

تحضير نترات السليلوز المستخدمة للأغراض المدنية من بدائل محلية متوفرة

حميد علي حسين

قسم الكيمياء – كلية العلوم- جامعة الكوفة

Abstract

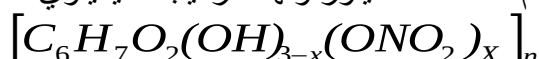
Cellulose nitrate for civil purposes has been prepared by using rachis (frond midrib) as local substitutes ,through : water prehydrolysis at (106)C° for 60 min. followed by washing with pure ethanol at (30) C° and rinsing by warm diluted NaOH (1%) at (25)C° treatment with (18%) NaOH at (25)C° for (15) min. Resulting sample has been nitrated with ternary nitrating agent consists of (conc.H₂SO₄ conc. HNO₃ and H₂O) the produced material stabilized by acidic and alkali water treatment at 100 C° for 3hr and 1 hr respectively. Prepared material characterized by FT–IR technique melting point, burning of material and solubility in different solvents.

الخلاصة

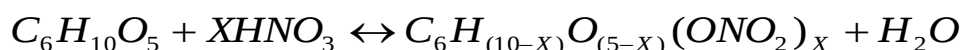
تم في هذا البحث تحضير نموذج من نترات السليلوز المستخدمة للأغراض المدنية وذلك باستخدام "جريد النخيل" كمادة أولية متوفرة، من خلال: عملية تحلل مائي أولي بدرجة (١٠٦) م° لمدة (٦٠) دقيقة ثم غسل بمادة الايثانول النقي بدرجة (٣٠) م° وباستخدام NaOH (١%) وبدرجة (٦٠) م° ثم معاملة المادة بمحلول (NaOH) (١٨%) وبدرجة (٢٥) م° ولمدة ١٥ دقيقة وأجريت عملية النترنة على المادة المعاملة باستخدام وسيط نترنة ثلاثي مكون من (حامض الكبريتيك المركز والنترك المركز والماء).
تم تثبيت المادة الناتجة كيميائياً بأجراء معاملة مائية بوسط حامضي ضعيف pH(٥,٥) لمدة (٣) ساعة و (١٠٠) م° ثم بوسط مائي قاعدي لمدة (١) ساعة وبدرجة (١٠٠) م° شُخصت المادة المحضرة باستخدام تقنية FT – IR وكذلك فحوصات درجة الانصهار والاذابة بمذيبات مختلفة وحرق المادة.

المقدمة

تمثل نترات السليلوز احد أهم مشتقات السليلوز ولها التركيب الكيميائي التالي



حيث ان n تمثل درجة البلمرة اما (x) فيتراوح عددها من (١ ← ٣) ونترات السليلوز مادة بوليميرية بيضاء اللون صلبة استرطابية hygroscopic ليفية المظهر وسريعة الاشتعال ذات استخدامات متعددة في المجالين المدني والعسكري ففي الجانب المدني تستخدم لانتاج الاصباغ المختلفة (اصباغ السيارات والاثاث) والعوازل الكهربائية وكذلك لانتاج حبر الطباعة وبعض المواد الصيدلانية وفي الجانب العسكري تدخل في صناعة قطن البارود (Gun cotton) المستخدم في المتفجرات^(١). يتم الحصول على المادة من عملية نترنة (الفأ – سليلوز) بواسطة العامل المنترن (Nitrating Agent) والذي يمكن ان يكون عدد من المركبات الا ان المستخدم منها صناعياً هو مزيج ثلاثي من حامض النترك المركز والكبريتيك المركز والماء^(٢) ويسمى هذا المزيج (Mixed acid) وتعتمد نسبة حامض الكبريتيك في هذا المزيج على المركب المراد اجراء النترنة له وعلى المحتوى النتروجيني المطلوب والمستخدم في الغالب هو حامض الكبريتيك الداخن^(٣).
ان ارتباط وحدات الكلوكوز المكونة للسليلوز يكون من النوع (١،٤) β وبشكل سلاسل طويله جدا لاتميل الى التلوي بهيئة حلزونية^(٤) يمكن تمثيل عملية استرة السليلوز (لوحة الكلوكوز) بالمعادلة التالية:



أما المزيج الحامضي فأن مكوناته تتفاعل وفق المعادلة التالية:



حيث يعتبر هذا المزيج هو العامل المثالي لانتاج (نترات السليلوز) سواء على المستوى الصناعي او المختبري ويتضح ان حامض الكبريتيك في هذا المزيج لايسلك سلوك عامل صاحب للماء فقط وانما له دور اخر غاية في الاهمية يتمثل في تحفيز حامض النتريك على تكوين الكاتيون المسمى (نتراسيديوم) $H_2ONO_2^+$ وهذا الكاتيون بعد فقدانه للماء يكون ايون النترونيوم $(NO_2^+)^{(٥)}$.

ان الخواص المختلفة للنتروسليلوز (نترات السليلوز) تعتمد على درجة النترنة، والنترنة الكلية تعطي محتوى نتروجيني مقداره (١٤,١%) والانواع المستخدمة عسكريا والتي تسمى قطن البارود تحتوي من (١٢,١) الى (١٣,٨%) نتروجين ^(٦). لقد اصبح واضحا ان تسمية (نتروسليلوز) تسمية خاطئة وان كانت تاريخية وشائعة اذ ان المركب المذكور لم يكن ارتباط المجموعة NO_2^+ فيه ارتباطا مباشرا مع ذرة الكربون وانما عن طريق جسر اوكسجيني ولذا فان التسمية العلمية الصحيحة هي (استر السليلوز) ^(٧).

وعند الاطلاع على الادبيات المختلفة والخاصة بانتاج نترات السليلوز المدنية لم نجد ما يشير الى استخدام جريد النخيل (frond midrib) كمصدر للسليلوز لانتاج المادة المذكورة ففي وطننا العربي يتم استخدام زغب القطن (Linter cotton) اما في الدول الاوربية فيضاف احيانا لب الخشب (Wood Pulp) مع زغب القطن. لقد درست مكونات جريد النخيل دراسة معمقة من ناحية المكونات الكيميائية من قبل (Bakhaev) ^(٧) وبين ان جريد النخيل للنوع (الزهدي) يحتوي نسبة من السليلوز الكلي (Holocellulose) تبلغ (٥٥,٦%) في حين تبلغ نسبة الالفا - سليلوز (السليلوز الحقيقي) (٣٣,٥%) وهذه تعتبر نسبة مشجعة وهي اعلى مما موجود في ساق العنق والكرب كما بين (Ezzat) ^(٨) انه من السهل من الناحية التقنية تحضير اللب (Pulp) بأستخدام اوراق النخيل كمادة اولية واستخدامه في صناعات مختلفة بشكل عام فأن الادبيات المتعلقة بالمكونات الكيميائية لاجزاء النخلة تمهيدا لاستخدامها كمواد اولية صناعية، هذه الأدبيات قليلة ولا تتناسب مع أهمية هذه الشجرة المباركة.

الجزء العملي

الأجهزة والمعدات المستخدمة

- مطياف فوريير للأشعة تحت الحمراء ، نوع FTIR Spectrophotometer 8400S , Shimadzu , Japan
- جهاز قياس درجة الانصهار ، نوع Melting Point apparatus IA 9300 , Electothermal , UK .
- مجفف كهربائي نوع Oven U40 , memmert , Germany

ميزان حساس نوع

Sartorius BL 210 S ,

Germany

تهيئة المادة الأولية

المادة الأولية التي تم استخدامها هي جريد النخيل من النوع ((الزهدي)) تم الحصول عليها من إحدى البساتين في النجف الاشرف ، حيث أخذت بهيئتها الجافة و قطعت إلى أجزاء صغيرة أبعادها بحدود (5×5× 10) ملم بحيث أصبحت مهيأة للمعالجات اللاحقة .

عملية المعاملة المائية الأولية Prehydrolysis

تم وضع (٥) غم من المادة الأولية في دورق دائري سعة (٥٠٠) مل وأضيف لها (١٠٠) مل ماء مقطر وسخن المزيج باستخدام مرجع البخار (Reflux) لمدة (٤٠) دقيقة ودرجة حرارة (١٠٦) م بعدها

فصلت المادة الصلبة بالترشيح وغسلت بالماء لمرات عديدة للتخلص من المواد الذائبة وتم بعد ذلك تجفيف المادة بمجفف كهربائي عند (٧٠) م° لمدة ساعة ونصف^(٩).

أن إجراء عملية التحلل المائي الأولي قبل إجراء المعاملة القاعدية ذو فوائد كبيرة تتمثل في تقليل المحتوى من مادة الهميسليلوز ((hemicellulose)) وذلك بتحطيم هذه المادة وجعلها ذائبة في الوسط القاعدي^(٩) ، كما إن المعاملة المذكورة تزيد في إمكانية نزع اللغنين خلال المعالجة القاعدية اللاحقة وتقلل كذلك من محتوى الرماد (Ash Content)^(١٠) . ويتم تجنب درجة الحرارة المرتفعة لأنها ممكن أن تؤدي الى مهاجمة السليلوز ، مما يتسبب في تناقص حصيله التفاعل وإنتاج ألياف سليولوزية ضعيفة^(١١) .

غسل المادة ومعالجتها بالمحلول القاعدي

تم غسل المادة الناتجة من المرحلة السابقة بمذيب عضوي هو (الايثانول النقي) مرتان وبكمية مقدارها (١٠ مل) في كل مرة و بدرجة (٣٠) م° للتخلص من المواد الشمعية . ثم غسلت المادة بعد ذلك بمحلول ساخن من NaOH (١%) مرتان وبكمية مقدارها (٢٠ مل) في كل مرة وبدرجة (٦٠) م° وذلك لإزالة المواد البكتينية^(١) . أن النوع المطلوب لإنتاج المشتقات السليولوزية ومنها نترات السليلوز هو النوع المسمى (ألفا - سليولوز)^(١١) ، والذي تبلغ نسبته في جريد النخيل (٣٣,٥%)^(٧) ، ولأجل الحصول على هذا النوع تمت معالجة المادة باستخدام NaOH (١٨%) بدرجة (٢٥) م° وزمن مقداره (١٥) دقيقة ففي هذه الحالة يذوب النوعان الآخران من السليلوز وهما (γ,β) - سليولوز ويتم التخلص منهما بعملية الغسل ويمتاز النوع (ألفا - سليولوز) بالثبات الكيميائي ودرجة بلورة أعلى كذلك من النوعين الآخرين^(١) .

بعد المعالجة السابقة تم تجفيف المادة بدرجة (٧٠) م° ولمدة ساعة ونصف^(٩) ، وقد أصبح وزن المادة بعد التجفيف (٤ غم) وبذلك كانت المادة جاهزة للعملية اللاحقة وهي (النترنة) .

عملية النترنة

لهذه العملية أهمية خاصة ، إذ أن درجة النترنة (مقدار المحتوى النتروجيني) الذي يتم الحصول عليه هو الذي يحدد وجهة استخدام نترات السليلوز^(١) ، وبالتالي لابد من السيطرة التامة على مكونات عامل النترنة (Nitrating Agent) وظروف عملية النترنة للحصول على المحتوى النتروجيني المطلوب . ولأجل ذلك تم تحديد مكونات مزيج النترنة من خلال اعتمادنا منطقة النترنة التقنية Technical Nitration zone^(١٢) ومنها يتم الحصول على نسب لمكونات المزيج الحامضي بحيث عند تشكيل المزيج بذلك النسب ومع ثبات ظروف التفاعل سنحصل على نترات سليولوز بمحتوى نتروجيني مقداره (١٢%) وهذا يدخل ضمن المحتوى المطلوب في الإنتاج المدني وكما ذكر سابقا ، وكانت النسب الوزنية لمكونات عامل النترنة ((المزيج الحامضي)) المحددة بموجب المنطقة السابقة هي كما يلي :

((H₂O 15.5% , H₂SO₄ 62.5% , HNO₃ 22%))

تم استخدام النسبة بين وزن المادة السليولوزية إلى وزن المزيج الحامضي ((١ : ٤٠)) وهي تقع ضمن النسبة المعتمدة صناعيا^(١٢) . أما زمن تفاعل النترنة فكان (٣٠) دقيقة وبدرجة حرارة (٢٣) م° .

عملية تثبيت نترات السليلوز الخام

أن نترات السليلوز وحتى تلك المستخدمة للاغراض المدنية ، لابد وان تكون ثابتة كيميائيا وإلا لا يمكن التعامل معها وتخزينها ، ولأجل الحصول على نترات ثابتة كيميائيا تمت معالجة المادة التي حصلنا عليها معالجات فيزيائية وكيميائية مختلفة مشابهة لما متبع في تثبيت المادة المحضرة من المصدر التقليدي للسليولوز وهو (زغب القطن Linter cotton) وتشمل تلك المعالجة نوعان من التثبيت ، هما تثبيت بوسط حامضي وتثبيت بوسط قاعدي^(١٣) .

عملية التثبيت باستخدام وسط حامضي (PH=5.5)

بعد أن تم فصل الحامض الفائض عن المادة الناتجة من عملية النترنة ، غُسلت المادة بالماء المقطر لمرات متعددة ثم وضعت في ورق زجاجي وأضيف لها ماء مقطر بحيث أصبحت بشكل عالق ، وأحكمت حامضية الوسط عند (PH=5.٥) حيث بدأت عملية غلي المادة بالماء وبدرجة (١٠٠) م° وضغط (١) جو ولمدة ثلاث ساعات ، ان غرض هذه العملية هو التخلص من أسترات حامض الكبريتيك والتي تظهر ككمون

جانبي غير مستقر لابد من ازالته، حيث يعتبر عامل أساسي في عدم ثبات نترات السليلوز^(١)، تم بعد ذلك تقطيع المادة بالة حادة تمهيدا لمعاملة لاحقة هي التثبيت في وسط قاعدي .

عملية التثبيت في وسط قاعدي

في هذه المرحلة تم معاملة المادة حراريا بوسط مائي قاعدي وذلك بإضافة كاربونات الصوديوم بنسبة وزنية تعادل (١%) من وزن المادة الجافة واستمرت المعاملة لمدة ساعة واحدة^(١٢).
أن الهدف من هذه العملية هو إزالة المتبقي من استرات حامض الكبريتيك ، خاصة تلك المتداخلة بين ألياف المادة حيث يتم معادلتها بالكاربونات^(١).
بعد التثبيت الكيميائي للمادة المحضرة ، تم غسلها بشكل جيد بالماء المقطر وتجفيفها لمدة ساعة عند (٧٠) م° وتم إجراء الفحوصات المختلفة عليها وهي :

فحوصات FT-IR

اذابة بمذيبات مختلفة

قياس درجة الانصهار

حرق المادة .

النتائج والمناقشة

قبل مناقشة طيف الأشعة تحت الحمراء لمادة نترات السليلوز المحضرة للإغراض المدنية ، لا بد من ذكر حقيقيين هما :

أولاً : أن نترات السليلوز تعتبر من الوجهة العلمية من الاسترات^(١٤) ، إذ أن ارتباط مجموعة (NO₂) مع ذرة الكربون ارتباطاً غير مباشراً وإنما عن طريق جسر اوكسجيني وبالشكل التالي (C-O-NO₂) وان ذلك يؤخذ بنظر الاعتبار عند تفسير الطيف الخاص بالمادة المحضرة .

ثانياً :- أن نترات السليلوز التي تم تحضيرها خاصة بالاستخدامات المدنية ((الأصباغ وغيرها)) والتي يجب ان يكون محتواها النتروجيني بحدود (١٢%)^(١) وبعبارة اخرى يجب ان لا تستبدل فيها جميع مجاميع الهيدروكسيل الثلاثة في جزئ السليلوز بالمجموعة (NO₂) وبالتالي فان المادة المحضرة يجب ان تحتوي في تركيبها على مجاميع هيدروكسيل غير مستبدلة ، وعليه لا بد من ظهور الحزمة المتعلقة بهذه المجموعة ضمن طيف المادة المحضرة ولذلك هناك حاجة لاستعراض طيف (السليلوز النقي المحضر من مصادر عالمية)، (مستورد من شركة whatman البريطانية) .

طيف الأشعة تحت الحمراء للسليلوز النقي (شكل رقم ١)

تتميز اطياف المواد السليلوزية بظهور حزم امتصاص قوية في المنطقة بين (١٠٠٠) سم^{-١} إلى (١٣٠٠) سم^{-١} وذلك نتيجة امتصاص ذبذبات الالتواء (deformation) العائدة لمجموعة (O-H) والمط (Stretching) العائد لـ (C-O) وان حزمة امتصاص ذبذبة المط لمجموعة الهيدروكسيل يظهر بالقرب من (٣٥٠٠) سم^{-١} ، ويتميز السليلوز كذلك بوجود أواصر هيدروجينية ومن المعروف إن الأواصر الهيدروجينية تغير موقع ومظهر امتصاص الأشعة تحت الحمراء ، ويكون الامتصاص اقل شدة كلما كانت الأواصر الهيدروجينية اضعف .

طيف الأشعة تحت الحمراء للمادة المحضرة (نترات السليلوز) (شكل رقم ٢)

أن طيف FTIR الذي ظهر لنا يمكن تفسير حزم الامتصاص فيه وبناءاً على الحقائق العلمية كما يلي :
ظهرت حزمة امتصاص عند (١٦٤٧) سم^{-١} وهذه تعود إلى اهتزازات مط غير متناظرة (Asymmetrical stretching) عائد للمجموعة (O – NO₂) تسبب في امتصاص قوي ويظهر عادة عند المدى (١٦٢٥ – ١٦٦٠) سم^{-١} .^(١٧-١٦) ظهرت كذلك حزمة امتصاص قوية عند (١٢٨٠) سم^{-١} وهذه تعود إلى الاهتزاز

المتناظر لمط المجموعة السابقة وهو يظهر في المدى (١٢٥٥-١٣٠٠) سم^{-١} (١٧)، وظهرت أيضا القمة (١٠٥٠) سم^{-١} في منطقة بصمة الأصابع وتفسر بأنها عائدة إلى مط الأصرة (C - O) (١٨).
 أن مط الأواصر (π) التابع لاقتران (N - O) يُظهر امتصاص قرب (٨٣٣-٨٧٠) سم^{-١} (١٧) ويمكن اعتبار الامتصاص الذي ظهر عند (٨٣٨) سم^{-١} عائدا لحالة الاقتران المذكورة.
 أن طيف نترات السليلوز النقية (١٩) يظهر امتصاص عند أطوال موجية أطول وبالذات عند المدى (٦٩٠-٧٦٣) سم^{-١} (الشكل ٣) يرجح أنها ناجمة من اهتزازات الانحناء للمجموعة (NO₂) وهذه الحالة ظهرت كذلك في طيف المادة المحضرة (شكل ٢) عند (٧٥٠) سم^{-١}.
 ولما كان هناك استبدال غير كامل لمجاميع الهيدروكسيل الثلاثة في جزئ السليلوز للمادة المحضرة لذا يبقى وجود واضح لمجاميع الهيدروكسيل وهذا ما أظهره الطيف حيث ظهرت عندنا القمة العريضة في المنطقة التي تسمى ((منطقة ترددات المجاميع)) عند (٣٤٠٠) سم^{-١} وهي عائدة لمط الهيدروكسيل (OH-) (١٥).
 أي أن عملية النترنة لم تحصل لجميع مجاميع الهيدروكسيل المكونة لوحدة الكلوكوز.
 أن المقارنة المتقدمة تظهر بلا شك تكون المجموعة الفعالة (NO₂) وأنها مرتبطة في جزئ السليلوز وبالتالي توفر دليل ساند لتكون نترات السليلوز ، وهو هدف البحث .
 من المعروف ان من الجوانب الايجابية لتقنية الأشعة تحت الحمراء هو أن الاشعاع الممتص من قبل جزيئة معينة هو ميزة لتلك الجزيئة وان المجاميع الفعالة تتصرف كمجاميع مستقلة ، إلا أن الأمانة العلمية تدعونا للقول إننا لا نتجاهل الجانب السلبي والتمثل في عدم إمكانية استخدامها لمعرفة المواقع النسبية للمجاميع الفعالة في الجزيئة ، ولذا اعتبرنا هذه التقنية ساند ومؤيد للفحوصات المختلفة الأخرى ولم نعتبرها بمفردها الدليل الحاسم والأكيد .

نتائج فحوصات المادة

إن نتائج إذابة المادة المحضرة في المذيبات المختلفة (الجدول ١) وبالذات المتعلقة بمزيج الايثر-الكحول تمثل دلالة أكيدة على حصول تحول في المادة السليلوزية وأن المحتوى النتروجيني الذي تم الحصول عليه يقع ضمن حدود الاستخدام المدني إذ انه من الثابت ان نترات السليلوز ذات المحتوى النتروجيني المرتفع والخاصة بالاستخدام العسكري تكون اذابتها غير تامة في المزيج المذكور ، وكذلك تكون الاذابة غير تامة عندما يكون المحتوى النتروجيني منخفض كثيرا (بحدود ١٠%) (١٣)، بحيث ان المادة في هذه الحالة ليس لها استخدام معروف (٦).

الجدول ١: بعض الخصائص الفيزيائية للمادة المحضرة

درجة الاشتعال م°	اللون	المظهر الخارجي	الذوبان بعد ٤٨ ساعة		
١٩٠ ~	بنّي فاتح	قطع صغيرة ليفية	الأسيتون	الماء المقطر	مزيج vol (:vol) ٤ ايثر : ٣ ايثانول
			ذائبة	غير ذائبة	ذائبة
				جزئيا	

أن المادة القياسية تكون بشكل مسحوق ابيض اما المحضرة فهي بشكل قطع صغيرة بنية وهذا عائد إلى الاختلاف في مصدر المادة الخام حيث أن المادة القياسية تحضر من زغب القطن المبيّض (bleached linter cotton) مما يعطيها اللون الأبيض الناصع كما أن المادة القياسية تمر بعمليات تقطيع وسحق شديد لم يتم اجراءها في البحث .

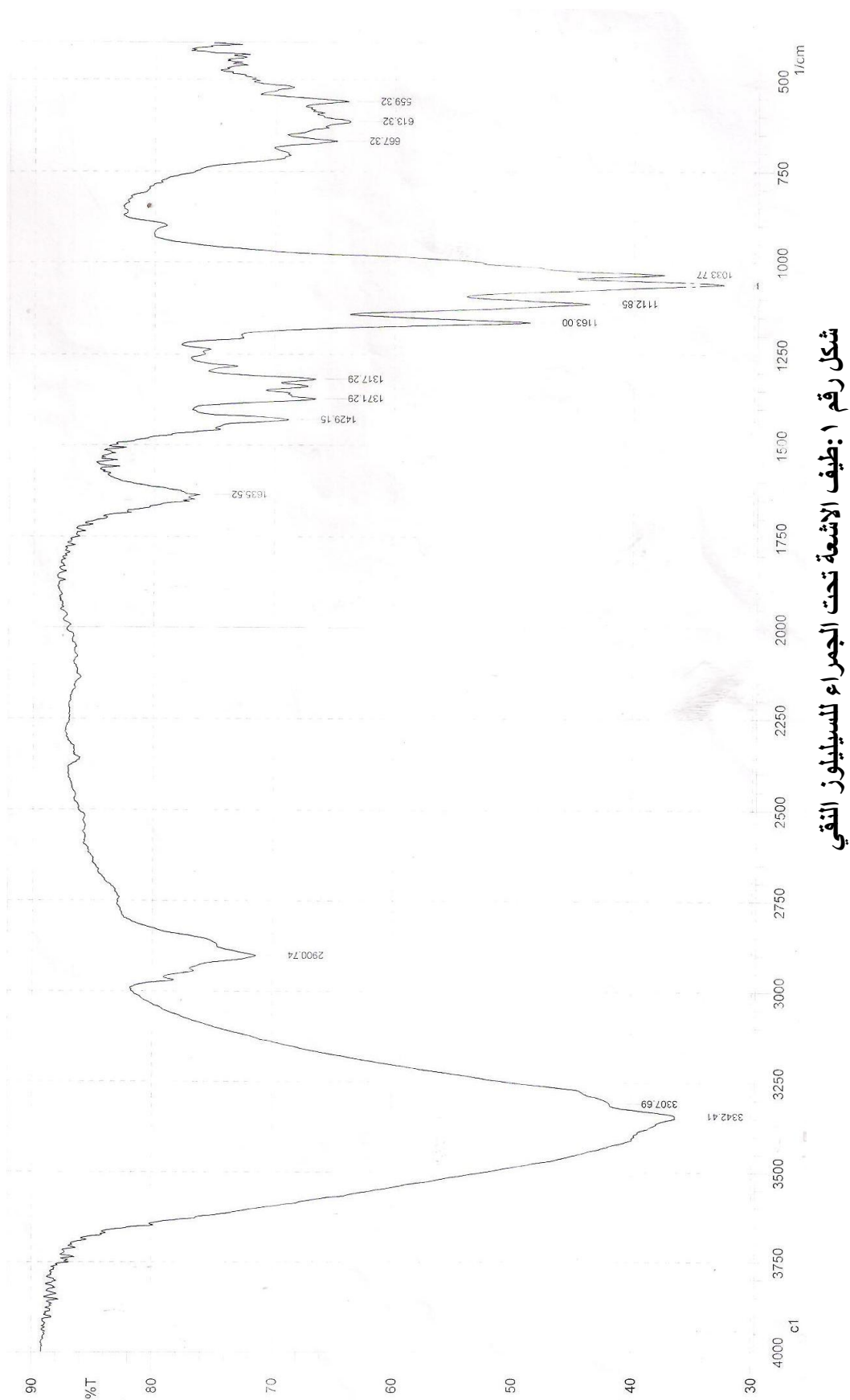
تم حرق المادة ومقارنة احتراقها مع احتراق المادة الأولية ((جريد النخيل)) فظهر أن المادة المحضرة تحترق بشدة وبلهب ساطع وهذا عائد إلى أن نترات السليلوز تمتلك خواص تفجيرية بما فيها الأنواع منخفضة المحتوى النتروجيني كما قورن الاحتراق مع احتراق مشتق آخر للسليلوز هو خلاات السليلوز فظهر الفرق الشاسع بين احتراق المادتين إذ أن خلاات السليلوز تحترق ببطئ .

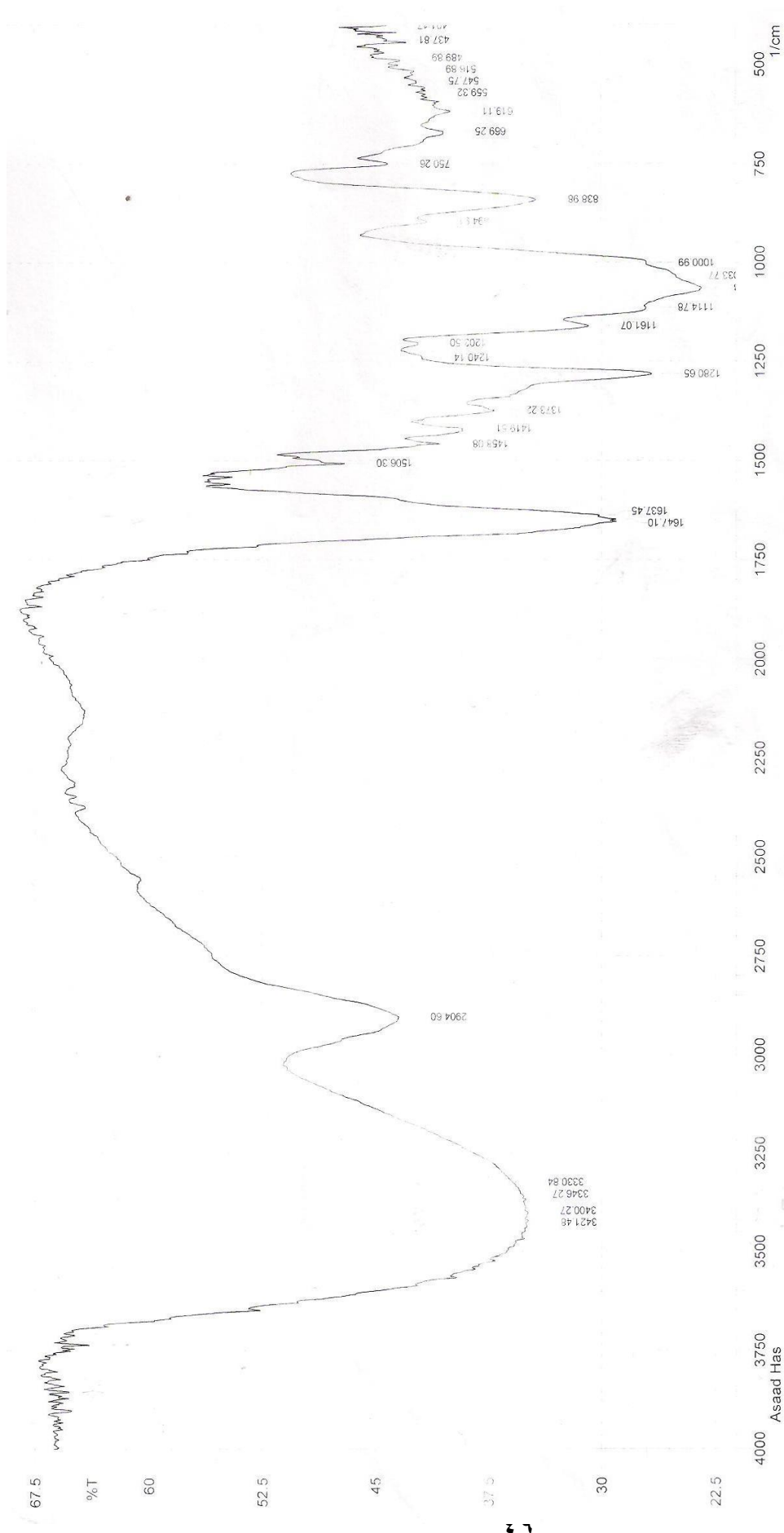
الاستنتاجات

١. أن هناك إمكانية لاستغلال إحدى المواد الأولية (جريد النخيل) المتوفرة في بلدنا لإنتاج مادة صناعية مهمة ذات استخدامات متنوعة في المجالين المدني والعسكري .
٢. أمكن تحضير المادة موضوع البحث باستخدام مواد أولية (حامض النتريك المركز، حامض الكبريتيك المركز، كاربونات الصوديوم) وبنسب لا تختلف عن النسب المستخدمة على المستوى الصناعي والخاصة باستخدام مادة أولية مستوردة هي زغب القطن حيث يستورد من مصر والسودان، و المادة الوحيدة التي تم استخدامها في البحث ولم تكن موجودة في الطريقة الانتاجية المتبعة حالياً هي (الايثانول) وبلغ مقدار المستخدم منه (٢٠ مل) لأجل إنتاج (٤ غم) من نترات السليلوز ومن الممكن تقليل هذه الكمية - إذ ان البحث لم يركز على مسألة إعادة استخدام هذه المادة- ولذا نرى ان هناك جدوى اقتصادية في البحث إذ ان المادة التي تم الاستعاضة عنها (زغب القطن المبيّض) تمثل مادة مرتفعة الثمن ويتم استيرادها حالياً، ولها أضرار صحية على الجهاز التنفسي.

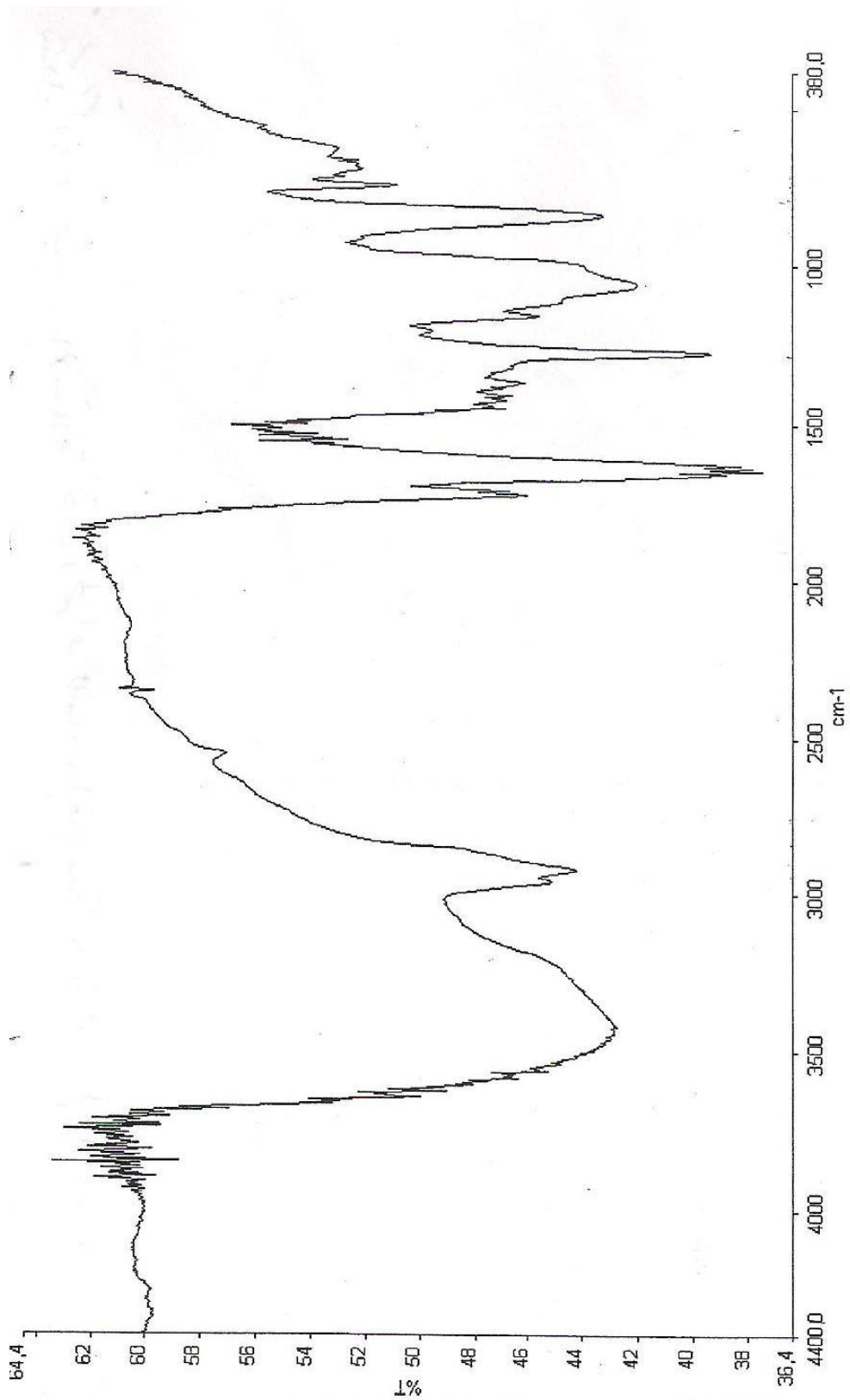
توصية

هناك ضرورة للتوسع في الأبحاث المتعلقة بالاستخدامات الصناعية للنخيل ويمكن أن تكون مواضيع مناسبة لاطاريح الماجستير والدكتوراه .





شكل رقم ٢: طيف الأشعة تحت الحمراء للمادة المحضرة (نترات السيليوز)



شكل رقم ٣: طيف الأشعة تحت الحمراء للمادة القياسية (نترات السيلولوز)^(١٩)

Reference

- (١) د. ذنون محمد عزيز [١٩٨٣] ، كيمياء الجزيئات الكبيرة العملي ، مطبعة جامعة الموصل ، ط ١ ، ص ٢٣ .
- 2)Steven , M.. [1999]: " Polymer chemistry " 3rd Edition , oxford university press , p 486 .
- 3)Hameed , A.H. ; [2001]: Regeneration of sulfo- nitric acid mixture in CSTR , M.Sc Thesis , University of Technology , P2 .
- 4)Raven . P, Johnson . G. ; [2004]: Understanding biology , 3rd Edition , Brown Publishers , P 50 .
- 5)Agrawal . J. P, Hodgson . R.D . ; [2007]: organic Chemistry of Explosives , 1st Edition ,John wiley and Sons Ltd . P 90 .
- (٦) ثعبان كاظم خضير. [٢٠١١]: الكيمياء الصناعية ، عمان ، دار المسيرة للنشر والتوزيع ، ط ٢ ، ص ٢٠٣ .
- 7)Bakhaev . V , zaki . F.S. ; [1983]: A study of same constituents of date palm parts in Iraq , date palm J , 2(1) , 129-140 .
- 8)Ezzat .S. ;[1974]: Date palm leaves are a possible technical source for a paper manufacture ,, Cellulose chemistry and Technology , 8 , P 627 .
- 9)Behin . J , Mikaniki . F , Fadaei . Z. ;[2008]: Dissolving pulp (alpha – cellulose) from corn stalk by Kraft process ,, Iranian J. of chemical engineering , Vo1 5 , No.3 , P 14-28.
- 10)Garrote . G. , Eugenio , M.E. , Diaz , M.J. , Ariza . J. , Lopez . F. ; [2003]: " Hydrothermal and pulp processing of Eucalyptus " , Bioresource Technology , 88 , 61 .
- 11)Wan Rosli , W.D. , Leh , C. P. , Zainuddin , Z. , Tanaka , R. ; [2003]: " Optimization of soda pulping variables for preparation of dissolving pulp from oil palm fibre , " Holzforchung , 57 (1) , 106 .
- 12)Fordham , S. ; [1980]: " High Explosives and propellants" 2nd Edition , Pergamon press . p 39 .

١٣) الجبوري، طه محمد، [١٩٨٦]: "تكنولوجيا المواد المتفجرة" العراق، مديرية المطابع العسكرية، ط ١، ص ٢٠٧.

14) Bhatnagar, M.S.; [2008]: "Chemistry and Technology of polymers" Vol 1 . 1st Edition, S. chand and Company LTD .p 272

١٥) محمد عبد القادر .; [١٩٩٩]: "أساسيات وتطبيقات أطياف الأشعة تحت الحمراء" مصر، دار النشر للجامعات، ط ١، ص ١٢٨.

16) Sharma, Y.R. ;[2009]:" Elementary organic spectroscopy " ., New Delhi , S. chard and company LTD .p 129

17) Silverstein . R.M. , Francis . X. , David . J. ; [2005]: " Spectrometric identification of organic compounds " 7th Edition John wiley and Sons . inc . P104 .

18) Field . L.D. , Sternheu ., Kalman .J. R. ; [2008]: " organic structures from spectra " 4th Edition , John wiley and sons LTD , P 19 .

١٩) Gensh. K.V. , et al ;[2010]: " Quntitative analysis of cellulose nitrate by FTIR spectroscopy " J. Chemistry of plant raw material , Vol 1 , p 63-66