



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة تكريت – كلية علوم

استخلاص السليلوز من علب العصير التالف

بحث تخرج مقدم

الى جامعة تكريت – كلية العلوم وهو جزء من متطلبات درجة البكالوريوس في كلية
العلوم قسم الكيمياء

من قبل الطالبة

عبدالله عدنان حسن

محمد اثير احمد

بأشراف: د.فؤاد نهاد عبد

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

{فتعالى الله الملك الحق ولا تعجل بالقرآن من قبل أن
يقضى إليك وحيه وقل رب زدني علماً}

(طه: 114)

إهداء

الى وطني
الحبيب الى امي
وابي الى كل من
ساندني وشد على
يدي اهدي جهدي
المتواضع

شكر وتقدير

الحمد لله حمدا كثيرا كما أمر و الصلاة و السلام على سيدنا محمد سيد البشر و على آله وصحبه المصاييح الدرر ما اتصلت عين بنظر ووعت اذن بخبر وبعد.....

فالشكر الله الذي من علينا بسابغ فضله وأجل نعمه، حيث هدانا للعلم وبلغنا مناهله، ومن ثم فإن وافر شكري وكثير امتناني أقدمه إلى من مد لي يده داعماً جهودي المبذولة ومباركاً خطأ هذا العمل.

وأخص بالشكر سعادة الدكتور د. فؤاد نهاد عبد لذي تفضل بالإشراف على هذه الدراسة ومنحني جهداً ووقتاً ، ولم يدخر جهداً في توجيهي ومتابعتي.

محتويات البحث

الصفحة	العنوان	التسلسل
	الاية القرانية	
	الاهداء	
	الشكر والتقدير	
	ملخص البحث	
	المقدمة	
	استخلاص السليلوز من عبوات تيترا باك المهملة	
	المعالجة القلوية	
	التبييض	
	انتاج البلورات السيليولز النانوية	
	ترسيب بالماء البارد والطررد المركزي	
	الترشيح	
	المعالجة بالموجات فوق الصوتية	
	تحليل FTIR	

الخلاصة

Cellulose Extraction from Juice Cartons



Alkaline Treatment

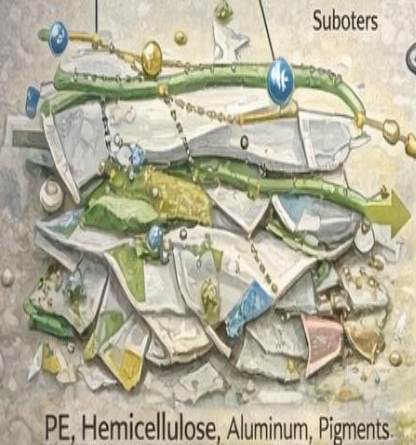
Bleaching Stage

5% NaOH

NaOH

Suboters

5% NaOCl



Lignin Dissolution

Oxidation of Residual Lignin

Removal of Aluminum,
PE & Pigments
90°C → 2 h, twice

Removal of Aluminum
& Pigments
70°C → 2 h, repeated 3 times

5% NaOH → 90°C → 2 h, twice

5% NaOCl → 70°C → 2 h, repeated 3 times

Juice Cartons + NaOH → NaOCl → Purified Cellulose

1.1 المقدمة

اليوم، في الاتحاد الأوروبي، يتم تعبئة ما يقرب من 100 مليون لتر من السوائل والمشروبات مثل الحليب وعصير الفاكهة في عبوات كرتونية، مما يعني 977000 طن من مواد التعبئة والتغليف والنفايات (1). تم بيع أكثر من 179 مليون عبوة Tetra Pak في جميع أنحاء العالم في عام 2014 (2، 3). بعد استهلاك الطعام أو المنتج السائل، ينتهي المطاف بمعظم العبوات كنفائات صلبة منزلية و/أو بلدية. في هذه المرحلة، تبرز معالجة النفايات كمسألة مهمة للعمليات المستدامة. تتميز إعادة تدوير عبوات Tetra Pak بفائدة تقليل الحاجة إلى المواد الخام، وتقليل تلوث الهواء، والمساهمة في توفير الطاقة، وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (2). يتم إعادة تدوير بعض أجزاء هذه العبوات بشكل منهجي. يتم استردادها وفرزها ثم إعادة تدويرها. وفقاً للبيانات المعلنة من قبل شركة Tetra Pak (2021)، ازداد عدد عبوات Tetra Pak المعاد تدويرها من 32 مليار عبوة في عام 2010 إلى 50 مليار عبوة في عام 2020، وهو ما يمثل حوالي 27% من إجمالي عدد العبوات المنتجة (4). ي عملية إعادة تدوير عبوات Tetra Pak، تُعد إعادة تدوير طبقة الورق المقوى من أهم الأجزاء، حيث تحتوي في الغالب على السليلوز والهيميسليلوز واللجنين، نظراً لمحتواها الطبيعي القابل للتحلل الحيوي (5). يُستخدم السليلوز، كمادة خام كيميائية، في الغالب على شكل ألياف أو مشتقات لمجموعة واسعة من المنتجات والمواد مثل البلاستيك والمنسوجات المركبة وعامل هيكلية الطعام والأفلام الفوتوغرافية والرايون (6). وهو موجود في جدران خلايا أنواع مختلفة، تُستخدم السليلوز في النباتات للحفاظ على بنيتها، وكذلك في مجموعة واسعة من الكائنات الحية، مثل البكتيريا والطحالب والفطريات والأسفدييات (7). علاوة على ذلك، فإن السليلوز متجدد وقابل للتحلل الحيوي ومتوافق حيوياً، لذا يُعتبر بديلاً للبوليمرات غير القابلة للتحلل والمصنوعة من الوقود الأحفوري (8). تختلف مصادر السليلوز في محتواها من السليلوز، مثل قشر الموز وقشر الجوز وسيقان الذرة، حيث تحتوي على 13.2% و 25-30% و 38% من السليلوز على التوالي. قد تختلف خصائص مثل التبلور أو التحلل الحراري اعتماداً على محتوى السليلوز في المادة الأولية وطريقة/ظروف المعالجة (9). أدى ازدياد الطلب على المواد عالية الأداء ذات الخصائص الميكانيكية والفيزيائية المصممة خصيصاً إلى البحث عن مواد مختلفة مثل السليلوز النانوي، الذي يُعد مؤخرًا أكثر المواد المتجددة جاذبية للتطبيقات المتقدمة. يمكن تقسيم السليلوز النانوي إلى ثلاثة أنواع: بلورات السليلوز النانوية، وألياف السليلوز النانوية، والسييلوز البكتيري (10). تُنتج بلورات السليلوز النانوية بشكل أساسي من ألياف السليلوز التي تتضمن التحلل المائي الانتقائي لأجزاء السليلوز غير المتبلورة، مما ينتج عنه درجة عالية من التبلور للجسيمات. تُعد بلورات السليلوز النانوية ذات الشكل العصوي مواد متجددة، وقابلة للتحلل الحيوي، ومتوافقة حيوياً، وغير سامة وصديقة للبيئة. يحتوي السليلوز الموجود في مصادر نفائات Tetra Pak دائماً على كميات كبيرة من اللجنين والهيميسليلوز. يجب إزالة هذه المواد للحصول

على ألياف سليلوزية نقية قبل إنتاج بلورات السليلوز النانوية (11). يُعدّ المعالجة القلوية فعّالة في إزالة الشوائب مثل اللجنين والهيميسليلوز والبكتين والشموع من الألياف. إضافةً إلى ذلك، يمكنها كشف مساحة أكبر من السليلوز (12). تُساهم عملية التبييض التالية في إزالة جزيئات الفينول المتبقية مثل اللجنين المقاوم للمعالجات القلوية وجزء من الهيميسليلوز، مما ينتج عنه مادة سليلوز بيضاء مناسبة لإنتاج بلورات نانوية من السليلوز بشكل أكثر فعالية (3). يهدف هذا التبييض إلى تكسير المركبات الفينولية أو الجزيئات التي تحتوي على مجموعات حاملة للون الموجودة في اللجنين، وإزالة المنتجات الثانوية، وبالتالي تبييض المادة. يمكن إجراء التبييض باستخدام عوامل أساسها الكلور مثل NaOCl أو NaClO_2 وعوامل أساسها الأوكسجين مثل H_2O_2 أو الأوزون. يُعد كل من NaOCl و NaClO_2 عوامل مؤكسدة رخيصة تجعل من الممكن إزالة اللجنين بكفاءة. يمكن لـ H_2O_2 ، المستخدم كمادة أولية في معالجات كلوريت الصوديوم، كسر الرابطة المقاومة للقلويات التي تتشكل بين اللجنين والهيميسليلوز بعد المعالجة القلوية، كما يعمل كعامل مؤكسد لإزالة اللجنين من ألياف اللجنين السليلوزية. إذا تم استخدام عوامل قائمة على الأوكسجين، فإن عملية التبييض تستغرق وقتاً أطول (13). في هذه الدراسة، تم بحث ضرورة تنقية ألياف السليلوز المعاد تدويرها من عبوات Tetra Pak المستخدمة كمادة أولية، وتأثير اختلاف ظروف المعالجة على كفاءة التفاعل. وللتحقق من نجاح تثمين عبوات تم فحص الخصائص الفيزيائية والبنوية لبلورات السليلوز النانوية الناتجة عن التحلل المائي، في ظل ظروف معالجة مختلفة مثل تركيز H_2SO_4 ودرجة الحرارة والوقت، باستخدام بعض تقنيات التوصيف، وتم تحسين الإنتاجية.

2- الجانب العملي

2-1- استخلاص السليلوز من عبوات تيترا باك المهملة

لتسهيل فصل طبقة الورق عن الطبقتين الأخرين، قُطعت عبوات Tetra Pak إلى قطع بحجم 10×5 سم ثم وُضعت في وعاء مملوء بالماء في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة واحدة. بعد ساعة واحدة في الماء، تم تقشير طبقة الورق المقوى.

2-2- المعالجة القلوية

تمت معالجة السليلوز الخام المستخلص بمحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم بنسبة 2% وزناً عند درجة حموضة 12 ونسبة صلب إلى سائل 1:100. الغرض من المعالجة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بنسبة 2% وزناً هو إزالة الشوائب المختلفة مثل الشموع والبكتين والبروتينات والأملاح المعدنية الذائبة ورماد السيليكا وما إلى ذلك، الموجودة في المادة الخام. ثم تم وضع الخليط على محرك مغناطيسي (wisestir SMHS-6) عند متعدد الألواح من نوع

لم يتم فصله تمامًا عن البولي إيثيلين وتم تصنيفه على أنه سليلوز معاد تدويره خام. لزيادة مساحة السطح، تم تقطيع السليلوز المعاد تدويره الخام إلى قطع بحجم 1×1 سم تقريباً في نهاية هذه الخطوة،

أصبح ورق الكرتون المعاد تدويره الخام جاهزاً للمعالجة قلوية 90 درجة مئوية عند 1000 دورة في الدقيقة لمدة ساعتين . تم ترشيح ألياف السليلوز الناتجة وغسلها بالماء المقطر حتى الوصول إلى درجة حموضة متعادلة لتجنب أي تفاعلات في الخطوات التالية. تم تجفيف ألياف السليلوز المرشحة عند 50 درجة مئوية لمدة 24 ساعة في فرن مغلق ذي تهوية دائرية باستخدام هواء الغرفة العادي خضعت ألياف السليلوز المجففة لمعالجة قلوية ثانية باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بتركيز 5% وزنيًا ودرجة حموضة 13.5 ونسبة صلب إلى سائل 1:100. كان الهدف من المعالجة القلوية اللاحقة باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بتركيز 5% وزنيًا هو تقليل محتوى اللجنين في الألياف المعاد تدويرها دون التسبب في انتفاخها ثم تم تقليب الخليط مرة أخرى عند 90 درجة مئوية بسرعة 1000 دورة في الدقيقة لمدة ساعتين، ثم تم تجفيف ألياف السليلوز المرشحة والمغسولة عند 40 درجة مئوية لمدة 24 ساعة كما هو موضح أعلاه. في نهاية عملية استخلاص السليلوز، تُسمى ألياف السليلوز التي تم الحصول عليها بالسليولوز المعالج قلويًا.

2-3- التبييض

تم تبييض السليولوز المعالج قلويًا مرتين بمحلول مائي من هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 5% وزنيًا. عولجت الكتلة الحيوية للسليولوز بمحلول مائي من هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 5% وزنيًا بنسبة صلب إلى سائل 1:100 (15). وُضع الخليط على محرك مغناطيسي عند درجة حرارة 75 درجة مئوية وسرعة 1000 دورة في الدقيقة لمدة ساعتين. بالنسبة للتبييض الثاني، تم تكرار نفس لإجراء. على غرار المعالجة القلوية، تم تجفيف السليولوز المبيض المرشح والمغسول عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة 24 ساعة.

2-4- إنتاج بلورات السليولوز النانوية

تم تحلل السليولوز المبيض باستخدام حمض الكبريتيك، حيث تم الحصول على هلام السليولوز النانوي. يتم إنتاج بلورات السليولوز النانوية من هلام السليولوز النانوي عبر خطوات الترسيب بالماء البارد، والطرْد المركزي، والترشيح، والمعالجة بالموجات فوق الصوتية، والتجفيف.

2-5- الترسيب بالماء البارد والطرْد المركزي

في نهاية عملية التحلل المائي، ولإنهاء تفاعل التحلل المائي، يجب تبريد السليلوز المتحلل مائياً بـ 100 مل من الماء المقطر البارد عند 4 درجات مئوية. وإزالة أي شوائب غروانية من السليلوز المتحلل مائياً، تم إجراء عملية طرد مركزي مرتين عند 5000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة

2-6- الترشيح

لإزالة الأحماض والأملاح المتبقية من السليلوز المتحلل مائياً، تم إجراء عملية ترشيح. تم ترشيح السليلوز الذي تم طرده مركزياً وغسله بالماء المقطر حتى الوصول إلى درجة حموضة متعادلة بعد 7 أيام. تمت إضافة 100 مل من الماء المقطر إلى السليلوز المرشح والمجفف

2-7- المعالجة بالموجات فوق الصوتية

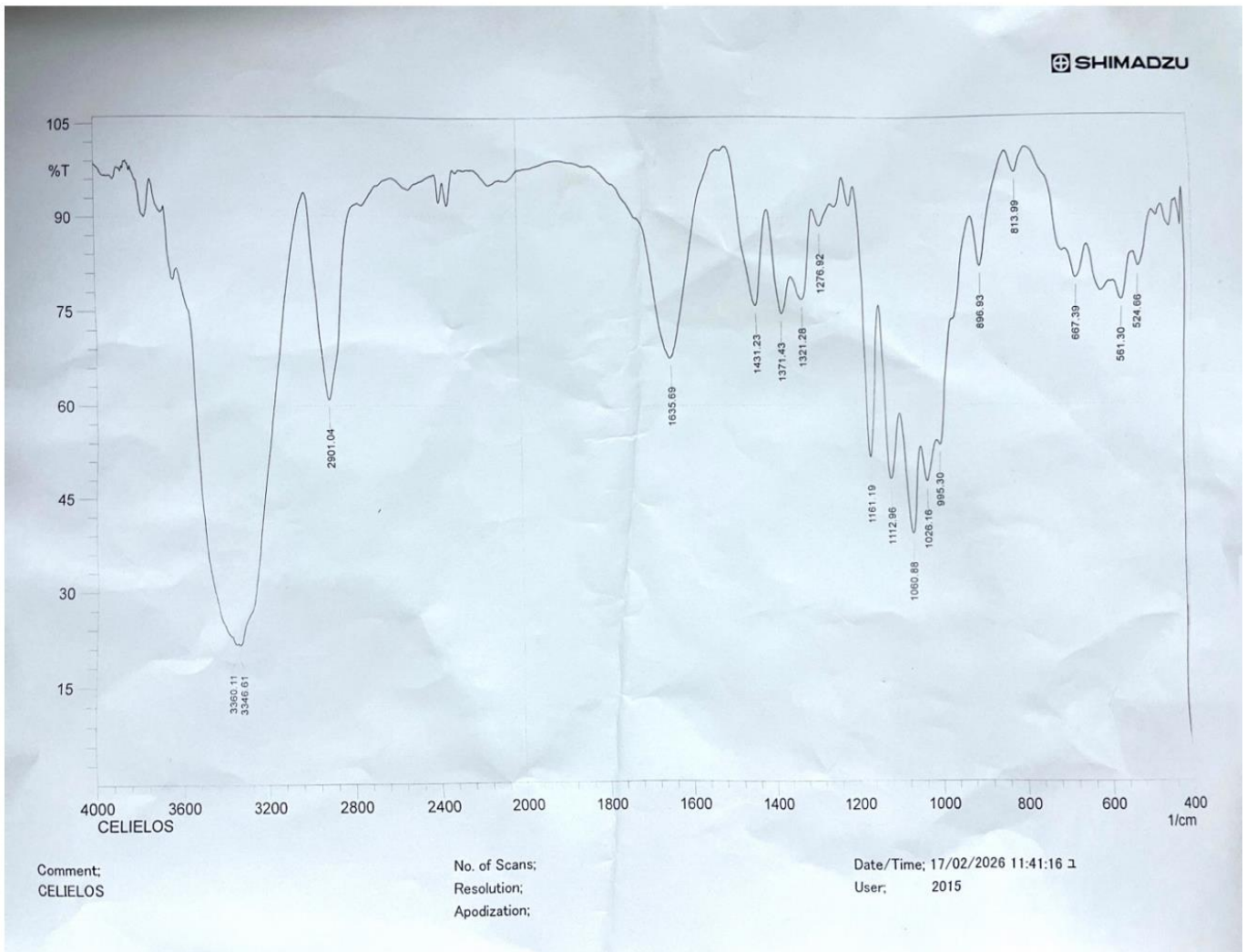
تم استخدام جهاز تجنيس بالموجات فوق الصوتية مزود بمسبار 3 مم بقدره 70 واط وسعة 30% لمدة 10 دقائق في حمام جليدي لتجنب التكتل. تم تخزين معلق بلورات السليلوز النانوية الناتج عن هذه العملية عند 4 درجات مئوية لمزيد من التحليل بعد المعالجة بالموجات فوق الصوتية، تم تجفيف العينات في فرن مغلق.

3- النتائج والمناقشة

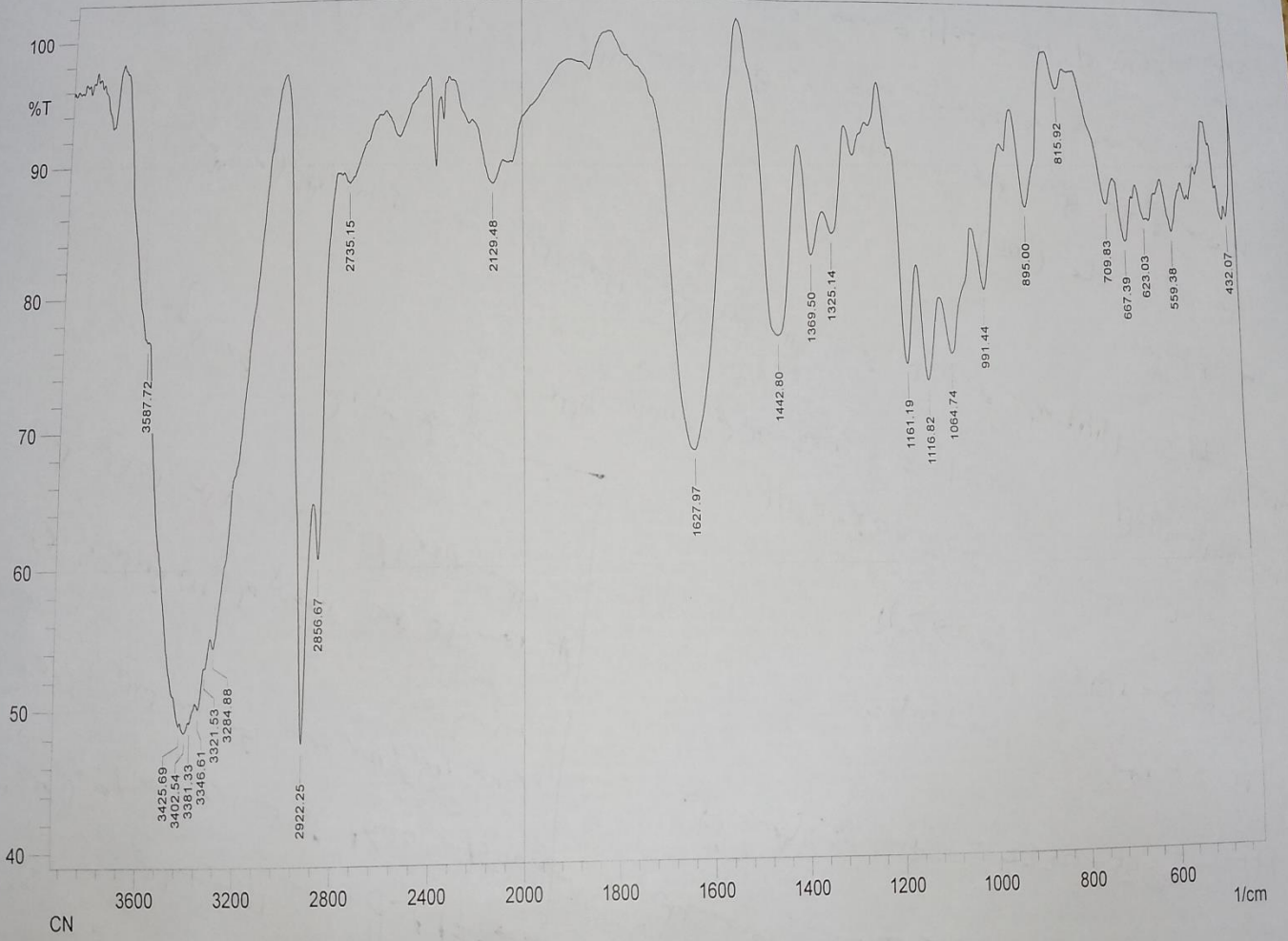
3-1- طيف لاشعة تحت الحمراء للسليلوز المحضر:

بعد فصل طبقات الورق والبولي إيثيلين بشكل مناسب عن عبوة Tetra Pak، تم تحليل المجموعات الوظيفية للسليلوز المعالج بالقلويات والمبيض باستخدام مطيافية FTIR، يمكن ملاحظة أن كلاً من السليلوز المعالج بالقلويات والمبيض أظهر قمماً عند 3345 و 2921 سم⁻¹ والتي تُعزى إلى تمدد O-H العطري والأليفاتي روابط الهيدروجين داخل الجزيء للسليلوز وإلى اهتزازات تمدد C-H لمجموعة الميثيل على التوالي (24). في السليلوز المعالج بالقلويات، لوحظت قمتان عند 1516 و 1590 سم⁻¹، بينما لم تُلاحظ في السليلوز المُبييض، وذلك لأن هاتين القمتين مرتبطتان بانحناء رابطة O-H في الماء واهتزاز تمدد رابطة C=C في الحلقة العطرية في اللجنين المتبقي، وهو ما يظهر بوضوح في طيف FTIR المُكَبَّر. أما القمتان اللتان لوحظتا عند الأعداد الموجية 1436 و 1321 سم⁻¹، فكانتا مرتبطتين على التوالي باهتزاز انحناء رابطة CH₂ في السليلوز واهتزاز تأرجحها. تُعزى هاتان القمتان إلى السليلوز، ولذلك وُجدتا في كلٍّ من السليلوز المعالج بالقلويات والمُبييض. مع ذلك، لم تُلاحظ القمة عند 1280 سم⁻¹ في السليلوز المُبييض، لأن هذه القمة مرتبطة بتمدد رابطة C-O-H عند ذرة الكربون C₆، والذي يُعزى إلى محتوى اللجنين والزيلان (26، 27). ظهرت القمم عند الأرقام الموجية 1197 و 1035

و903 سم³، وهي مرتبطة على التوالي بتمدد C-O-C المتماثل وتشوه مستوى OH، واهتزاز تمدد حلقة البيرانوز C-O-C، والروابط الجليكوسيدية B للسليولوز. عند مقارنة السليولوز المعالج بالقلويات والمبيض، تؤكد هذه الملاحظة أن المعالجة القلوية وعملية التبييض قد نجحتا في تقليل معظم الشوائب، وخاصة محتواه من اللجنين أطياف FTIR لـ CNCS المنتجة عند درجات حرارة وأوقات مختلفة مقارنةً بالسليولوز الميكروكريستالي التجاري. وفقاً للشكل 14، عند 3345 و2921 و1516 و1590 و1436 و1321 و1197 و1035 و903 سم²، ظهرت نفس القمم لجميع العينات. لوحظت جميع القمم المميزة للسليولوز بشكل مماثل لـ CNCS التي تم الحصول عليها في تسع حالات. بمقارنة الشكلين 12 و14، يُلاحظ أن CNCS لها نفس القمم مثل السليولوز المبيض. على عكس السليولوز المعالج بالقلويات لم تُلاحظ القمم عند الأرقام الموجية 1590 و1516 و1280 سم². لذلك، مع عملية التحلل المائي الحمضي، لا يحدث أي نوع من التغيير في بنية السليولوز المبيض (14).



الشكل (1) السليولوز النقي بعد التبييض النهائي

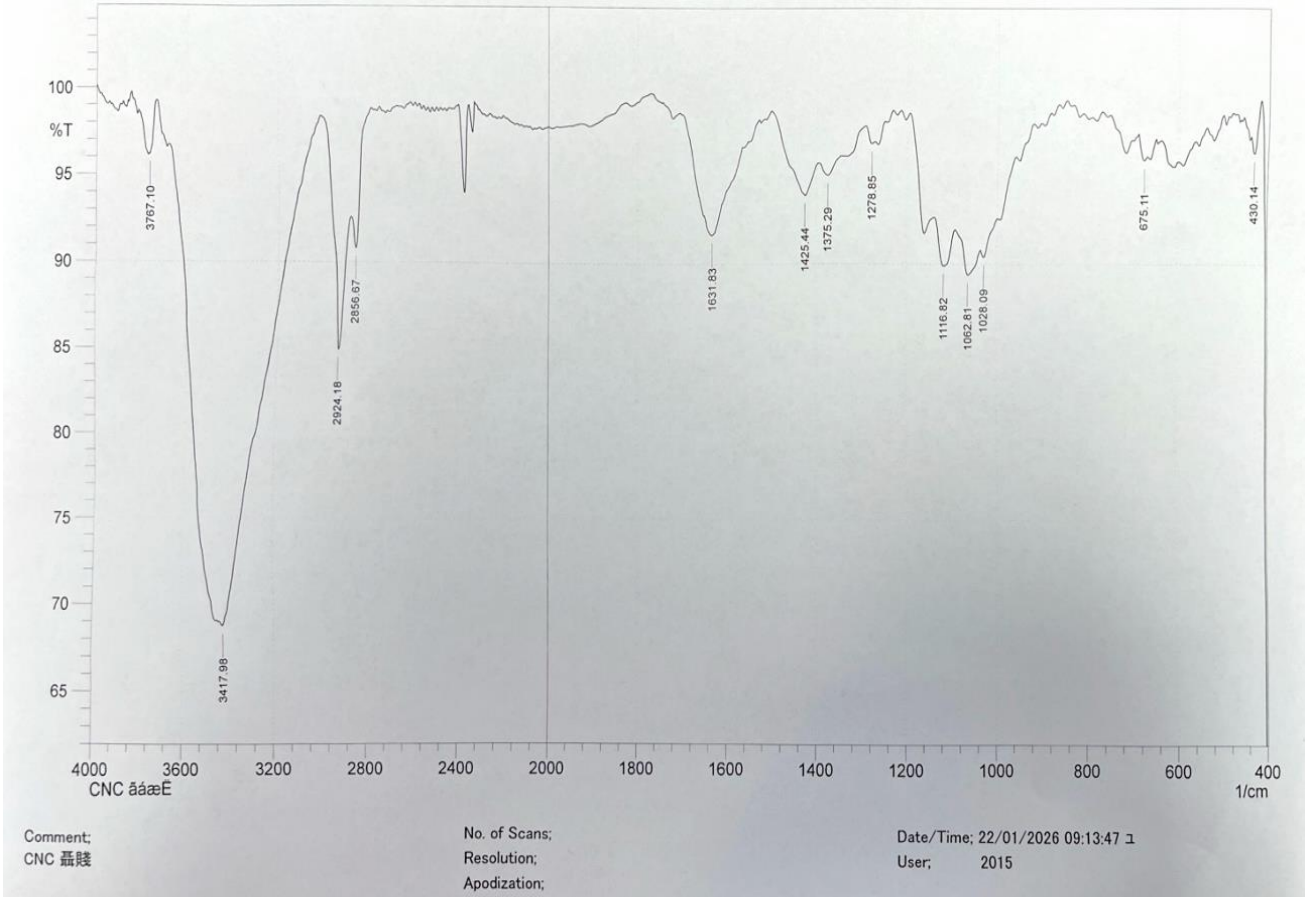


Comment;
CN

No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Date/Time; 23/12/2025 11:35:33 1
User; 2015

الشكل (2) السليلوز الخام قبل التنقية



الشكل (3) السليلوز بعد المعالجة القلوية

المصادر

- 1-Szabó AM, Koltai L, Fodor L. Comparative analysis of aluminum and aluminum-free recycled multilayered beverage carton packaging. Graph Eng Des.
- 2-Anonymous. Tetra Pak. Sustainability Report 2021 [Internet]. Tetra Pak; 2021. Available from: <https://www.tetrapak.com/content/dam/tetrapak/publicweb/gb/en/sustainability/>
TetraPak Sustainability Report 2021.
- 3-Eyley S, Thielemans W. Surface modification of cellulose nanocrystals. Nanoscale. 2014;6(14):7764-79. <DOI>.
- 4-Habibi Y, Lucia LA, Rojas OJ. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. Chem Rev. 2010 Jun 9;110(6):3479-500.
- 5-George J, S N S. Cellulose nanocrystals: synthesis, functional properties, and applications. NSA. 2015 Nov;45.
- 6-Anwar Z, Gulfraz M, Irshad M. Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: A brief review. Journal of Radiation Research .
- 7-Abitbol T, Rivkin A, Cao Y, Nevo Y, Abraham E, Ben-Shalom T, et al. Nanocellulose, a tiny fiber with huge applications. Current Opinion in Biotechnology. 2016 Jun;39:76-88.
- 8-Yang J. Manufacturing of Nanocrystalline Cellulose [Internet] [Master of Science Thesis]. [Finland]: Aalto University School of Chemical Engineering; 2017.
- 9-Faruk O, Bledzki AK, Fink H-P, Sain M. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. Progress in Polymer Science. 2012 Nov;37(11):1552-96.
- 10-Rosa MF, Medeiros ES, Malmonge JA, Gregorski KS, Wood DF, Mattoso LHC, et al. Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. Carbohydrate Polymers. 2010 May; 81(1):83-92.
- 11-Rosa MF, Medeiros ES, Malmonge JA, Gregorski KS, Wood DF, Mattoso LHC, et al. Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and

morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*. 2010 May; 81(1):83-92.

12-Rodsamran P, Sothornvit R. Renewable cellulose source: isolation and characterisation of cellulose from rice stubble residues. *Int J Food Sci Technol*. 2015 Sep;50(9):1953-9.DOI.

13-Şahin GG, Karaboyacı M. Process and machinery design for the recycling of tetra pak components. *Journal of Cleaner Production*. 2021 Nov; 323:129186.

14-Naduparambath S, T.V. J, V. S, M.P. S, Balan AK, E. P. Isolation and characterisation of cellulose nanocrystals from sago seed shells. *Carbohydrate Polymers*. 2018.