد ما، يحيط بالخلية من الخارج ويتكون من خيوط رفيعة من السليلوز تسمى الألياف الدقيقة، وتكون هذه الألياف موازية لسطح الخلية حيث أن كل ليف

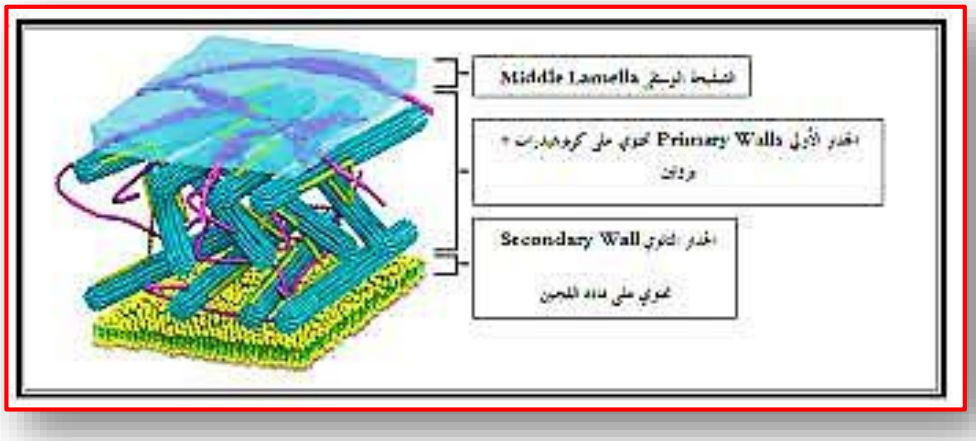
يكون متعدد الطبقات ومركب من عدة مواد كاللجنين والهيميسليلوزالمحيطين بعنصر السليلوز ذو البنية الصلبة جدا كما هو موضح في الشكل (II.١)، حيث يقوم جدار الخلية بعدة وظائف أهمها:

- توفير صلابة للخلية.
- حماية الخلية من الخدوش والأخطار الخارجية.
- طرح الفضلات خارج الخلية.
- تحديد شكل الخلية [4].

و يتكون الجدار الخلوي من عدة طبقات رئيسية وهي الصفيحة الوسطى، الجدار الابتدائي والجدار الثانوي المقسم إلى ثلاث طبقات فرعية كما موضح في الشكل (II.٢) [5].



الشكل(II.١): بنية الألياف النباتية (السليلوزية).



الشكل (II.٢): الطبقات المشكلة للجدار الخلوي النباتي.

II. ١. ٢. ١. الصفيحة الوسطى:

تظهر الصفيحة الوسطى أو الطبقة الخلوية بعد انقسام الخلية الأم، هذه الطبقة تكون غنية باللجنين، حيث أن سمكها يتراوح بين ٠,٥ و١,٥ ميكرون، كما أنها تعمل على ربط الخلايا ببعضها البعض [6] .

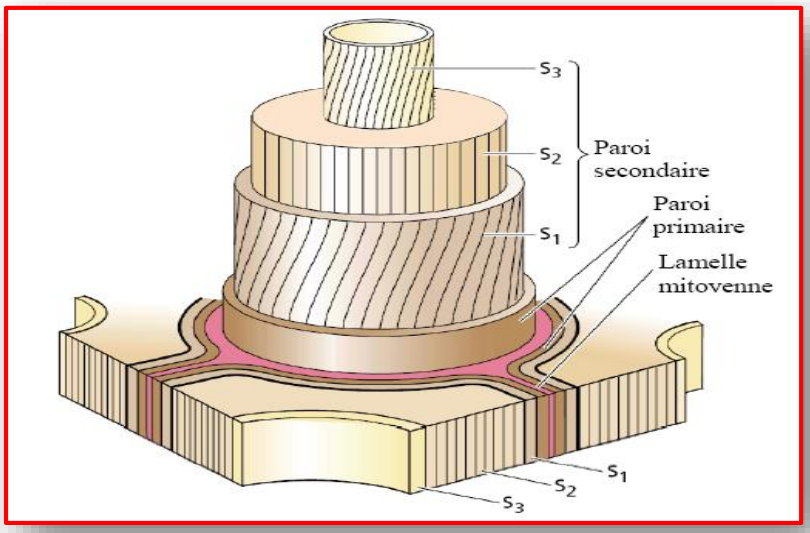
II. ١. ٢. ٢. الجدار الابتدائي:

هو الجدار الأساسي والأول الذي يتشكل أثناء نمو الخلايا، يتراوح سمكه من ١إلى ٣ ميكرون، حيث يتكون الجدار الابتدائي من السليلوز وأشباه السليلوز ومواد بكتينية، ويمكن الربط بين السيليلوز والهيموسليلوز بروابط هيدروجينية [7].

II. ١. ٢. ٣. الجدار الثانوي:

وهو الجدار الذي يلي الجدار الابتدائي، يتراوح سمكه من ٥ إلى١٠ ميكرون، يتشكل بعد وصول الخلية إلى حجمها النهائي وتوقف النمو، ويتركب من السليلوز وأشباه السليلوز واللجنين والسوبرين، حيث يتكون الجدار الثانوي من ثلاث طبقات تختلف عن بعضها البعض طبيعيا وكيميائيا والتي تعرف بـ(S_1,S_2,S_3) [8].

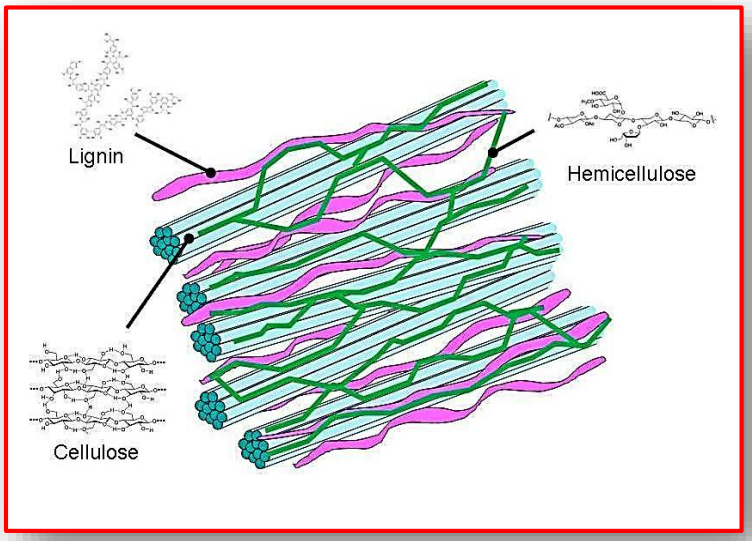
الشكل(II.٣) يوضح ذلك.



الشكل (II.٣): رسم تخطيطي للألياف وطبقات جدار الخلية النباتية.

II.٢. المكونات الكيميائية لجدار الخلية (الألياف النباتية) :

المواد اللجنوسليلوزية هي مجموعة من المواد متواجدة جنبا الى جنب في جدران الخلايا النباتية والمتمثلة في (السليلوز، اللجنين والهيميسليلوز) وهي المركبات الأساسية للنبات [9]، كما هو موضح في الشكل (II.٤).

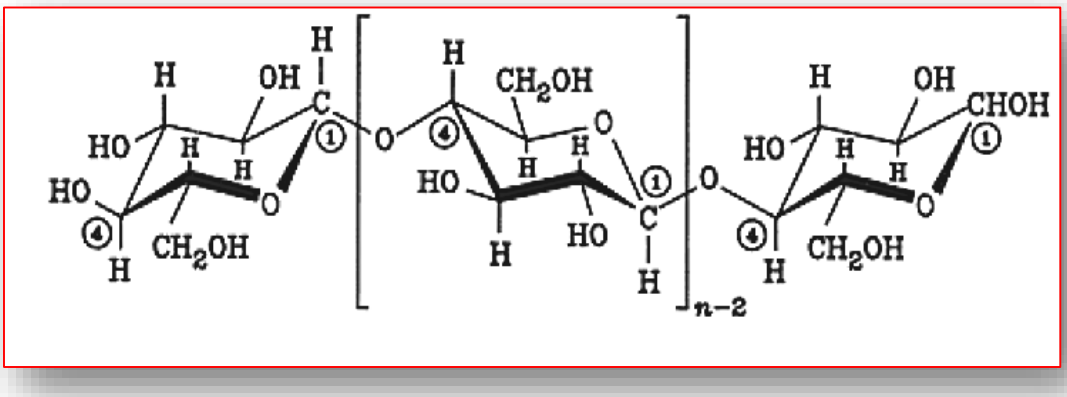


الشكل (II.٤): أماكن توضع المواد اللجنوسيليلوزية.

II. ٢. ١. السليلوز:

للسليلوز مصدرين مصدر طبيعي ومصدر اصطناعي، عادة ما تأتي الاصطناعية من المواد التركيبية مثل البتروكيمياوية [10]، أما طبيعيا فهو أحد المكونات الهيكلية الرئيسية لجدران الخلايا بحيث يوفر المقاومة الميكانيكية و الاستقرار الكيميائي للنباتات، و الذي ينتج من عملية التركيب الضوئي [11]، يتميز السليلوز بأنه من أكثر المركبات الكيميائية وفرة على وجه الأرض وأكثرها رواجا ويشكل نسبة ٣٣ % من بنية النباتات (٩٠ % من بنية القطن،٤٥% من بنية الخشب) [12]، وهو عبارة عن كربوهيدرات من الصيغة الجزئية $(C_6H_{10}O_5)_n$ حيث n درجة البلمرة، تختلف اعتمادا على أصل السليلوز وقد تختلف قيمته من بضع مئات إلى بضع عشرات الآلاف (بين ١٠٠٠٠ و ١٥٠٠٠) [١٣].

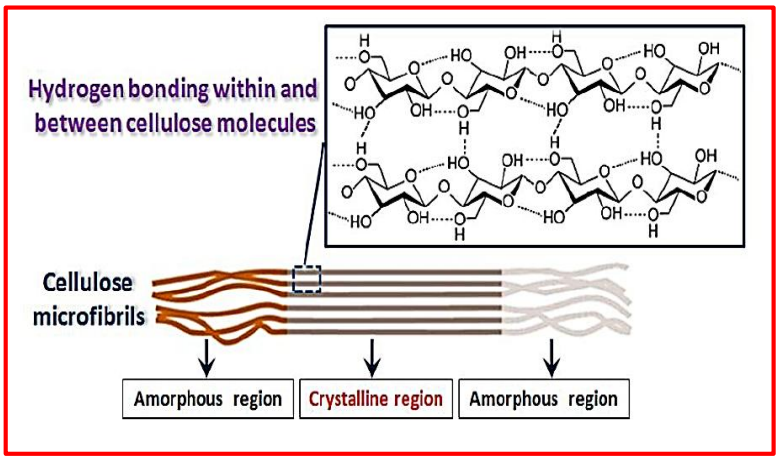
يتمثل السليلوز في بوليمير غلوكوز لاحتوائه على جزيئتي غلوكوز، بحيث حوالي ٨٠ جزء منه مرتبط مع روابط هيدروجينية مشكلة ألياف رقيقة فعند ارتباطها مع بعضها البعض نتحصل على ألياف السليلوز [14 ،15] (microfibre)، وتكون هذه الجزيئات من نوع β، وتتكون الرابطة بين الجزيئات المتجاورة من ذرة كربون رقم واحد من الغلوكوز الأول وذرة الكربون رقم أربعة من الغلوكوز الثاني هذه الرابطة هي (β-١,٤) [16]. الشكل (5.II) يوضح ذلك.



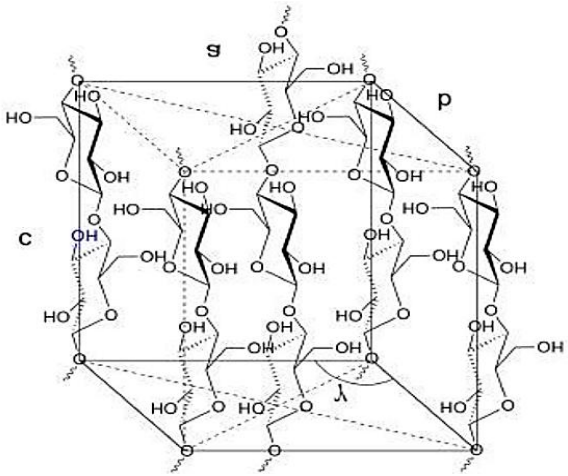
الشكل (II.٥): بنية السليلوز [11].

II. ٢. ١. ١. البنية البلورية للسليلوز:

يتكون السليلوز من مناطق متبلورة وغير متبلورة كما هو موضح في الشكل (II.٦)، يعود سبب التبلور في السليلوز إلى البناء الجزيئي للمادة، والتي تكون نتيجة الروابط الهيدروجينية الموجودة بين جزيئات الغلوكوز المؤلفة للسليلوز، حيث هناك نوعين من الروابط، روابط هيدروجينية موجودة بين الجزيئات المتجاورة في نفس السلسلة، وروابط هيدروجينية تكون بين السلاسل المتجاورة، عن طريق هذين النوعين من الروابط يتكون عندنا ما يعرف بالبناء البلوري للسليلوز[12] و شكل البلورة موضح في الشكل(II.٧).



الشكل (II.٦): المناطق المتبلورة وغير المتبلورة للسليلوز.



الشكل (II.٧): البنية البلورية للسليلوز.

II. ٢. ١. ٢. الخصائص الفيزيائية والكيميائية:

البلورة السليلوزية النانوية عبارة عن جسيمات متناهية الصغر، مستخرجة من مصادر طبيعية متجددة، ذات خصائص مختلفة، والتي يمكن تصنيفها بشكل رئيسي كخصائص فيزيائية وكيميائية:

❖ **الخصائص الفيزيائية:**

مجموعة الهيدروكسيل الحرة من السليلوز لديها جذب قوي للعديد من المذيبات، في حين أن الماء الممتز الموجودفقط في المنطقة الغير متبلورة أثناء عملية امتصاص الرطوبة يجعل الروابط الهيدروجينية لهذه المنطقة في السليلوز الجاف سهلة التحطيم، ويتم استبدال الجزيئات من الروابط الهيدروجينية بين جزيئات السليلوز وجزيئات الماء حتى تشكل روابط هيدروجينية جديدة، وفي عملية إمتزاز السليلوز عندما يمتص الماء لا يتغير تجانس التكوين ولكن يصبح لين مع انخفاض القوة الداخلية المتماسكة وتعرف هذه الظاهرة باسم (Swellability) في المناطق المتبلورة [17].

❖ **الخصائص الكيميائية:**

كل حلقة غلوكوز من السليلوز لها ثلاث مجموعات هيدروكسيل نشطة،وبالتالي قد يكون السليلوز سلسلة من التفاعلات الكيميائية المتعلقةبالهيدروكسيل ومع ذلك فإن مجموعات الهيدروكسيل أيضا يمكن أن تشكل روابط الهيدروجين بينالجزيئات، والتي لها تأثير عميق على مورفولوجية وتفاعل سلاسل السليلوز ولا سيما بين الجزيئات ورابطة الهيدروجين، حيث تتكون من أوكسيهيدريل في (C3) في حلقة جزيء المجاورة لهذه الروابط الهيدروجينية، و التي لا يمكنها فقط فرض السلامة الخطية وصلابة جزيء السليلوز ولكن أيضا يمكن أن تجعل سلاسل الجزيئات تتراوح بشكل وثيق لتشكيل البلوري [17].

II. ٢. ١. ٣. تأثير العوامل المختلفة على السليلوز:

هناك العديد من العوامل التي تأثر على السليلوز، وأهمها تأثير درجة الحرارة، الماء، الحموضة والقلويات [18]، نذكر بعضها:

- **تأثير الحرارة:**

يمكننا تسخين السليلوز بالحالة الجافة حتى ١٥٠م° دون حدوث أي تفكك، وباستمرار التسخين يبدأ بالتلون نحو اللون البني دون أي تلف له، ومع رفع درجة الحرارة لأكثر من ذلك وبوجود أكسجين الهواء يبدأ التلف نتيجة تشكل مركبات أوكسي السليلوز وبخاصة بوجود آثار لشوارد معدنية كالنحاس.

- **تأثير الماء:**

يؤدي نقع الألياف السليلوزية بالماء لحدوث انتفاخ دون أي أثر كيميائي، وتحدث عملية الانتفاخ عادة في المناطق البلورية للألياف حيث تكون مجموعات الهيدروكسيل حرة طليقة.

- **تأثير الحموض:**

يؤدي غلي السليلوز بالأحماض المعدنية الممددة إلى تفككه وصولا لوحدات الغلوكوز في النهاية، في حين أن تأثير الحموضة المعتدل وبدرجات حرارة منخفضة يؤدي لتخرب عال مع تشكل هيدرات السليلوز.

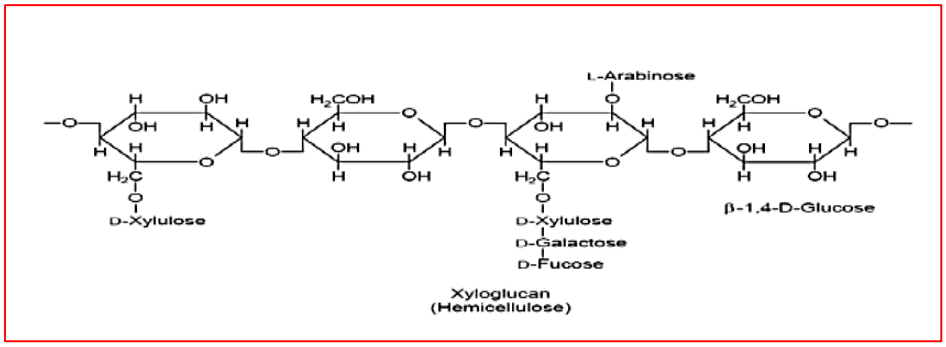
- **تأثير القلويات:**

يقاوم السليلوز القلويات المعتدلة مثل كربونات الصوديوم عند درجات الحرارة المنخفضة والعالية وبمعزل عن الهواء، ولكن بوجود الأكسجين يبدأ تشكل أوكسي السليلوز المخرب للبنية.

II. ٢. ٢. الهيميسليلوز:

الهيميسليلوز عديد السكاريد يتواجد في جميع النباتات، يتميز بكتلة مولارية أقل بكثير من الكتلة المولارية للسليلوز، يكون أكثر ارتباطا بالماء من غيره من الألياف وبهذا يكون الأكثر فائدة في التخلص من الإمساك [١٩]، ويتميز أيضا بقابليته للذوبان في المحاليل القلوية المخففة [20].

الهيميسليلوز العنصر الثالث بعد السليلوز واللجنين، تبلغ نسبته من وزن الكتلة الحيوية تقريبا ٢٥%، يتواجد دائما مع السليلوز في جدران الخلية النباتية، بالرغم من التشابه الكبير بينهما إلا أنهما يختلفان من الناحية البنيوية حيث أن السليلوز له بنية بلورية فهو بوليمير، أما بالنسبة إلى الهيميسليلوز فإنه غير متبلور فهو يتمثل في العديد من مونيميرات الكربوهيدرات مثل (Un dés-hexose du la xylose, le mannose, le galactose, le rhamnose) وتوجد مادة الهيميسليلوز أيضا بأشكال مختلفة من بينها اكسيلان وهو أكثر الجزيئات وفرة [21, 22]. الشكل (II.٨) يوضح ذلك.

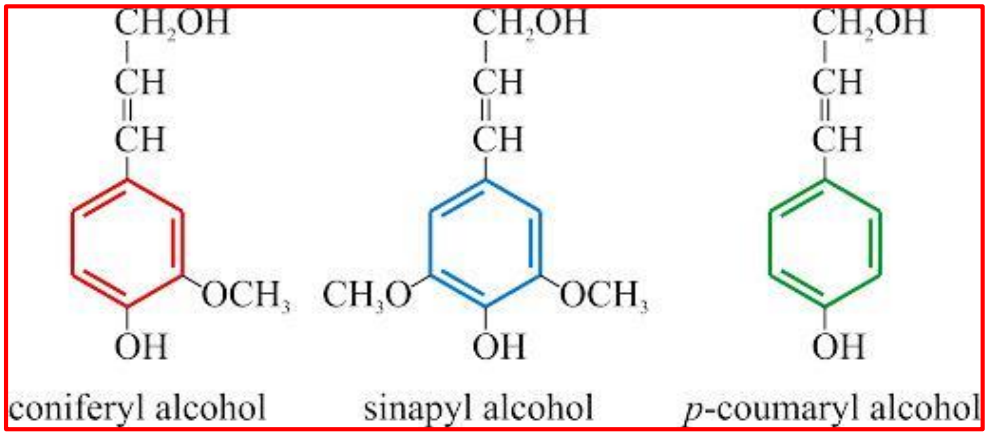


الشكل(II.٨): بنية للهيموسليلوز.

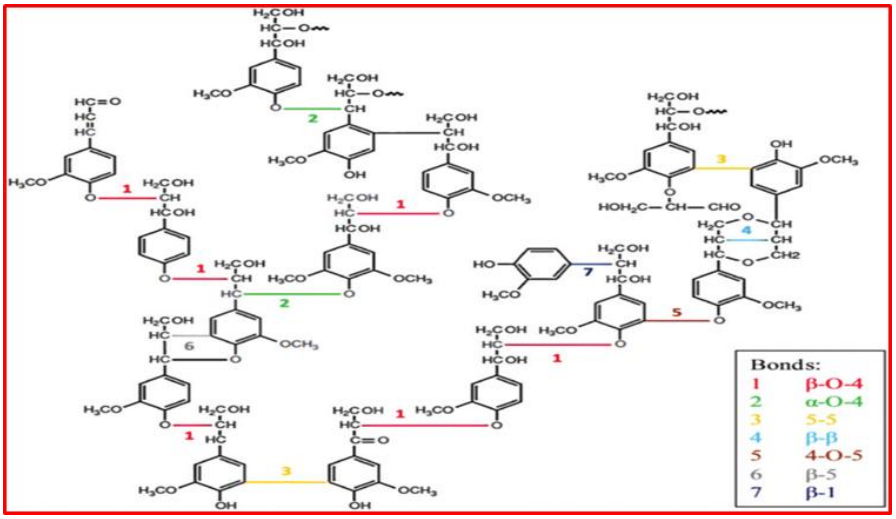
II. ٢. ٣. اللجنين:

اللجنين جزء لا يتجزأ من جدران الخلية النباتية، وهو مركب ليفي يساعد في الحماية الميكانيكية ، ويكون مرتبط بالهيميسليلوز بروابط فيزيائية متكاملة ، اللجنين مركب كيميائي معقد في شكل بوليمير يستخرج في أغلب الأحيان من الخشب و هو يشكل حوالي ربع إلى ثلث الكتلة الجافة منه، يتشكل من ثلاث وحدات رئيسية من فينيل بروبان (trans-Coniferyl, trans-Sinapyl, trans-p-Coumarylalcohols) كما موضح في الشكل (II.٩)، وعلى الرغم من التقدم في التكنولوجيا إلا أن الهيكل البنيوي للجنين لا يزال مجهولا لحد الآن[1].أنظر الشكل (II.١٠).

اللجنين ثاني بوليمير طبيعي وفرة في سطح الأرض بعد السليلوز، له القدرة على التحمل وتطور الخلايا لأنه يؤثر على نقل الماء والمواد الغذائية والأيضية في الخلية النباتية، يعمل كرابطة بين الخلايا التي تخلق مادة مركبة لها مقاومة ملحوظة التأثير على الضغط والانحناء [11]، ويقوم بتخزين النفايات النباتية وتدعيم وتقوية الخشب في الأشجار، كما أن له نسبة عالية من الطاقة بسبب وجود مجموعات تفاعلية.



الشكل(II.٩): الوحدات البنائية للجنين.



الشكل **(II.١٠): بنية اللجنين [1].**

الخلاصة:

في هذا الفصل قدمنا المكونات الأساسية لمخلفات النخيل حيث توصلنا إلىأن مخلفات النخيل تتركب من المواد اللجنوسليلوزية (السليلوز، الهيميسليلوز، اللجنين) حيث تتمركز هذه المواد في جدران خلايا النباتية، و تعرفنا أيضا على أن جدار الخلية يحتوي على السليلوز بنسبة كبيرة نظرا لخصائصه الفيزيائية والكيميائية .

في الفصل الموالي سوف نتعرف على طرق استخلاص وتشخيص المواد اللجنوسليلوزية لمخلفات النخيل.

قائمة المراجع:

المراجع بالعربية:

[3] قوادري زينات، "تحضير ودراسة خصائص مادة مركبة ذات مصفوفة من البولي استر غير المشبع مقواة بألياف نبات الديس"، مذكرة تخرج لنيل شهادة ماجيستير، جامعة المسيلة، كلية العلوم الدقيقة ٢٠١٣.

[4] د. نظمي خليل أبو العطاء موسى، د. عبد القادر يوسف جمال الدين، خلود يوسف بوجيري و تهاني هشام السادة، الخلية والوراثة للمرحلة الثانوية ، وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين، الطبعة الثالثة، العدد ٢٠٠٠، ص ٥.

[5] د. انتصار غانم الصميدعي، مكونات الخلية النباتية، جامعة تكريت " العراق"، ٢٠١٨.

[8] الزهرة غندير ، حسيبة بركان و نجية فليغة، "الجدار الخلوي عند النباتات الراقية (البنية والتركيب)"، مذكرة تخرج لنيل شهادة أستاذ تعليم الثانوي، المدرسة العليا للأساتذة، قسم العلوم الطبيعية، ٢٠٠٨، ص ١٥.

[12] د. عاصم حسن محمد حسن،" دراسة تحسين ذوبانية الألياف السليلوزية"، مجلة الهندسة الجامعة التقنية الوسطى، العدد ٧، المجلد ٢٢، يوليو ٢٠١٦، ص ٢٣.

[١٧] رحماني مروة و مدخل خديجة، "دراسة مقارنة بين نباتات الحلفاء (StipatenacissimaL)البعلية والمروية: التوصيف الفيزيوكيميائي للجنوسيليلوز"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر "الوادي"، كلية العلوم و التكنولوجيا، ٠٥-٠٦-٢٠١٨، ص 11 و١٢.

[18] نور الهدى جابو و العايش ايمان، "استخلاص السيليلوز من المخلفات النباتية الجريد ومخلفات شجيرات البطاطا لتحضير خلات السيليلوز"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر" الوادي "، كلية العلوم الدقيقة، ٢٠-٠٦-٢٠١٩، ص ٢٧.

باللاتينية:

[1] Agrawal A., Kaushik N., et Biswas S., Derivatives and Applications of lignin _ An Insight , The scitiech Journal vol

[2] C.Oudet ; Polymers:steucture et proprietes introduction ; Ed. elseviermasson, France(1983)249 .

[4] K.Roberts,2004.The plant extracellular matrix. Department of Cell Biology, John Innes Institute, Norwich, UK.

[6] Jebrane M.,Fonctionnalisation. Chimique Du Bois Par Trensesterification Des Esters D'Enol. Mémoire Docteura. L'Université Bordeaux 1, 25 septembre 2009, 12p.

[7] LmanKhouni, Biologie et Phsiologie Végétales Les particularités de la cellule végétale,Ministére de l'Enseignement supérieur. De la recherche Scientifique et de la Technologie, Université Virtuelle de Tunis. P 08.

[9] John Rojas, Mauricio Bedoya and YhorsCiro, Current Trends in the Production of Cellulose Nanoparticles and Nanocomposites for Biomedical Applications, 2015, Chapter 8.

[10]European Bioplastics.*http ://en.european-bioplastics.org*.

[11]Harmsen P., Huijgen W., Bermudez L., Bakker R., Literature review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass, Report 1184, September 2010.

[13] MatheusPoletto, ViníciosPistor and Ademir J. Zattera; 2013.Structural Characteristics and Thermal Properties of Native Cellulose.

[14] Godin B, Ghysel. F, Agneessens R, Schmit T, Goffot., Lamaudière S, Sinnaeve G, J. P. Goffart, P.A. Gerin, D. Stilmanst et J. Delcarte, Détermination de la Cellulose, des Hémicelluloses, de la Lignine et des Cendres dans Diverses Cultures Lignocellulosiques Dédiées à La Production de Bioéthanol de Deuxième Génération', Biotechnology, (Valorisation de la biomasse lignocellulosique pour la production de bioéthanol de deuxième génération).

[15] Lee. Y, Iyer and P, Torget R.W., 'DiluteAcidHydrolysis of LignocellulosicBiomass', In : Advances in Biochemical Engineering and Biotechnology, Vol. 65, p. 94 – 11,

١٩٩٩(Valorisation de la biomasse lignocellulosique pour laproduction de bioéthanol de deuxième génération).

[16] MatheusPoletto, VinícíosPistor and Ademir J. Zattera; 2013.Structural Characteristics and Thermal Properties of Native Cellulose.

[19] R.-c.Sun, Cereal strawas a Resousces for sustaimable biomaterials and biofuels, B.V: Elsever , 2010.

[2٠] HOCINE Tayeb, Acetate de cellulose, synthese, proprietes et applications, Mémoire de Master, universite Abou-Bakr Belkaid-Tlemcen,2013.

[21] DALLEL M, Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (StipanTenacissima L) : Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil (2012).thèse docteur. Université de haute alsace.

[22] Wertz. J.L, « Les hémicelluloses », Rapport de synthèse, Document ValBiom -Gembloux AgroBioTech (Novembre2011). (Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (Stipa Tenacissima L) Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil (2012)). Thésedocteur . Université de haut.

الفصل الثالث:
طرق استخلاص وتشخيص المواد اللجنوسليلوزية

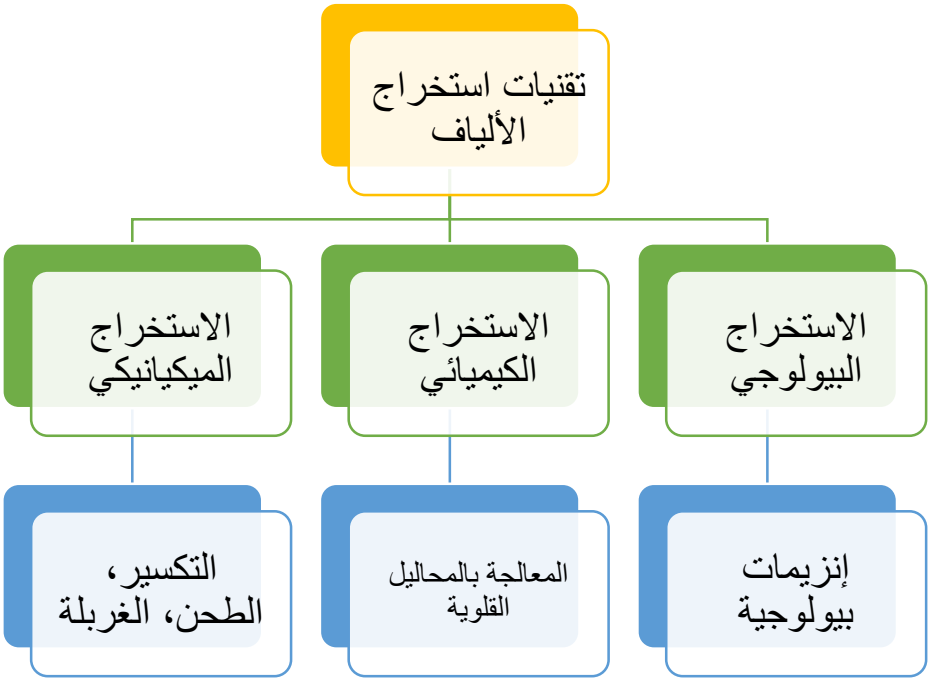
جلبت الألياف الطبيعية اهتمام الكثير من العلماء و العاملين في مجال الموارد و المصادر الخضراء، و ذلك نظرا لخصائصها التي تجعلها صديقة للبيئة و مادة قابلة للتحلل تلقائيا،و من أهم المصادر كانت النخلة، حيث حصلت النخلة على الاهتمام الأكبر نظرا لتواجدها بكثرة في مناطقنا خاصة و في مناطق أخرى من العالم، و قلة تكلفتها و لاحتوائها على نسبة كبيرة جدا من الألياف السليلوزية، هذه الأخيرة تتمتع بخصائص كيميائية وفيزيائية وميكانيكية وحرارية مرغوبة، الجدول (III.١)، ولطرق استخلاص هذه الألياف دور كبير في جودة و مردود السليلوز المتحصل عليه.

الجدول (III.١): مقارنة للخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية للسليلوز المستخلص من النخلة ومن مصادر أخرى [١].

	الخصائص الفيزيائية			الخصائص الكيميائية			الخصائص الميكانيكية		
الألياف	الكثافة g/cm^3	القطر µm	الطول mm	سليلوز Wt.%	هيميسليلوز Wt.%	اللجنين Wt.%	متانة الشد MPa	معامل المرونة GPa	الإستطالة %
النخلة	١,٣٢	٢٣٩	١،٠٠٠	٦٩،٣	١٥،٤	١٥،٣	٤٥٢	٢١	٢, ١٥
سيزال	١,٣٣	٨-٢٠٠	٩٠٠	٤٧،٦-٧٨	١٠-١٧،٨	٨-١٤	١٠٠-٨٠٠	٩،٤-٢٨	٢-٣
جوت	١,٤٦	٢٥-٢٠٠	١٥-١٢٠	٦١-٧٥،٥	١٣،٦-٢٠،٤	٥-١٣	٢٠٠-٨٠٠	١٠-٥٥	١،٨
كتان	١,٤	٤٠-٦٠٠	٥-٩٠٠	٧٠-٧٥،٢	٨،٦- ٢٠،٦	٢،٢-٥	٣٤٥-٩٠٠	٢٧-٨٠	١،٢-١،٦
قنب	١,٤٨	١٠-٥٠٠	٥-٥٥	٧٠-٧٥،١	٢- ٢٢،٤	٣،٥-٨	٣٠٠-٨٠٠	٣٠-٧٠	١،٦

III. ١.طرق الاستخلاص:

هناك العديد من التقنيات المستخدمة لاستخراج الألياف السليلوزية من أجزاء مختلفة من نخيل التمر، منها الميكانيكية، الكيميائية و البيولوجية، ولكل تقنية مزاياها وحدودها، حيث قام بعض الباحثين باستخراج الألياف ميكانيكيًا بينما الآخرون عن طريق المعالجات الكيميائية أو البيولوجية لفصل هذه الألياف عن المكونات الأخرى مثل اللجنين و الهيميسليلوز، و الحصول على السليلوز لاستخدامه في الصناعة. الشكل(III.١) يلخص معظم عمليات فصل الألياف المستخدمة اليوم.



الشكل (III.١): مخطط يوضح تقنيات استخراج الألياف [٢].

III. ١. ١. الاستخراج البيولوجي:

وهذه طريقة استخراج تقليدية، يعتمد مبدأها على استخدام البكتيريا لإذابة المستخلصات، مثل بكتيريا Bacillus و Clostridium، و قد ثبت أنها فعالة جدًا في إزالة المواد غير السليلوزية من النباتات و إطلاق الألياف [٣][٤]، وعلى الرغم من أن وقت الاستخراج طويل نسبيا، إلا أنها توفر أليافًا عالية الجودة.

كما يمكن تصنيف تقنيات الاستخراج البيولوجي إلى نوعين؛ التآكل و المعالجة الأنزيمية، فالأول يكونعن طريق نقع الألياف في الماء لفترة طويلة، ثم استخراجها ميكانيكيًا[٥]،و الثاني باستخدام الإنزيمات فهناك من ذكر نوع الإنزيم مثل إنزيم زيلاناز (xylanase enzymes) [٦].

III. ١. ٢. الإستخراج الكيميائي:

غالبًا ما تستخدم في هذه التقنية المحاليل القلوية أو الأحماض الخفيفة، و القلويات الأكثر استخدامًا هي الصودا الكاوية NaOH، كما تستخدم أحماض خفيفة مثل حمض الكبريتيك و حمض الأكساليك مع منظف لاستخراج الألياف، و يلاحظ أن نسبة مكونات المحلول التي تحدد جودة الألياف المستخرجة [٢]. على سبيل المثال، يتم استخدام عملية كرافت (عجينة لب الورق) لتحديد المواد السليلوزية مثل الخشب، و هذا بتسخين العينة لمدة ساعتين في محلول مائي (NaOH) و كبريتيد الصوديوم (NaS_2) عند درجة حرارة من ١٧٠م° إلى ١٧٥م° [٧]، حيث تقوم أيونات الهيدروكسيد (OH^-) و السلفوريل (SH) بتفكيك اللجنين و الهيميسليلوز و البكتين عن طريق الذوبان.

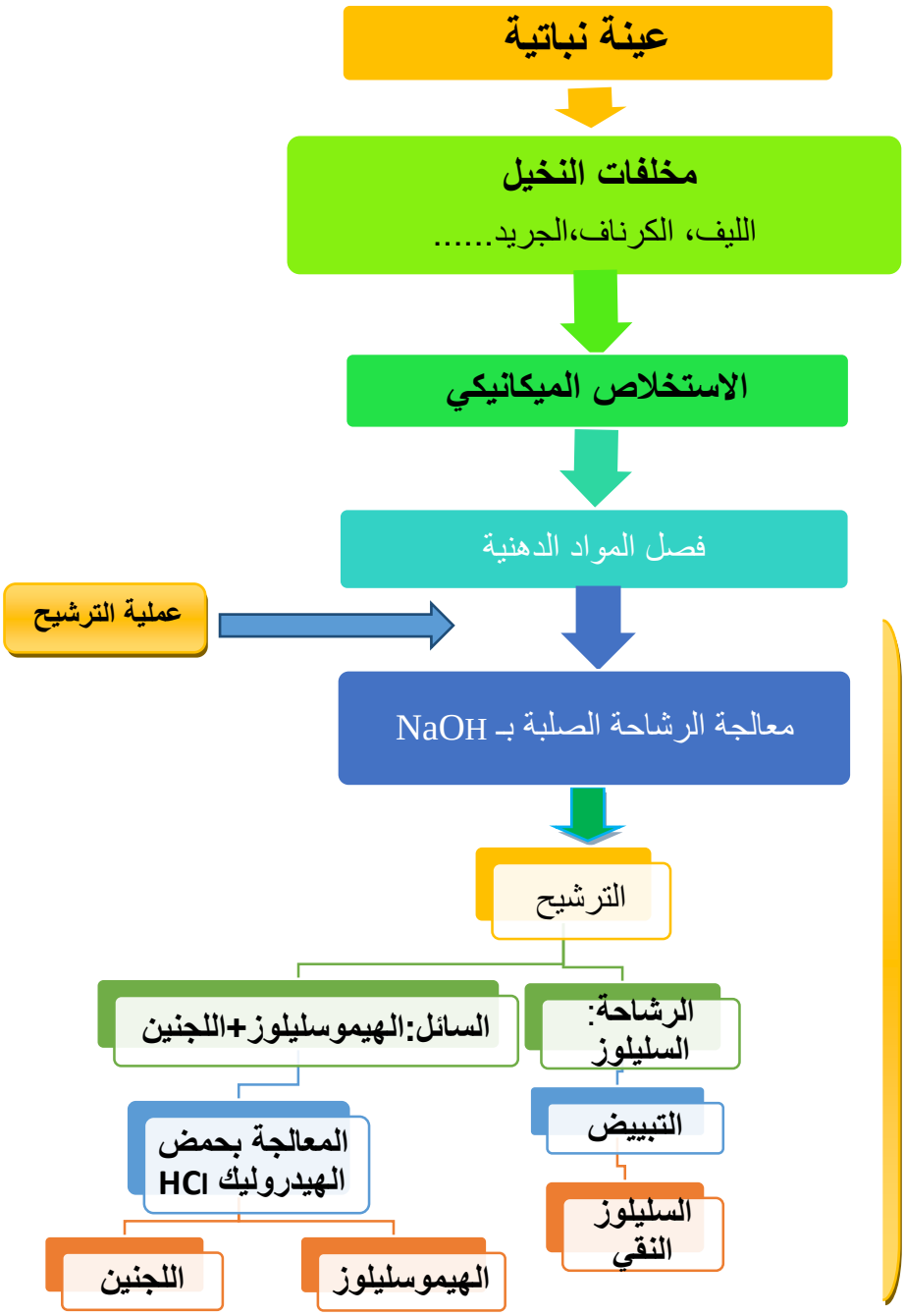
III.١. ٣. الاستخراج الميكانيكي:

استندت العديد من الدراسات على تقطيع وطحن أجزاء النخيل إلى قطع صغيرة جدًا دون أي محاولات لتحديد الألياف، حيث تم تكييف طريقة الفصل هذه من قبل العديد من الباحثين [٦]، وذلك لأنها تحافظ على سلامة المكونات المراد استخراجها.

يعد نوع تقنية الاستخلاص من أهم العوامل في الحصول على ألياف عالية الجودة، ومن أهم التقنيات المستخدمة هي الاستخراج الميكانيكي والعلاج القلوي مع NaOH .

III .٢.مراحل استخلاص السليلوز:

لوحظ في العديد من الدراسات حول استخلاص السليلوز، أنه يمر ببعض المراحل تم تلخيصها في الشكل (III.٢) انطلاقا من معطيات قام بها باحثون ودارسون غيرنا.



الشكل (III .٢): مخطط يوضح مراحل استخلاص السليلوز.

III .٢. ١. الاستخلاص الميكانيكي:

لاستخلاص السليلوز من المصادر النباتية، أولى مراحله هي التقنية الميكانيكية، وعادة ما تتم هذه التقنية يدويا، بعد جمع العينات وغسلها و تجفيفها بأشعة الشمس للتخلص من الشوائب، ثم تقطيعها إلى أجزاء صغيرة، وبعد ذلك طحنها و غربلتها للحصول على عينة بشكل ألياف متساوية الحجم و السمك، كي تمر بنفس المعالجة.

III .٢. ٢. المعالجة الكيميائية:

III.٢.2. 1. فصل المواد الدهنية:

السليلوز لا يتواجد حرا فهو مرتبط فيزيائيا و كيميائيا باللجنين و الهيميسليلوز، وبالتالي فإن المعالجة المسبقة ضرورية قبل محاولة عزل السليلوز، حيث يتم وزن حجم معين من ناتج الاستخلاص الميكانيكي و نقعه في حجم معين من الماء المقطر مع التحريك لمدة من الزمن في درجة حرارة محددة، ثم ترشيحه و تجفيفه في مجفف كهربائي، و بعد ذلك يتم نقله لجهاز سوكسلي Soxhlet، الصورة (III.١) يوضح الجهاز، أين تتم إزالة الشمع والدهون باستخدام البنزين/الإيثانول (١:٢) لمدة ٥ ساعات [٨]، وهناك من يستخدم محاليل أخرى مثل الإيثانول/ التولوين في زمن معين من 6 إلى ٧ ساعات.

الصورة (III.١): جهاز سوكسلي.

III. ٢. ٢. ٣. المعالجة بهدروكسيد الصوديوم:

بعد انتهاء عملية إزالة المواد الدهنية، يتم ترشيح العينة (السليلوز، الهيميسليلوز و اللجنين) و تجفيفها، ثم وزن الرشاحة ووضعها في دورق ليتم معالجتها بـNaOH ذو تركيز معين في درجة حرارة و زمن محددين مع التحريك، و بعدها ترشح العينة للحصول على رشاحة بها السليلوز ليتم توجيهه لعملية التبييض [٨]، و سائل به الهيميسليلوز واللجنين، حيث هناك من استخدم محاليل أخرى للمعالجة كالمرسي و كريكر استخدما $Ca(OH)_2$[٧]، أنظر للصورة (III.٢) (أ).

III. ٢. ٢. ٤. عملية التبييض:

تتم معالجة عينة السليلوز المعزولة والمجففة باستخدام نسبة معينة بالوزن من حمض الأسيتيك، بيروكسيد الهيدروجين، وحمض الكبريتيك H_2SO_4 عند ٧٥م°، وغالبا ما تتكرر هذه العملية أكثر من مرة [٨]، ولقد استعملت مواد أخرى للتبييض مثل الجافيل والكلوريت [٩]. أنظر للصورة (III.٢) (ب).

(ب) (أ)

الصورة (III.٢): مظهر السليلوز: (أ) السليلوز المعزول، (ب) السليلوز بعد التبييض [٨].

من خلال إحدى الدراسات السابقة تم الحصول على نسب السليلوز لبعض الأجزاء من النخلة الواردة في الجدول (II.٢).

الجدول (III.٢): نسب السليلوز لبعض أجزاء النخلة [٨].

جزء النخيل	سليلوز (لجنوسليلوز)	سليلوز معزول	α- سليلوز
الساق	١ ± ٣٢	١±٧٤،٧٠	١±٧٨،٦٣
الوريقة	٢١ ±٢،٦٠	٠±٧١،٥٠	٠±٧٥،٦٤
ليف	١ ±٣٣	١±٧٣،٨٢	١ ±٧٠،٤٠

III. ٣.استخلاص الهيميسليلوز و اللجنين:

III. ٣. ١. استخلاص الهيميسليلوز:

عادة ما يتم فصل الهيميسليلوز من السائل الناتج بعد ترشيح السليلوز و قبل عملية تبيضه، و ذلك بأخذ حجم معين من السائل و معالجته بمحلول حمضي مثل حمض الهيدروكلوريك (HCl)، بعد ذلك يتم ترسيبه في ثلاثة أضعاف من الإيثانول، ثم ترشيحه [٩].

قام بعض الباحثين باستخلاص الهيميسليلوز عن طريق استخدام الطرد المركزي، انطلاقا من ناتج الترشيح بعد المعالجة بـ NaOH، حيث تم إجراء عملية إزالة اللجنين باستخدام حمض فوق الخليك CH_3COOH (٥,٥g/g الكتلة الحيوية) في الظلام في دوارق زجاجية عند 25C° و ٥٠ دورة في الدقيقة لمدة ٤٨ ساعة [١٠]، تبع ذلك تكرار الطرد المركزي والغسيل بالماء المقطرلاستعادة الهولوسليلوز الذي يحتوي على كل من السليلوز و الهيميسليلوز، بعد ذلك تم استخلاص الهولوسليلوز المجفف بالهواء باستخدام ٤M من هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) عند ٢٥م° لمدة 24 ساعة في دوارق زجاجية عند ٥٠ دورة في الدقيقة. تم استعادة المواد الطافية بعد الطرد المركزي،ثم ترسيب الهيميسليلوز بواسطة محلول الإيثانول/ حمض الأسيتيك (٧:٣ v/v) متبوعًا بالترشيح والتجفيف بالهواء، نظرًا للكمية الصغيرة من المواد، بعد ذلك تم عزل الهيميسليلوز من الخلايا السليلوزية باستخدام ٤M من الKOH لأن هذا من شأنه أن ينتج أقصى كمية من الهيميسليلوز [١١].

III. ٣. ٢.استخلاص اللجنين:

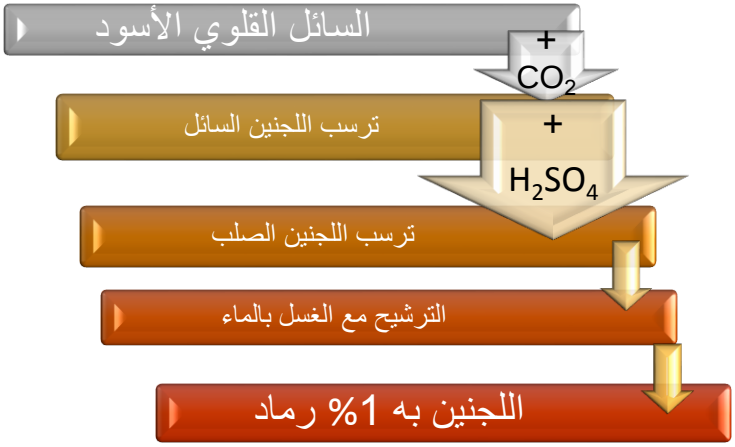
III. ٣. ١,٢.تقنيات الاستخلاص:

تم تطوير تقنيات متعددة لفصل اللجنين عن الكتلة الحيوية، و هو ما يسمى في بعض المراجع باستعادة اللجنين من الكتلة الحيوية، و ذلك في شكل لب ليفي مرورا ببعض العمليات تسمى بـ "عمليات فصل الألياف" حيث تنقسم إلى ثلاث فئات: ميكانيكي، ذوبان عضوي وقلوي أو عمليات اللب الحمضية، ولكل منها مزاياها وعيوبها [١٢].

و لقد استخدم بعض الباحثين تقنيات أخرى كاستعادة اللجنين من السوائل السوداء، ففي دراسة مًّا تم الحصول على السائل الأسود من مطحنة اللب التي تنتج كلا من لب الخشب اللين ولب الخشب الصلب، حيث قام بوزن ٢٠٠غ من عينة السائل الأسود ووضعها في زجاجة بلاستيكية مزودة بمحرك مغناطيسي، ثم إضافة كمية معينة من أيونات الصوديوم (على شكل كبريتات الصوديوم) وإغلاق الزجاجة بغطاء ووضعها في حمام مائي لمدة ساعة واحدة للوصول إلى درجة الحرارة المستهدفة ورجها جيدًا كل ١٠ دقائق، و ذلك في درجة حرارة متفاوتة بين٤٥م° و٧٥م° ،عندما تم الوصول إلى درجة الحرارة المستهدفة، تمت إضافة (6M) من حامض الكبريتيك إلى العينة، ثم إعادة الرج كل ١٠ دقائق لمدة ساعة واحدة للحصول على التوازن، عند الانتهاء من عملية الترسيب، تم ترشيح العينة من خلال قمع بوكنر و تم جمع الراشح لتحليل تركيز اللجنين [١٣].

III.3. 2 . ٢.تنقية اللجنين:

يقصد بتنقية اللجنين فصله عن المكونات العضوية الموجودة في الكتلة الحيوية(السليلوز و الهيميسليلوز)، و أيضًا إلى محتوى الملح المعدني أو الرماد، من أجل تحسين خصائصه، لذلك توجه الباحثين لإيجاد تقنيات تمكنهم من الحصول على لجنين عالي النقاوة [١٢]، الشكل (٣.III) يوضح تقنية اللجنين.



الشكل (III.٣): مراحل استعادة و تنقية اللجنين.

توضح الجداول التالية نسب المواد اللجنوسليلوزية لأجزاء من النخلة لدراستين مختلفتين.

الجدول (III.٣): نسبة المواد المستخلصة من أجزاء النخلة [١٤].

العينة	كرناف	سعف	ليف أو الغمد	ساق العرجون	الشماريخ
نسبة السليلوز (Wt %)	٣٥,٦٣	٣٨,١٠	٣٤,٤٢	٣٧,٩٦	٣٨,٣٣
نسبة الهيموسليلوز(Wt %)	٣١,١٤	٢٢,٧٤	٢١,٠٣	١٩,٧٨	٢٢,١١
نسبة اللجنين(Wt %)	١٧,٢٦	١١,٩٥	١٩,٩٨	١٠,٢٢	٩,٩٥

الجدول (III.٤): نسبة المواد اللجنوسليلوزية والمستخلصات لأجزاء النخلة [٨].

أجزاء النخيل	المستخلصات	السليلوز	الهيموسليلوز	اللجنين
جذع النخيل	٢٥,١	٣٩,٣٧	٣٠,٣١	٣٠,٣٢
قاعدة سعفة النخيل	٢٤,٩٠	٤٣,٠٥	٣١,٣٤	٢٥,٦١
سعفة النخيل الوسطى	١٧,٤٥	٤٦,١٦	٢٨,١٦	٢٦,٦٨
أوراق النخيل	٣٢,٨٦	٤٧,١٤	١٦,١٣	٣٦,٧٣

نلاحظ من خلال الجدول (III.٤) أن هناك تفاوت في النسب، حيث نجد أوراق النخيل قد احتوت على نسبة كبيرة لكل من السليلوز واللجنين والمستخلصات بقيمة ٤٧,١٤ %، ٣٦,٧٣% ، ٣٢,٨٦ %على التوالي، بينما نجد أكبر قيمة للهيميسليلوز في قاعدة سعفة النخيل عند القيمة ٣١,٣٤%.

III. ٤. طرق تشخيص مخلفات النخيل ومستخلصاتها:

III. ٤. ١.التشخيص الفيزيائي لمخلفات النخيل:

تتميز مخلفات النخيل (الكرناف، السعف، الليف أو الغمد، ...الخ) بخصائص فيزيائية وكيميائية عديدة، يمكن تشخيصها بعدة طرق نذكر بعضها:

III. ٤. ١. ١.اللون:

بعد طحن مخلفات النخيل وغربلتها تم مراقبة الاختلاف في لون المسحوق لكل من الأجزاء، حيث أن ألوانها بين البني الداكن إلى الفاتح وكذلك الأصفر.

III. ٤. ١. ٢. قابلية البَلل:

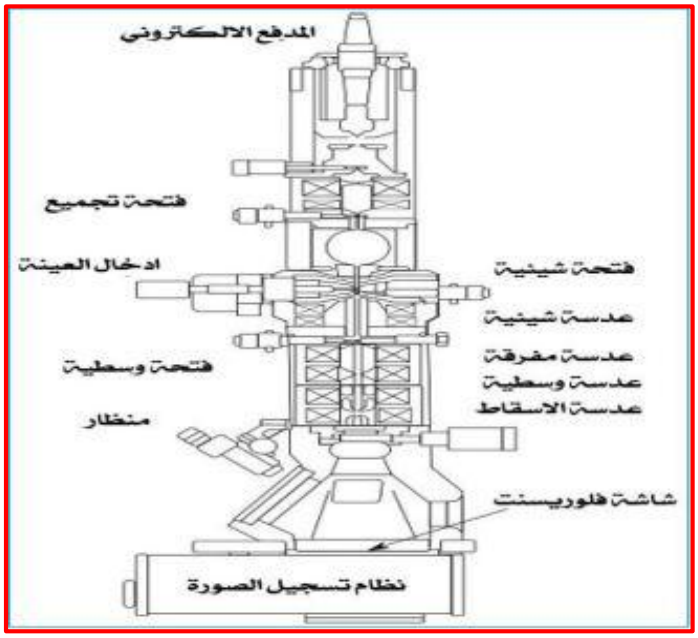
أظهرت بعض دراسات تحديد قابلية البَلل لبعض أجزاء النخلة تفاوت في الزمن و الكمية المُبللة، حيث أن بعضها له قابلية بَلل عالية (في غضون ثواني تتبلل كل العينة في الماء المقطر)، و البعض الآخر منخفضة (في دقائق تتبلل نسبة معينة من الكمية الكلية).

III.٤,١,٣.الخصائص البنيوية:

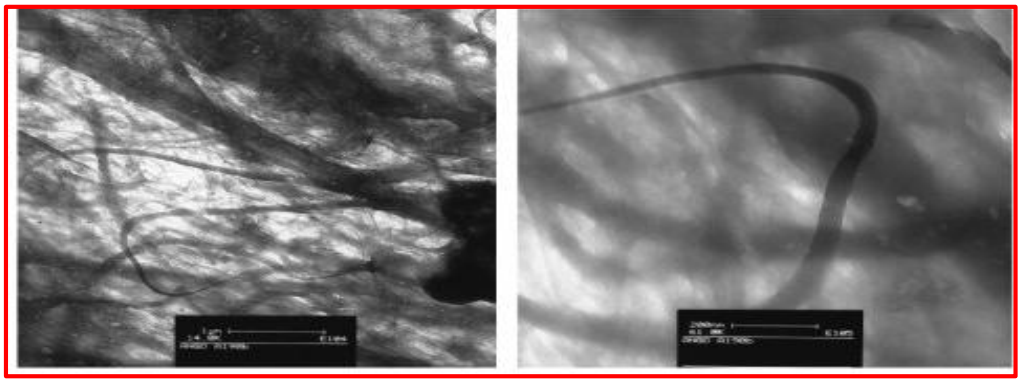
تختلف بنية كل جزء من مخلفات النخيل عن مثيلاتها فالبعض يكون على شكل لفائف والبعض يكون على شكل ثقوب أو مسارات، حيث يمكننا معاينة ذلك من خلال أجهزة مجهرية من بينها جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) وجهاز المجهر الإلكتروني النافذ (TEM).

❖ **المجهر الإلكتروني النافذ TEM:**

يمكننا هذا الجهاز من معرفة الخصائص البنيوية للعينات، حيث يعتمد نفاذ الالكترونات الساقطة من خلال العينة المدروسة، ومن ثم تكوين الصور على شاشة فلورسنت أو على الأفلام الفوتوغرافية بواسطة القسم النافذ من الحزمة الالكترونية [١٥]، أنظر للشكل (III.٤) والصورة (III.٣).



الشكل (III.٤): رسم تخطيطي للمجهر الإلكتروني النافذ TEM.

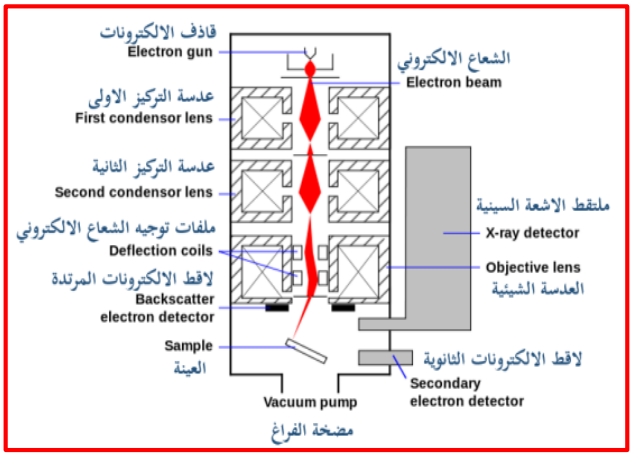


الصورة (III.٣): صور لبنية السليلوز المستخلص من جذور نخيل التمر تحت المجهر الالكتروني النافذ (TEM) [١٦].

❖ **المجهر الإلكتروني الماسح SEM:**

ويستخدم في دراسة السطح الخارجي للعينات بمختلف أنواعها و إظهار التكوينات الدقيقة لتلك السطوح، يتميز المجهر الالكتروني الماسح بقدرته على تصوير السطوح بدرجة عالية، و يمكن رؤية المادة بوضوح حتى مسافة ١٠ نانومتر، والذي يمكننا من رؤية العينة بهذه الدقة هو الطول الموجي الصغير للإلكترونات ذات الطاقة العالية فطوله الموجي أصغر بكثيرمن الطول الموجي للضوء، و انعكاس هذه

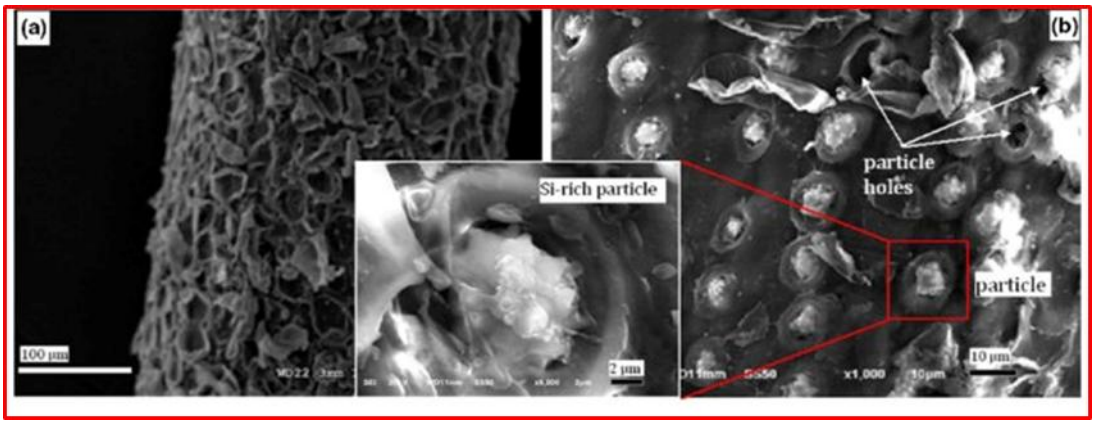
الإلكترونات على مادة حساسة لها يظهر صورة مفصلة لسطح العينة، و تعتمد تقنية عمل المجهر الالكتروني الماسح على استخدام حزمة الكترونية عالية الطاقة تصطدم بسطح العينة عموديا، و من ثم يتم الكشف عن جميع الإشارات المنعكسة الصادرة من العينة باستخدام كواشف مختلفة [١٧]. الشكل (III.٥) يوضح هذا الجهاز.



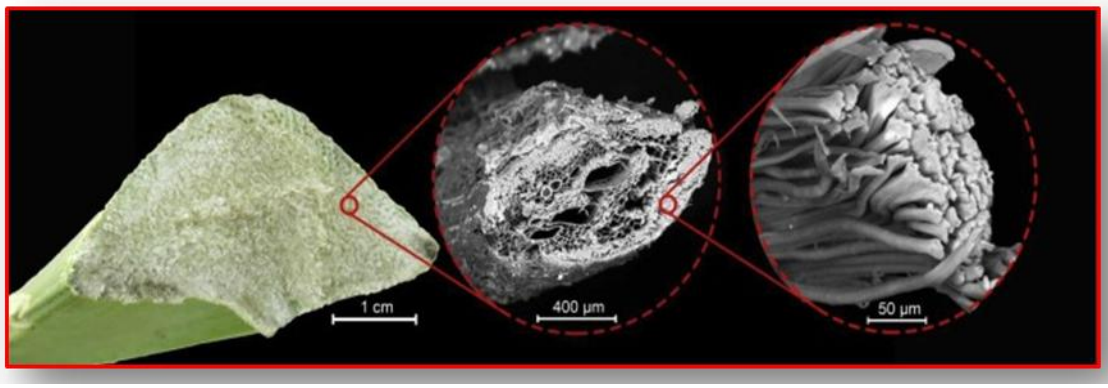
الشكل (III.٥): رسم تخطيطي لجهاز SEM [١٨].

النتائج:

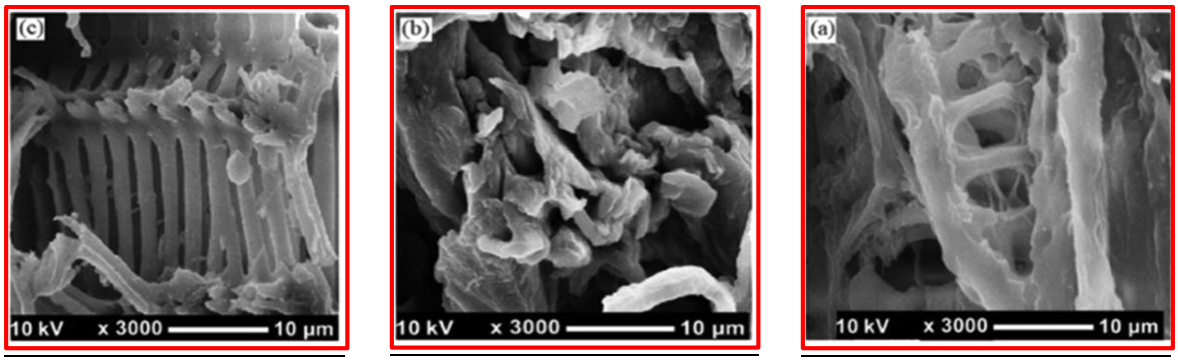
تكون نتائج المجهر الالكتروني الماسح تحديد بنية العينة، ويمكن تمثيل ذلك بالنتائج التالية وهي نتائج عن الدراسات السابقة التي أجريت على أجزاء النخلة قبل المعالجة والاستخلاص وبعدها.



الصورة (III.٤): الشكل المورفولوجي لليف النخيل، والتحببات على سطحه[١٨].



الصورة (III.٥): البنية المقطعية لألياف جريد النخيل[١٩].



الجذع السعف الليف

الصورة (III.٦): صور للسليلوز المستخلص من بعض أجزاء نخلة التمر ملتقطة بالمجهر الالكتروني الماسح (SEM)[١٦].

من الصورة(III.٦) نلاحظ اختلافات بارزة بين مورفولوجيا السليلوز المستخلص من الأجزاء المختلفة لنخيل التمر.

تم الحصول على الصور باستخدام التكبير العالي ٣٠٠٠ مرة، ففي صورة الجذع والليف تبين أن عزل السليلوز أنتج هياكل شبيهة بقضبان الهيكل العظمي ذات أشكال يمكن تحديدها وأقطار متماثلة ، كما يمكننا أن نستنتج أيضا من الصور أن السليلوز المستخلص من الجذع و الليف يمتلكان مسامية عالية بين هيكل القضبان الاسطوانية المتماثلة التي تؤهله لمساحة كبيرة من التفاعلات الكيميائية و المعالجةالفيزيائية،

على عكس صورة السليلوز المستخلص من السعف التي تكشف عن هيكل متجمع بدون أطوال و أقطار محددة غير قابلة للقياس [١٦].

III. ٤. ١. ٤. نسبة الألياف المتبلورة :

تتألف الألياف السليلوزية بصفة عامة من شكلين مختلفتين (بلوري ولا بلوري)، حيث يمكننا معاينة ذلك بجهاز حيود الأشعة السينية X-Ray، وهو الأمثل في دراسة الحالة البلورية[١٤]، حيث من خلاله يتم تحديد شدة القمم I_{002} و I_{amor} وتطبيقها في العلاقة التالية لحساب نسبة الألياف المتبلورة:

$$Cr\% = \frac{I_{002} - I_{amor}}{I_{002}} \times 100$$

III. ٤. ٢.التشخيص الكيميائي لمخلفات النخيل:

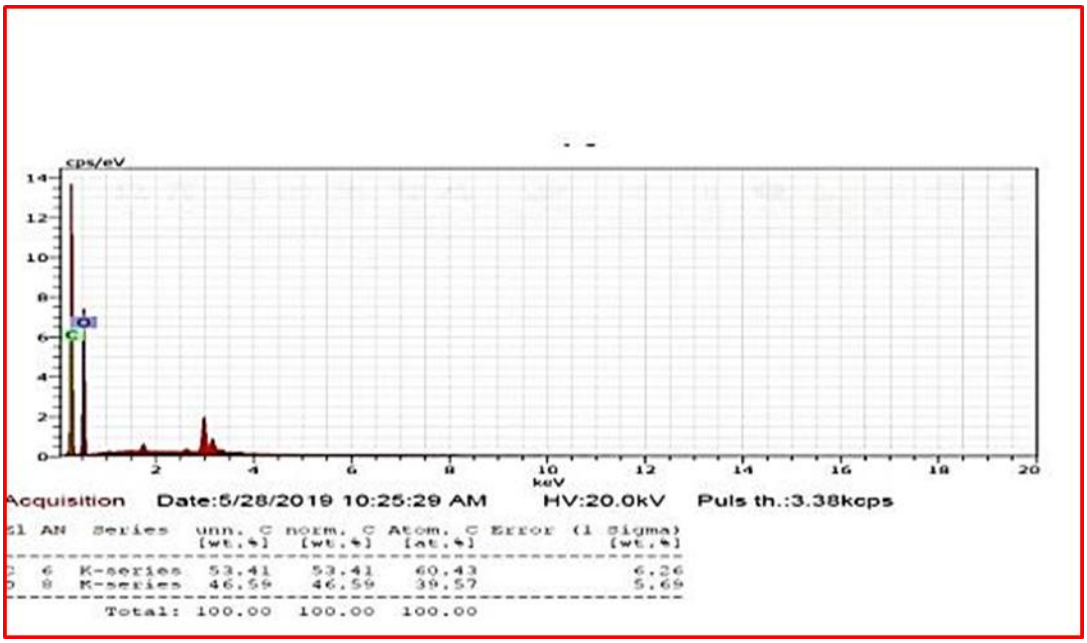
بالنسبة للتشخيص الكيميائي فهو يختص بالكشف عن التركيبة الكيميائية (العناصر الكيميائية) للمواد اللجنوسليلوزية لكل جزء من مخلفات النخيل باستخدام بعض الأجهزة مثل مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX)، مطيافية حيود الأشعة السينية (XRD) ومطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء(IR)، الأشكال التالية توضح نتائج بعض الدراسات لهذه الأجهزة.

- **مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينيةEDX:**

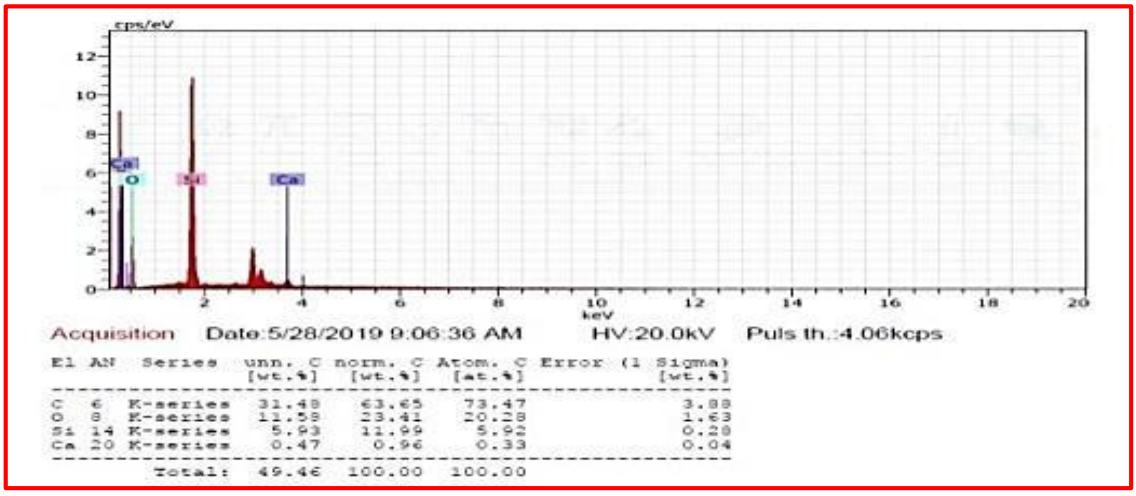
و هي تقنية تحليلية تستخدم لتحليل العناصر أو التوصيف الكيميائي للعينة، تعتمد على تفاعل بعض مصادر الإثارة مع الأشعة السينية والعينة، حيث ترجع قدرات التوصيف الخاصة به إلى حد كبير إلى المبدأ الأساسي القائل بأن كل عنصر له بنية ذرية فريدة تسمح بمجموعة فريدة من القمم على طيف انبعاث الأشعة السينية [٢٠].

النتائج:

تكون نتائج مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (EDX) عبارة عن تحليل كيميائي طيفي لمعرفة العناصر التركيبية، وهي نتائج عن الدراسات السابقة التي أجريت على أجزاء النخلة قبل المعالجة والاستخلاص وبعدها.



الشكل(III. ٦): التحليل الكيميائي الطيفي (EDS) لعينة سعف النخيل الخام قبل المعالجة[٢١].



الشكل (III.٧): التحليل الكيميائي الطيفي (EDS) للسليلوز المستخلص من سعف النخيل بعد المعالجة

نلاحظ من خلال الشكلين وجود العناصر الكيميائية (Ca, SI, **C, O**) قبل المعالجة بينما تختفي كل من (Ca, SI) بعد المعالجة ويبقى كل من (C, O) في العينة وهيالعناصر الكيميائية الداخلة في تركيبة السليلوز.

❖ مطيافية حيود الأشعة السينية XRD:

تعتمد طريقة انعراج (حيود) الأشعة السينية التي تسمح بتحديد بنية المادة وطريقة تبلورها، على ما يدعى بقانون براغ، الذي يمكن من خلاله تبيان موضع الحزم المنعرجة للأشعة السينية بواسطة البلورة بنموذج بسيط، حيث يفترض أن الأشعة السينية تنعكس بانتظام من المستويات، و وجد أن الأشعة المنعرجة توجد فقط في مواضع تتداخل عندها الأشعة المنعكسة عند المستويات المتوازية تداخلا بناءًا [و العلاقة التالية توضح ذلك [٢٢].انظر للشكل(III. ٨) و الصورة (III.٧).

$$2d_{hkl} \sin\theta = n\lambda$$

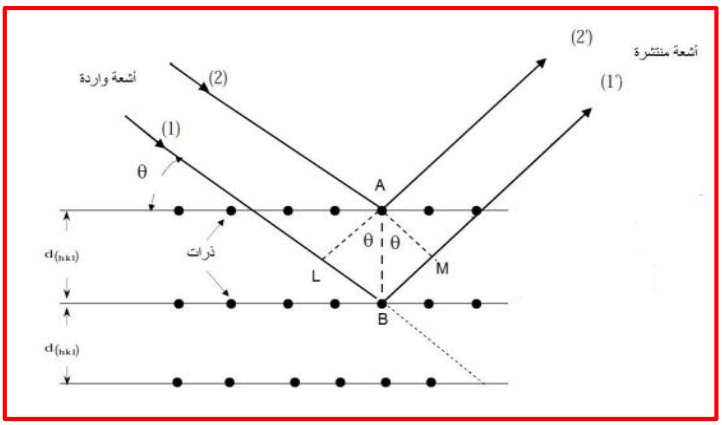
حيث:

n: عدد صحيح يمثل رتبة الانعكاس.

θ: زاوية سقوط الاشعة.

λ: طول الموجة.

d : مسافات شبكية.

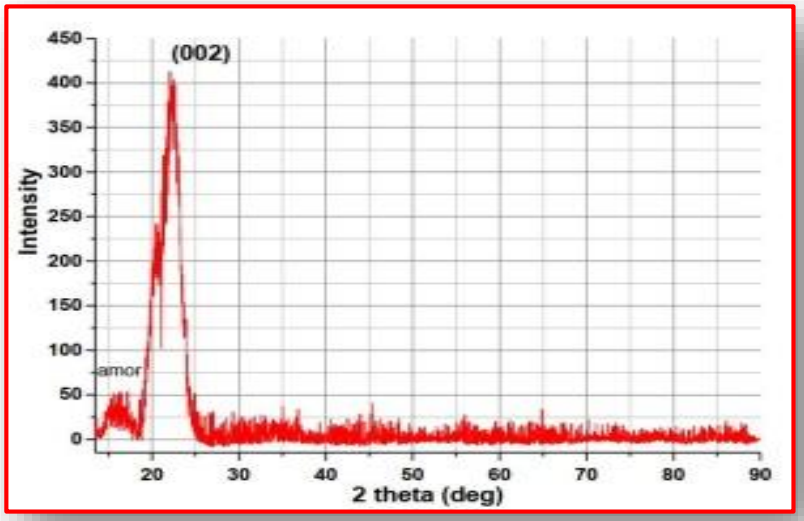


الشكل (III.٨): شكل توضيحي يمثل طريقة استنتاج قانون براغ.

الصورة (III.٧): جهاز XRD.

النتائج:

تعتبر بلورة السليلوز عاملاً هامًا في تحديد خواصها البلورية. في هذه الدراسة ، تم فحص بالأشعة السينية ألياف السليلوز المستخلصة من سعف النخيل العينة .الشكل (III.٩)يوضح ذلك.



الشكل (III.٩): طيف (XRD) للسيليلوز المستخلص من سعف النخيل [٢١].

من خلال الشكل نلاحظ وجود قمم حادة عند $2\theta=22^{o}$ و$2\theta=16^{o}$ تمثل I_{002} و I_{amor} على التوالي، حيث يمكننا حساب نسبة التبلور للسيليلوز من العلاقة التالية:

$$Cr\% = \frac{I_{002} - I_{amor}}{I_{002}} \times 100 \Rightarrow Cr\% = \frac{400 - 50}{400} \times 100 = \%87.5$$

❖ **مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء IR:**

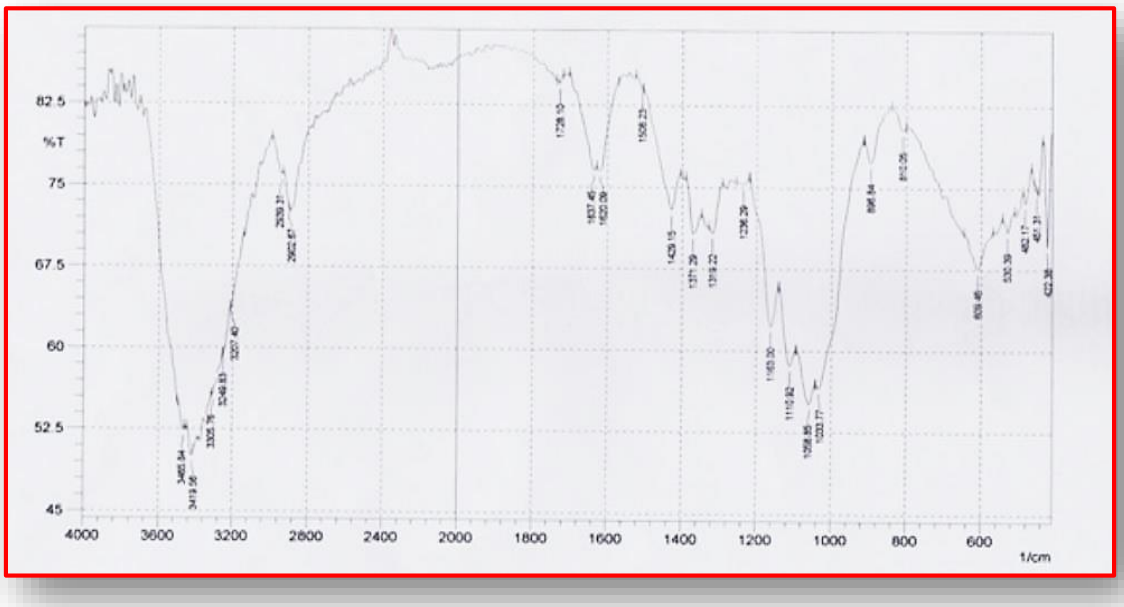
التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء هو تقنية لا تزال تستخدم على نطاق واسع لتوصيف مراحل السيليلوز، ويمكن أيضا أن تستخدم للإبلاغ عن التغيرات داخل الكريستال، وهي تستخدم لتحديد المجاميع الوظيفية التي تُمَّكن من إظهار الهيكل [٢٣]، أنظر للصورة (III.٨).

تحت الظروف العادية للذرات من درجت الحرارة و الضغط تتعرض المجموعات الوظيفية التأسيسية للإشعاع الكهرومغناطيسي تحت تأثير شعاع الإلكترون تحت الحمراء، حيث تمتص الروابط الجزيئية جزء من هذه الطاقة و تهتز وفقا لحركات أنواع مختلفة (اهتزازات ،استطالة أو تشوه).

الصورة (III.٨): جهاز الاشعة تحت الحمراء.

النتائج:

تكون نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء عبارة عن طيف يوضح المجاميع الوظيفية المركبة للسليلوز. الشكل (III.١٠) يوضح ذلك.



الشكل(III.١٠): طيف الأشعة تحت الحمراء للسيليلوز المستخلص [٢٤].

من خلال هذا الشكل يمكننا معرفة المجاميع الوظيفية البارزة للسليلوز. حيث أظهر طيف IR و بشكل واضح الحزمة الخاصة بمجموعة OH والتي تظهر بشكل قمة عريضة عند التردد ٣٤١٩ سم$^{-١}$. و هناك أيضا الحزمة الخاصة بـ C-H بشكل قمة حادة و ضعيفة عند التردد ٢٩٨٠ سم$^{-١}$، أما التي تظهر بين ١٠٠٠–١٥٠٠ سم$^{-١}$ فهي عائدة إلى الرابطة C-H bending والتي ظهرت عند القمة ١٤٦٧ سم$^{-١}$ متوسطة الحدة، و الرابطة C-OH تظهر بشكل قمة قوية وعريضة عند ١٠٧٠ سم$^{-١}$ ، و الرابطة C-O التي تظهر عند التردد ١٠٤٠ سم$^{-١}$.

الخلاصة:

تمت الدراسة في هذا الفصل عن أهم طرق الاستخلاص والتنقية للمواد اللجنوسليلوزية (السليلوز، الهيموسليلوز، اللجنين)، وكذلك التقنيات الفيزيائية والكيميائية لتشخيص مخلفات النخيل ومستخلصاتها، حيث توصلنا إلى أن هناك العديد من التقنيات منها SEM، EDX، TEM، RDX، IR والتي من خلالها تعرفنا على الخصائص المورفولوجية، ونسبة التبلور التي قدرت بـ ٨٧,٥%وكذلك المجاميع الوظيفية للسليلوز المستخلص.

في الفصل الموالي سوف نتطرق لدراسة تطبيقات السليلوز ومشتقاته الممكنة التي ستكون مرافقة للإنسان في الحياة اليومية.

قائمة المراجع:

بالعربية:

[١٤] قواميد مسعود، "المساهمة في دراسة تشخيص وتثمين مخلفات نخيل الغرس"، أطروحة محضرة لنيل شهادة الدكتوراه، جامعة قاصدي مرباح " ورقلة "، كلية الرياضيات و علوم المادة، ٢٠١٥-١١-١٥، ص ٢٢-٢٧.

[١٥] أمل إبراهيم لبّد، "إثراء بعض موضوعات منهاج العلوم بتطبيقات النانوتكنولوجي وأثره على مستوى الثقافة العلمية لطلبة الصف الحادي عشر في غزة"، رسالة لنيل درجة الماجيستر، جامعة الأزهر"غزة "، كلية التربية، ٢٠١٣، ص 40 و ٤١.

[١٧] محمد العيد مشري و إسماعيل شيحي، "دراسة التركيب الذري لرمل كثبان منطقة ورقلة باستخدام مطيافيات XRF ,MEB, EDX, AAN ". حوليات العلوم والتكنولوجيا. جامعة قاصدي مرباح "ورقلة"، العدد ٢، المجلد ٤، نوفمبر ٢٠١٢، ص ٧٢.

[٢١] نور الهدى جابو، العايش ايمان، "استخلاص السليلوز من المخلفات النباتية الجريد ومخلفات شجيرات البطاطا لتحضير خلات السليلوز"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر " الوادي"، كلية العلوم الدقيقة، ٢٠١٩-٠٦-٢٠، ص ٥٧ و60.

[٢٢] بكاكرة كريمة، "دراسة تأثير درجة الحرارة في المركب $Ca_{0.95}\ Sr_{0\ .05}\ F_eO_{2.5}$"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر "الوادي"، كلية العلوم والتكنولوجيا،٢٠١٥، ص ٢٠.

[٢٤] عمار جلال محمد و طارق عبد الجليل منديل،" تحضير وتشخيص نانو سليلوز واستخدامه ككاسر استحلاب لخام نفط الأحدب". مجلة التربية والدراسات العلمية. جامعة الأنبار، العدد ٢، المجلد ١٣، نوفمبر ٢٠١٨، ص ٤٢.

باللاتينية:

[1] Elseify LA, Midani M, Shihata LA, El-Mously H. Review on cellulosic fibers extracted from date palms (Phoenix Dactylifera L.) and their applications. Cellulose. 2019 15;26(4):2209-32.

[2] Mohamed El Hadi BOURAHLI. Caractérisation d'un composite verre / époxy, Thèse de doctorat (2014), UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF 1, L'Institut d'optique et Mécanique de Précision. Chapitre I,p 08.

[3] G. Henriksson., 1997, Identification and retting efficiencies of fungi isolated from dew-retted flax in the united states and europe. Applied Environmental Microbiology, 63(4):3950–3956,

[4] JJ. Mukherjee, 1972, Long vegetable fibres. Textile Progress, 4:8–9,

[5] Rao KMM, Rao KM (2007) Extraction and tensile properties of natural fibers: vakka, date and bamboo. Compos Struct 77:288–295. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2005.07. 023.

[6] Lobna A. Elseify .MohamadMidani . Lamia A. Shihata .Hamed El-Mously. Review on cellulosic fibers extracted from date palms (Phoenix Dactylifera L.) and their applications, Research article, Springer Nature B.V. 2019. https://doi.org/10.1007/s10570-019-02259-٦(٠١٢٣٤٥٦٧٨٩().,-volV)(٠١٢٣٤٥٦٧.

[7] Chakar F.S., Ragauskas A.J., 2004, Review of current and future softwood kraft lignin process chemistry, Industrial Crops and Products, 20, 131-141.

[8] EmmanuelGaliwango, Nour S. Abdel Rahman, Ali H. Al-Marzouqi, Mahdi M. Abu-Omar, Abbas A. Khaleel. Isolation and characterization of cellulose and α-cellulose from date palm biomass waste. Research article, Heliyon 5 (2019) e02937.p 2.

[9] Ming-Guo Ma, NingJia, Jie-Fang Zhu, Shu-Ming Li, FengPeng, Run-CangSun.cIsolation and characterization of hemicelluloses extracted by hydrothermal pretreatment. Research article, Bioresource Technology 114 (2012) 677–683.

[10] Kumar,R.,Hu, F., Hubbell,c.A., Ragauskas, A.J., wyman, C.E., 2013. Comparison of Iaboratory delignification methods, their selectivity, and impacts on physicochemical characteristics of cellulosic biomass.Bioresource Technology 130,372-381.

[11] Methacanon,P. chaikumpollert, O., Thavomiti, P., suchiva, K., 2003. Hemicellulosic polymer from vetiver grass and its physicochemical properties. Carbohydr.Polym. 54(3), 335-٣٤٢.

[12] Adam Scott Klet, (2017). Purification, Fractionation, and Characterization of Lignin from Kraft Black Liquor for Use as a Renewable Biomaterial, Clemson University, Research article, Chapter 1, P 6,17.

[13] Weizhen Zhu and Hans Theliander. EQUILIBRIUM OF LIGNIN PRECIPITATION.Proceedings of the 16th ISWFPC.

[16] Bendahou A, Kaddami H, Dufresne A. Investigation on the effect of cellulosic nanoparticles' morphology on the properties of natural rubber based nanocomposites. European Polymer Journal. 2010 Apr 1;46(4):609-20.

[18] Michael Dunlap & Dr. J. E. Adaskaveg , Introduction to the Scanning Electron Microscope Theory, Practice, & Procedures .1997.

[١٩] Elseify LA, Midani M, Hassanin AH, Hamouda T, Khiari R. Long textile fibres from the midrib of date palm: Physiochemical, morphological, and mechanical properties. Industrial Crops and Products. 2020 Sep 1;151:112466.

[20] SerapYesilkirAlbaidar, ... Aisha Candayan, in Nanobiomaterials Science and Evaluation, ٢٠١٧.

[23] Robin Jon Hawes Clark, R. E. Hester R. J. H. Clark .Spectroscopy for Surface Science. New York : John Wiley & Sons1998.

الفصل الرابع:
التطبيقات الحديثة للسليلوز ومشتقاته

نظرا للتطورات الصناعية و السباق نحو مصادر متجددة لتطبيقها في العديد من المجالات فإن مساحيق السليلوز النانوية جلبت الاهتمام الأكبر فهي مناسبة للعديد من التطبيقات الحساسة. الصورة (١.IV) توضح مظهر السليلوز.

الصورة (١.IV): مسحوق السليلوز.

IV . ١. النانوسليلوز:

يشار إلى جسيمات السليلوز ذات البعد الواحد على الأقل في المقياس النانوي(١–١٠٠ نانومتر) باسم السليلوز النانوي، اعتمادًا على ظروف الإنتاج التي تؤثر على الأبعاد والتكوين والخصائص، يمكن تقسيم النانو سليلوز إلى فئتين رئيسيتين: الفئة الأولى بلورات السليلوز النانوية (CNC) أو شعيرات السليلوز، والفئة الثانية ألياف السليلوز النانوية (CNF) ، والمعروفة أيضًا باسم السليلوز النانوي الليفي (NFC) أو السليلوز الميكروفيبرلات (MFC)،وهو عبارة عن بلاستيك زائف و يظهر خفيف القوام، بعضه يكون على شكل هلامي أو سوائل لزجة في الظروف العادية[١].

IV. ١.1. بلورات السليلوز النانوية:

تم إنتاج CNC لأول مرة باستخدام التحلل المائي الحمضي لألياف السليلوز حيث تتركز هذه الطريقة على استخدام حمض الكبريتيك بشكل شائع، والذي يحلل المناطق الغير المتبلورة في حين تبقى المناطق

البلورية سليمة، فمن خلال هذه المعالجة يتم إنتاج CNC الشبيهة بالقضيب مع مجموعات من الكبريتات على سطحها (في بعض المراجع نجد CNC_s)، ذات قطر ٣-٣٥ نانومتر و طول ٢٠٠-٥٠٠ نانومتر، ويعتمد هذا التشكل بشكل عام على مصدر السليلوز[٢]، انظر للصورة (٢.IV).

(ب) (أ)

الصورة (٢.IV): بلورات النانوسليلوز:(أ) معلق CNC المنتج من الخشب الين~% wt ٠,٩، (ب) مظهر CNC بجهاز TEM .

IV. ١. 2. ألياف السليلوز النانوية:

يتم استخدام تقنية الغزل الكهربائي لإنتاج ألياف نانوية رفيعة للغاية ومستمرة والتي تتمثل في تطبيق مجال كهربائي قوي على المحلول البوليمري[٣]، حيث تعتبر ألياف السليلوز النانوية (CNFs) بمثابة عامل تقوية، لأنها تُظهر تبلورًا عاليًا وصلابة وقوة ميكانيكية كبيرة، واستقرارًا حراريًا عاليًا، ووزنًا منخفضًا وقابلة للتحلل البيولوجي والتوافق الحيوي وعدم السمية[١]. أنظر للصورة (٣.IV).

(ب) (أ)

الصورة (IV.٣): ألياف النانوسليلوز: (أ)هلامCNF المنتج من الخشب اللين~% wt ٠,٧، (ب) مظهرCNFبجهاز TEM.

IV.٢.المشتقات:

للسليلوز الكثير من المشتقات التي لها عدد كبير من التطبيقات التجارية و الصناعية، نذكر بعض هذه المشتقات[٤]:

IV. 1.2. مشتقات إيثر السليلوز:

الأثيرات السليلوزية عبارة عن مركبات ذات وزن جزيئي مرتفع تنتج عن استبدال ذرات الهيدروجين لمجموعات الهيدروكسيل في وحدات أنهيدروجلوكوز من السليلوز مع مجموعات ألكيل أو ألكيل مستبدلة.

يتم تحديد الخصائص الهامة تجارًيا لأثيرات السليلوز بأوزانها الجزيئية وبنيتها الكيميائية وتوزيع المجموعات البديلة ودرجة الإحلال و الاستبدال المولي، حيثتتضمن هذه الخصائص عمومًا قابلية الذوبان، اللزوجة في المحلول، النشاط السطحي،خصائص الغشاء الحراري وثبات ضد التحلل الحيوي، التحلل المائي والأكسدة، ومن أمثلة الأثيرات السليلوزية المستخدمة في الأغلب:السليلوز الميثيل(MC)، السليلوز الإيثيلي(EC)، هيدروكسي إيثيل السليلوز(HEC)، هيدروكسي بروبيل السليلوز(HPC).

٢،٢.IV. مشتقات أستر السليلوز:

أسترات السليلوز عبارة عن بوليمرات غير قابلة للذوبان في الماء، وتستخدم على نطاق واسع في مستحضرات الصيدلانية مثل نظم تسليم الأدوية المغلفة وغالبا ما تستخدم هذه البوليمرات مع الأثيرات السليلوزية في وقت واحد لإعداد أغشية التسليم مسامية صغيرة، و هي مصنفة في مجموعات عضوية وغير عضوية،حيث أن العضوية أكثر أهمية في الصناعات الدوائية و التي تم فيها استخدام أنواع مختلفة من الاسترات مثل اسيتات السليلوز(CA) ، فثالات أسيتات السليلوز(CAP)، اسيتات السليلوز بروبيونات (CAB)، و هيدروكسي بروبيل ميثيل السليلوز الفثالات (HPMCP).

3.IV. التطبيقات و الاستخدامات:

تعد التطبيقات الممكنة للسليلوز ذي البنية النانوية تطبيقات لا حدود لها تقريبًا، فهي بوزن خفيف و أكثر صلابة، حيث يمكن أن يكون السليلوزعلى نطاق النانو عنصرًا موصلًا للطاقة الكهربائيَة، وماصًا للغاية، ومستقر حراريًا، كما يمكن أن يدخل في تشكيل المواد على شكل صفائح أو غيرها من الأشكال بما في ذلك الشرائح أو الأشرطة الشفافة، و إدماجها في العديد من المواد المتنوعة عالية الأداء للاستخدام في التطبيقات الاستهلاكية والصناعية والطبية الحيوية. الشكل (١.IV) يوضح بعض التطبيقات.

الشكل (IV.١): بعض تطبيقات و استخدامات السليلوز.

IV. ٣. ١. الورق والكرتون:

يمكن تطبيق السليلوز في مجال إنتاج الورق والكرتون بسبب الأداء العالي للخلايا النانوية الذي يحسن من قوة روابط الألياف، و التي لها تأثير قوي على تعزيز المواد الورقية[٥]،فالسليلوز يعمل كحاجز مقاوم لاستبقاء و الاحتفاظ بالمواد التي تخترقه حيث نجد استعماله الشائع في كروماتوغرافيا الورق (CP) و الطبقة الرقيقة (CCM).

IV . ٣. ٢. الغذاء:

للسليلوز أهمية كبيرة في الصناعات الغذائية فهو يستخدم أساسا بغرض زيادة كثافة القوام وينتشر استعمالها في إنتاج العصائر، وأيضا كبديل منخفض السعرات الحرارية عن إضافات الكربوهيدرات

المستخدمة اليوم كمكثفات وحاملات النكهات ومثبتات التعليق في مجموعة واسعة من المنتجات الغذائية، كما أنها مفيدة في إنتاج الحشوات، والكسارات، والرقائق، والحلويات.....الخ[٥].

IV . ٣. ٣. صناعة الالكترونيات:

لقد أصبح السليلوز المرشح المحتمل للاستخدام في مجال رئيسي آخر مثل صناعة الالكترونيات، لخصائصه العالية في النقل الكهربائي والمرونة ، فعلى سبيل المثال تمت دراسة أفلام مركب بوليانيلين النانوسليلوز في استخدام أجهزة الاستشعار الورقية ،الإلكترودات المرنة .....الخ، و كذلك تم استخدام النانوسليلوز في أجهزة تخزين الطاقة الورقية ذات السعة العالية للشحن و التفريغ[٦].

IV . ٣. ٤. الصناعات الدوائية:

السليلوز و مشتقاته بوليميرات يمكن استخدامها في صناعة الأدوية، و ذلك لخاصية الالتصاق العالية و المختلفة في قيم الأس الهيدروجيني، و عادة ما يتم استخدام هذه البوليميرات في تغليف أشكال الدواء الصلبة مثل الأقراص، الحبوب و الكبسولات الدقيقة .....الخ، و ذلك بهدف الحماية من الرطوبة، الأكسجين، التدهور الحمضي و الإنزيمي و غيرها من العوامل الأخرى، أو إخفاء الروائح و الذوق، كما يمكن أن تعمل على تثبيط الإنزيمات المحللة للبروتين في المادة اللاصقة التي نجدها في الأدوية الحساسة عن طريق الفم[٧]. كما يمكن استخدام النانوسليلوز كعامل طلاء مركب في مستحضرات التجميل ، على سبيل المثال للشعر أو الرموش أو الحواجب أو الأظافر.

IV . ٤. التطبيقات المحتملة الأخرى:

يمكن استخدام النانوسليلوز:

- كمادة شديدة التشتت للطلاء شديد البياض[٨].

- تقوية المواد الموصلة.
- أغشية مكبرات الصوت.
- مثبطات التآكل[٩].

الخلاصة:

لقد أصبح النانو سليلوز عماد الصناعة العالمية لخاصيته النانوية و تنوعها (CNFs، CNC) التي تم تطبيقها في العديد من الاستخدامات.

قائمة المراجع:

بالعربية:

[٤] برتيمة حكيمة وهركوس خضرة، "تحضيرالبلاستيك الحيوي من السليلوز المستخلص من نخيل التمر"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر " الوادي "، كلية العلوم والتكنولوجيا،٠٥-٠٦-٢٠١٨، ص ١٧.

باللاتينية:

[١] OleksandrNechyporchuk et all; 2016, Production of cellulose nanofibrils: A review of recent advances, journal homepage 93. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.016.

[٢] Rånby, B.G., 1949.Aqueous colloidal solutions of cellulose micelles.Acta Chem. Scand. 3, ٦٤٩–٦٥٠, http://dx.doi.org/١٠,٣٨٩١/acta.chem.scand.٠٣-٠٦٤٩.

[٣] Haider, A., Haider, S., & Kang, I. K. (2018). A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. Arabian Journal of Chemistry, 11(8), 1165-1188.

[٥] Dhani Raj Bogati, CELLULOSE BASED BIOCHEMICALS AND THEIR APPLICATIONS, Bachelor's Thesis, Saimaa University of Applied Sciences,Imatra, 2011, 29p.

[٦] AmitaSharmaa, ManishaThakura, MunnaBhattacharyaa, TamalMandalb, SaswataGoswamia, Commercial application of cellulose nano-composites–A review, Center of Innovative and Applied Bioprocessing, Knowledge City, Sector-81 Mohali, Punjab 140306 India,& Department of Chemical Engineering, National Institute of Technology, Durgapur, West Bengal 713209 India.Biotechnology Reports xxx (2018) e00316.١٣ February ٢٠١٩. 10,11p.

[٧] Theo G. M.Van De Ven, Cellulose – Medical, Pharmaceutical and Electronic Applications,book, McGill University,Canada, Chapter 3, 49_51p.

[٨] Toivonen, Matti S.; Onelli, Olimpia D.; Jacucci, Gianni; Lovikka, Ville; Rojas, OrlandoJ.; Ikkala, Olli; Vignolini, Silvia(13 March 2018). "Anomalous-Diffusion-Assisted Brightness in White Cellulose Nanofibril Membranes". AdvancedMaterials. **30** (16):1704050.

[٩] Garner, A. (2015-2016) U.S. Patent 9,222,174 "Corrosion inhibitor comprising cellulose nanocrystals and cellulose nanocrystals in combination with a corrosion inhibitor" and U.S.

Patent 9,359,678 "Use of charged cellulose nanocrystals for corrosion inhibition and a corrosion inhibiting composition comprising the same".

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

في ختام هذه الدراسة تمكنا من الإجابة على الأسئلة المطروحة، ومعرفة أن مخلفات النبات عامة و النخيل خاصة تملك في جدارها الخلوي مادة لا يمكن الاستغناء عنها والتي تتمثل في السليلوز الغير حر، فمن خلال هذه الدراسة تبين أن السليلوز يكون مرتبط باللجنين و الهيميسليلوز، الذي جعل من كيفية و طريقة فصله إهتمام العديد من الدراسات السابقة، حيث تم الوصول خلال تقنيات التشخيص المستخدمة أن السليلوز يندرج في السلم النانو بحث يتروح قطره ٣-٣٥ نانومتر، و يتميز بالصلابة و الخفة، مما جعله ذو قيمة اقتصادية كبيرة، ومن هذه البنية تم اشتقاق العديد من المركبات مثلا إيثر سيليلوز و أستر سيليلوز التي يمكن تطبيقها في عدة صناعات مختلفة مزامنة لحياتنا العصرية، و نظرا لتكلفته الباهظة في العالم و كثرة المخلفات في بلادنا، نرجو من الدولة الإهتمام بهذا القطاع و ذلك باستغلال هذه المخلفات بشكل يحافظ على جمال البيئة، وتوفير امكانيات جد عالية لاستخلاص السليلوز منها بصورة نقية و مردود مرتفع، و جعلها مصدرا للمدخول الوطني بدل المحروقات التي في طريقها للانعدام.

الملخص

يتمحور هذا العمل حول استخلاص وتشخيص السليلوز من بقايا نخيل التمر و أهم تطبيقاته، حيث تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على تثمين مخلفات النخيل وذلك بإعادة تدويرها واستعمال مكوناتها كمواد متجددة. وقد أستخدمت هذه المخلفات كمصدر لإنتاج السليلوز، كما اشتمل هذا العمل على جوانب نظرية حول طرق استخلاص السليلوز، و تشخيصه بعدة تقنيات، كالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) والمجهر الالكتروني النافذ(TEM) بغية تحديد الخصائص البنيوية (المورفولوجية) لأليافها، وباستعمال تقنية الأشعة السينية (XRD) من أجل تحديد نسبة السليلوز المتبلورة التي وصلت إلى نسبة ٨٧.٥% في الدراسات السابقة، و تقنية التحليل الكيميائي الطيفي (EDS) لمعرفة العناصر الكيميائية، وكذلك مطيافية الأشعة تحت الحمراء(IR) لتحديد المجاميع الوظيفية للسليلوز، و من هذا الأخير يتم استخراج العديد من المركبات (المشتقات)التي تحظى بتطبيقات واسعة في عدة مجالات من بينها: الصناعة الالكترونية، وصناعة الورق والكرتون وغيرها.

الكلمات المفتاحية: السليلوز، المواد اللجنوسليلوزية، الألياف النباتية، مخلفات النخيل، الاستخلاص.

Abstract

This present research revolves around extracting and characterization cellulose from date palm and its most important applications, such as this study aims to shed light on the valuation of palm waste by recycling and using its components as renewable materials. These residues were used as a source for the production of cellulose. This work included theoretical aspects of cellulose extraction methods, followed by extensive characterization of cellulose using several techniques, such as scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) in order to determine the structural (morphological) characteristics of its fibers, and by using X-ray technology (XRD) for Determination of the percentage of crystallized cellulose that reached 87.٥ % in previous studies. The technique of chemical analysis spectroscopy (EDS) to find out the chemical components, as well as the use of infrared spectroscopy (IR) to determine the functional groups of the extracted cellulose. From nano-cellulose, many materials (composites) are extracted that have wide applications in several fields, including: electronic industry, paper and cardboard industry, polymer industry and others.

Key words: Cellulose, Lignocellulose Materials, Plant Fibers, Palm Waste, Extraction.