

تحضير البلاستيك الحيوي من (CMC) المحضر من السليلوز المستخلص ودراسة خواصه

د. حسن وسوف * عبدالله النونه **

□ الملخص □

يدرك العالم بشكل كبير أن المواد الخام الأحفورية محدودة الموارد، واللدائن التجارية التي تُستخدم في الوقت الحاضر هي عبارة عن بوليمرات تعتمد على البترول في صناعتها وتستغرق سنوات لتتحلل، حيث يتسبب هذا المنتج في الإضرار بالنظام البيئي للطبيعة. لذا يهتم الباحثون لإيجاد الحلول لهذه المشكلة عن طريق تصنيع بلاستيك حيوي قابل للتحلل ولا يعتمد على الموارد الأحفورية. استخلص السليلوز من قش القمح السوري وفق طريقة كيميائية فيزيائية أعطت مردوداً قدره 29.48%. امتاز لون السليلوز بالبياض الناصع. كما أُستخدم في هذه الدراسة كل من كحول البولي فينيل (PVA) كمادة رابطة، والجلسرين كملدن، وزيت الحبة السوداء كمضاد لنمو البكتريا، وكربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) المحضر من السليلوز المستخلص من قش القمح السوري، كمواد لإنتاج البلاستيك الحيوي. تم إجراء تركيبات مختلفة للبلاستيك الحيوي المحضر، وإخضاع المنتجات لاختبارات مثل: اختبار التحلل البيولوجي، اختبار إجهاد الشد. يمكن ملاحظة أن قوة الشد للأفلام البلاستيكية الحيوية المحضرة من الصيغة 0.1-CMC إلى 0.5-CMC تتراوح بين 2.8Mpa إلى 6.3Mpa. أظهرت تركيبة 0.5g من كربوكسي ميثيل السليلوز أفضل نتيجة في إجهاد الشد تصل إلى 6.3N/mm^2 . وباستطالة حتى 95.6% مما يشير إلى أنها تتمتع بأكبر قدر من مقاومة الشد مع تحلل حيوي تام في غضون طمره في التربة لمدة 28 يوم.

كلمات مفتاحية: السليلوز، كربوكسي ميثيل السليلوز، استخلاص السليلوز، البلاستيك الحيوي، التحلل البيولوجي.

* أستاذ مساعد- اختصاص كيمياء عضوية- قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين.

Email: Hasanwasouf@yahoo.com49

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - اختصاص كيمياء تطبيقية - قسم الكيمياء - كلية العلوم -

جامعة تشرين. Email: abdalnona@Gmail.com.

Preparation Of Bioplastics From (CMC) Prepared From Extracted Cellulose And Study Of Its Properties

Dr: Hassan wasuf *

Abdullah Al-Nonah **

Abstract

The world is well aware that fossil raw materials are resource-limited, and the commercial plastics used today are petroleum-based polymers that take years to decompose, which cause damage to nature's ecosystem. Researchers are therefore interested in finding solutions to this problem by making bioplastics that are biodegradable and not dependent on fossil resources. Cellulose was extracted from Syrian wheat straw according to a chemical-physical method that gave a yield of 29.48%. The color of the cellulose was distinguished by its bright whiteness. Polyvinyl alcohol (PVA) as a binder, glycerol as a plasticizer, black seed oil as an anti-bacterial growth, and carboxymethyl cellulose (CMC) prepared from cellulose extracted from Syrian wheat straw, were also used in this study as materials to produce bioplastics. Various Composition & bioplastics were made, and the products were tested by two methods: biodegradation test and tensile stress test. It can be seen that the tensile strength of bioplastic films prepared from formula CMC-0.1 to CMC-0.5 ranges from 2.8Mpa to 6.3Mpa. The formulation of 0.5 grams of carboxymethyl cellulose showed the best result in tensile strength up to 6.3 N/mm². and elongation up to 95.6% which indicate that it has the greatest tensile strength with complete biodegradation within 28 days after being immersed in the soil.

Key words: Cellulose, Carboxymethyl Cellulose, Cellulose Extraction , Bio Plastic, Biodegradation.

* Assistant Professor - Specialization in Organic Chemistry -
Department of Chemistry - Faculty of Science - Tishreen University.
Email: Hasanwasouf@yahoo.com

** Postgraduate Student (Master) - Specialization in Applied
Chemistry - Department of Chemistry - Faculty of Science - Tishreen
University. **Email:** abdalnona@gmail.com

1- المقدمة:

تعتبر المواد البلاستيكية حالياً مواد مهمة جداً نظراً لخصائصها الاستثنائية وأداءها الكبير [1]. على مر السنين وحتى الوقت الراهن كان للإفراط في استخدام البلاستيك تأثير كبير على البيئة، حيث يستخدم البلاستيك لصنع مجموعة واسعة من المنتجات في مختلف مجالات التطبيق لما لها من خصائص متعددة الاستخدامات. زاد إنتاج البلاستيك بشكل كبير على مدى 70 سنة الماضية من حوالي 0.5 مليون طن في عام 1950 إلى أكثر من 365 مليون طن في عام 2016 في جميع أنحاء العالم [2-3]. هذه المواد البلاستيكية المحضرة من موارد غير متجددة مثل البترول والفحم والغاز الطبيعي تأخذ عقود لتتحلل في الطبيعة مما يسبب مشاكل بيئية خطيرة ل المياه العذبة و البيئة الطبيعية البرية والبحرية. كان لابد من تطوير مواد جديدة قابلة للتحلل الحيوي و صديقة للبيئة كبديل عن المواد البلاستيكية التقليدية [4].

على ضوء هذه التحديات ونظراً للاستخدام الواسع والكبير لهذه المادة وانتقالها السريع للأوساط البيئية محدثة أضراراً خطيرة، برزت الحاجة إلى الاعتماد على الموارد المتجددة، فهي المخزون من المواد الطبيعية القابلة للتجدد في فترة قصيرة، بهدف الحد من التلوث [5]. ومن أجل تقليل مساهمة المنتجات البوليمرية غير القابلة للتحلل على المستوى العالمي، تم تشجيع استخدام المواد الخضراء كبديل للبوليمير التقليدي ، ناتجة عن بقايا المحاصيل الزراعية مثل قش الحبوب بمليارات الأطنان سنويا حول العالم حيث يتمثل بمورد مستدام للكثلة الحيوية Lignocellulosic وهو وفير وغير مكلف

[6]. تتكون المخلفات الزراعية من الليجنوسليلوز Lignocellulos (السليولوز ، الهيميسليلوز) واللجنين، والمكونات الأخرى (البروتينات والدهون والمواد غير العضوية) موجودة معاً في بنية معقدة لها خصائص قابلة للتحلل وقابلة للتجديد [7-8]. تعتبر بعض المخلفات (مثل مخلفات الطعام ، والمخلفات الزراعية ، ومخلفات الخضروات) ،

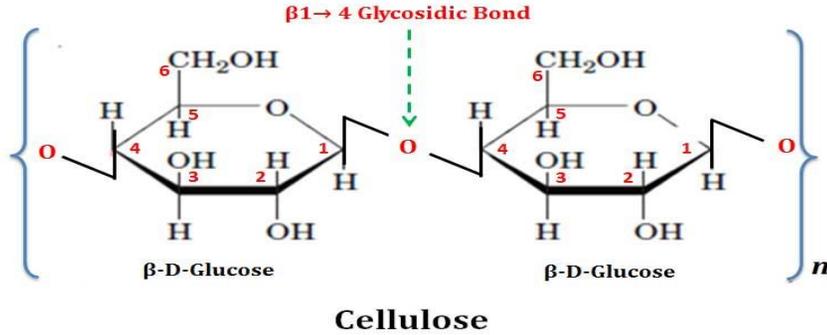
والمواد الأولية المتجددة (مثل الكتلة الحيوية) بمثابة المصادر الرئيسية للبلاستيك الحيوي. نتيجة لذلك ، سيكون هناك لا تلوث بيئي ، ولا خسارة في الوقود الأحفوري ، وفي النهاية لا ضرر للبشرية. لما له من استخدامات في التعبئة والتغليف والأنابيب والقطاع الزراعي ، صناعات النسيج ، والغرسات الطبية ، و صناعة الأكياس ، إلخ أدى الاهتمام المتزايد تجاه المشكلات البيئية الناجمة عن المنتجات القائمة على النفط إلى إلهام تطوير مواد "خضراء" . والمبادئ التوجيهية لإنتاج هذه المواد هي الاستدامة، والإيكولوجيا الصناعية، والكفاءة الإيكولوجية، [9-10]. كانت هناك جهود كثيرة تم إجراؤها لحل المشكلة عن طريق تطوير مواد بلاستيكية حيوية يسهل تحللها، إلى CO_2 و CH_4 و H_2O بفعل الظروف البيئية المناسبة مثل الموقع ودرجة الحرارة والرطوبة والأكسجين [11] ومن خلال التأثير الأنزيمي للكائنات الحية الدقيقة [12].



شكل (1) صورة توضح عملية التحلل البيولوجي للبلاستيك الحيوي

يعد السليلوز من السكريات المتعددة المتجانسة الأوسع انتشاراً في الطبيعة، لا يصادف بشكل نقي في الطبيعة بل مع مكونات أخرى: مثل الهيميسيللوز، والبكتين، والليغنين مشكلاً معها البنية الأساسية للجدر الخلوية في النباتات فيكسبها الشكل والقساوة [13]. البوليمرات الطبيعية والسليلوز ومشتقات السليلوز معترف بها عموماً على أنها مواد غير

آمنة، غير مسرطنة، متوافقة حيويًا، ولا تضر بأي شكل في البيئة البيولوجية، لذلك كان له استخدامات واسعة في المجالات الطبية والصيدلانية [14].



شكل (2) بنية السليلوز نصف منشورة

انطلاقاً من الحفاظ على البيئة تم اعتبار قش القمح في هذه الدراسة مكون محتمل للبلستيك القابل للتحلل الحيوي.



شكل (3) قش القمح

2- أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في الاستفادة من المخلفات النباتية والاعتماد عليها كمصدر مستدام في إنتاج بلاستيك حيوي قابل للتحلل صديق للبيئة ليكون بديلاً عن البلاستيك الصناعي

وبالتالي يكون آمن للأنظمة البيئية، وتحقيق مبدأ الاستدامة من خلال تصنيع هذا المنتج حيث يعتمد على مصدر مستدام متاح بشكل شبه مجاني.

3- مواد وطرائق البحث:

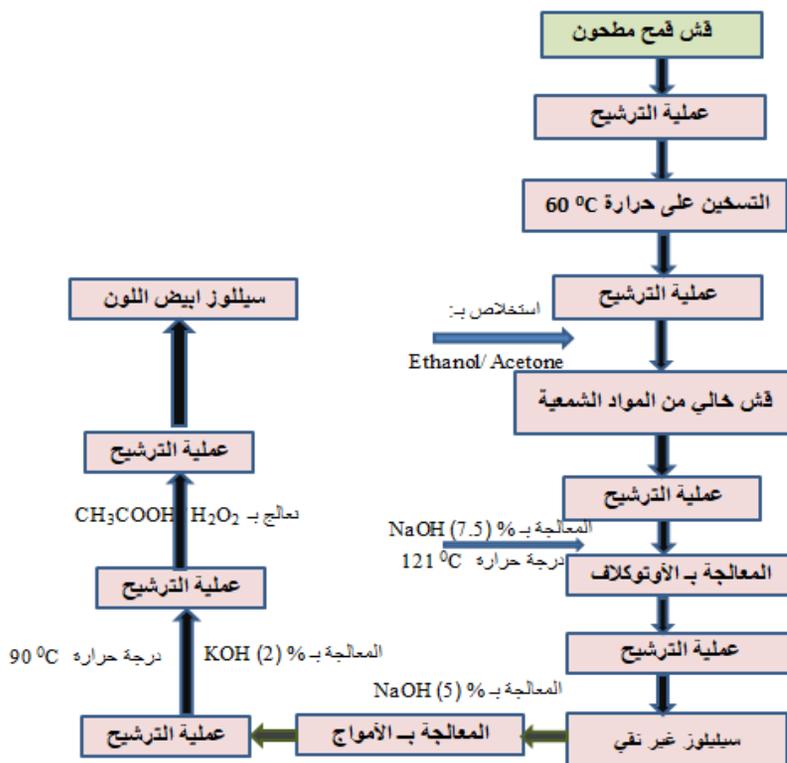
3-1 الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1. ميزان الكتروني حساس Sartorius (طرز-ED224S)، 2. جهاز مطيافية الاشعة تحت الحمراء من نوع FT/IR-4200(Fourier Transform Infrared Spectrometer)(JAS.CO)، 3. سخان كهربائي مزود بمحرك مغناطيسي من نوع(Nuova Stripate) ، 4. ميزان حرارة زئبقي.
5. فرن تجفيف كهربائي طراز ED115 من انتاج شركة(BINDER)، 6.جهاز قياس درجة الحموضة (PH-meter)- اسم الشركة المصنعة Sartorius -الطرز -pb- 11، 7. Autoclave الطراز رقم-547913 صنع في اسبانيا ، 8 . جهاز الأمواج فوق الصوتية، 9. جهاز الاختبارات العامة من انتاج شركة S.A.E.IBERTEST طراز IBMU4-1000، 10. أدوات زجاجية مخبرية (إسطوانة مدرجة ، بياشر زجاجية ، مكثف حلزوني ، زجاجيات..... الخ).

3-2 المواد الكيميائية المستخدمة:

الأسيتون Acetone، الكحول الايتيلي Ethanol ، ماء مقطر Distilled Water ، حمض الخل AceticAcid ، الماء الاكسجيني Water peroxide ، هيدروكسيد الصوديومSodium Hydroxide، هيدروكسيد البوتاسيوم Potassium Hydroxide، ايزوبروبانول Isopropanol ، نشاء الذرة Corn Starch ، السليلوز المستخلص Extracted Cellulose، زيت الحبة السوداءBlack Seed Oil ، كحول البولي فينيل(PVA) Polyvinyl Alcohol، أحادي كلورو أسيتات الصوديوم (SMCA)، كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) ، الغليسيرين Glycerine.

3-3 استخلاص السليلوز : تمت عملية استخلاص السليلوز من قش القمح وفق طريقة كيميائية فيزيائية:أخذت المادة الأولية (قش القمح) بهيئتها الطبيعية الجافة وبعد تنظيفها بالغسل بالماء المقطر جيداً تم تجفيفها في درجة حرارة الغرفة لمدة (10) أيام وبعد ذلك تم طحنها وحفظت في مكان مناسب ريثما يحين استخدامها لاحقاً، [17,16,15].



شكل (4) يوضح مراحل استخلاص السليلوز باستخدام الطريقة الكيميائية الفيزيائية تمت عملية الاستخلاص وفق الآتي: تم طحن القش وغسله جيداً بالماء المقطر لإزالة الشوائب وبعدها يسخن لمدة ساعة على حرارة 60°C ويرشح ويغسل جيداً بالماء المقطر ثم يجفف.

3-3-1 إزالة المواد الشمعية:

- تم إزالة المواد الشمعية بواسطة التقطير المرتد باستعمال "ايتانول -اسيتون" لمدة 5h .
1. يحضر في بيشر 100ml من الأسيتون و 100ml من الايتانول .
 2. يوضع 10g من المادة الأولية (القش) في دورق دائري ويضاف اليها المزيج (أسيتون-ايتانول) المحضر .
 3. يسخن المزيج عند درجة حرارة 70°C باستخدام التقطير المرتد لمدة 5h مع التحريك المستمر .
 4. ثم يتم الترشيح وفصل المادة الصلبة وإجراء عملية الغسل بالماء المقطر لمرات عديدة.



شكل (5) صورة للعينة عند المعالجة و بعد الترشيح

3-3-2 إزالة اللجنين و الهيميسليلوز:

- يوضع القش المعالج في دورق سعة 500ml ونضيف اليه 300ml من NaOH بتركيز (7.5%) و ثم يوضع المزيج عند درجة حرارة 121°C وضغط 2بار في جهاز الأوتوكلاف لمدة (3h). يليها الترشيح والغسل باستعمال الماء المقطر .



شكل (6) صورة للعينة عند المعالجة بـ NaOH في الأوتوكلاف وبعد الترشيح

3-3-3 تعزيز ازالة اللجنين والهيميسيللوز:

يوضع القش المعالج في دورق سعة 500ml ونضيف اليه 300ml من NaOH بتركيز (5%) وثم يوضع المزيج عند درجة حرارة 30°C ولمدة ساعة في جهاز الأمواج فوق الصوتية يليها الترشيح والغسل باستعمال الماء المقطر.



شكل (7) صورة للعينة عند المعالجة بـ NaOH في جهاز الأمواج فوق الصوتية

3-3-4 لإزالة الهيميسيللوز المتبقي :

تعالج العينة بـ KOH 2% عند حرارة 90°C لمدة ساعة ونصف مع التحريك المستمر. تليها عملية الترشيح والغسل بالماء المقطر حتى الحصول على $\text{pH}=7$.



شكل (8) صورة لمعالجة القش باستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)

3-3-5 عملية التبييض:

- ✓ توضع العينة المعالجة في دورق سعة 250ml.
- ✓ يضاف الى العينة 100ml من الماء الأوكسوجيني و 50ml حمض الخل بنسبة (2/1)V/V .
- ✓ يتم تسخين المزيج عند درجة الحرارة 90⁰C لمدة 2h مع التحريك المستمر .
- ✓ يتم الغسل بالماء المقطر والترشيح عدة مرات لإزالة الماء الأوكسجيني وحمض الخل تماما من العينة للحصول على سليلوز أبيض اللون، ثم التجفيف في فرن على حرارة 80-90⁰C درجة حتى ثبات الوزن كان وزن السليلوز الناتج (2.948g).



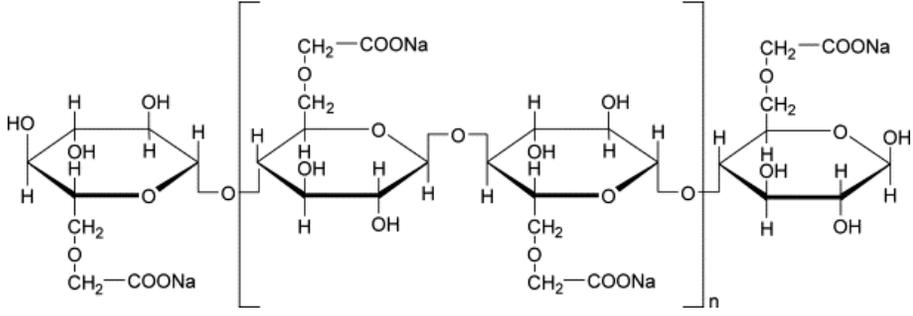
شكل (9) صورة السليلوز بعد التبييض والتجفيف

3-4 تحضير كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC):

تمت عملية تحضير كربوكسي ميثيل السليلوز على مرحلتين اولاً تمت عملية القلونة للسليلوز باستخدام هيدروكسيد الصوديوم ثم ثانياً تمت عملية المتيلة باضافة أحادي كلورو أسيتات الصوديوم.

تم إجراء تفاعل القلونة عند 50 درجة مئوية ولمدة ساعة، بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 30% إلى 1.5g من السليلوز النقي المستخلص من قش القمح السوري في المرحلة السابقة مع التحريك من فترة لأخرى ثم تم فصله وعصره ووضع في 100 ml من الإيثانول مع 50 ml من الايزوبروبانول مع التحريك المستمر لمدة ساعة . بعد ذلك ، تم إضافة أحادي كلورو أسيتات الصوديوم (SMCA) قطرة تلو قطرة لمدة 30 دقيقة مع التحريك المستمر ، واستمرت هذه المرحلة لمدة 3h عند 70 درجة مئوية. تم بعد ذلك ترشيحها وتعليقها في 150 ml من الميثانول. ثم تمت معادلة الوسط باستخدام حمض الخل الثلجي. تمت تنقية CMC بالغسل بالايثانول 70% أربع مرات ثم بالايثانول المطلق لإزالة المنتجات الثانوية غير المرغوب فيها. وأخيراً، تم ترشيح العينة وتجفيفها في الفرن عند درجة حرارة 60 درجة مئوية حتى ثبات الوزن [18].





شكل (10) البنية الكيميائية نصف المنشورة لكاربوكسي ميثيل السليلوز (CMC)



شكل (11) يوضح تحضير كاربوكسي ميثيل السليلوز (CMC)

3-5 تحضير البلاستيك الحيوي (CMC+نشاء+ مادة رابطة): يحضر البلاستيك القابل للتحلل الحيوي بالاعتماد على عدة مواد وينسب مختلفاً من كاربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) هي (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5)g هذه الطريقة قليلة التكلفة يمكن تلخيصها على النحو الآتي:

(1) يضاف 3g من نشاء الذرة لـ 60 ml ماء مقطر مع التسخين بالدرجة 60°C لمدة نصف ساعة مع التحريك المستمر.

(2) يضاف 0.1 g ببطء من (CMC) المحضر من السليلوز مع التحريك المستمر.

(3) تليها إضافة 0.5g كحول البولي فينيل المذاب بـ 10ml ماء مقطر.

(4) ثم يضاف 0.5ml زيت الحبة السوداء و 4 ml غليسيرين.

(5) بعدها يتم تقليب الخليط باستمرار على حرارة $110-130^{\circ}\text{C}$ حتى الحصول

على قوام لزج ويصب في قوالب خشبية مبطنه بقصدير ويترك ليحفظ. تم تحضير 5

عينات من البلاستيك الحيوي بنسب مختلفة من CMC حسب الجدول (1).

الجدول (1) تركيبات البلاستيك الحيوي (CMC + نشاء + كحول البولي فينيل).

الماء المقطر (ml)	الغليسيرين (ml)	زيت الحبة السوداء (ml)	كحول البولي فينيل (g)	كمية النشاء (g)	كمية CMC (g)	صيغ البلاستيك الحيوي
60ml	4ml	0.5ml	0.5g	3g	0.1g	CMC-0.1
60ml	4ml	0.5ml	0.5g	3g	0.2g	CMC-0.2
60ml	4ml	0.5ml	0.5g	3g	0.3g	CMC-0.3
60ml	4ml	0.5ml	0.5g	3g	0.4g	CMC-0.4
60ml	4ml	0.5ml	0.5g	3g	0.5g	CMC-0.5



شكل (12) صورة للبلاستيك الحيوي المنتج

3-6 توصيف ألياف السيللوز المستخلص باستخدام طيف الأشعة تحت

الحمراء (FTIR): تم تأكيد بنية السيللوز باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء.

7-3 الاختبارات على الأفلام المحضرة.

7-3-1. اختبار التحلل البيولوجي:

تم ترميز المنتجات المحضرة بنسب مختلفة من كربوكسي ميثيل السليلوز (أفلام البلاستيك الحيوي) وفق الآتي:

(CMC-0.1, CMC-0.2, CMC-0.3, CMC-0.4, CMC-0.5)

تم تقطيع عينات الأفلام المحضرة المختلفة لثلاث مكررات من كل فلم الى 2×2 cm طول وعرض وبسماكة حوالي 2mm وطمرت في التربة على عمق 10cm، وتم وضع علامة على موقع كل عينة مطمورة. وتم تتبع التحلل بعد أسبوعين من طمرها تم كشفها وتصنيفها وفق ما يلي: غير متحللة ، متحللة جزئياً ، متحللة تماماً.



شكل (13) صورة توضح عملية دفن البلاستيك الحيوي المحضر

7-3-2. اختبارات ميكانيكية: جهاز الاختبارات الميكانيكية (الشكل 14)

يستخدم هذا الجهاز لإجراء اختبارات ميكانيكية مثل اختبار الشد والضغط والانعطاف، يتكون من فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك.



شكل (14) جهاز الاختبارات الميكانيكية

تمت دراسة الخواص الميكانيكية للبلاستيك الحيوي المحضر من خلال اختبار الشد (Tensile test)، وهو اخضاع عينة من المادة ذات أبعاد معينة الى حمولة شد أحادية المحور ثم ملاحظة سلوك المادة حتى الانهيار [19,20]. تم تقطيع عينات البلاستيك الحيوي المحضر الى 50mm للطول و 10mm للعرض وبسماكة 1mm.

3-7-2-1. إجهاد الشد (Tensile stress):

$$\sigma = F/b_0 \times t_0 \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن:

σ : إجهاد الشد: $F, N/mm^2$: قوة الشد عند الكسر (N)، b_0 : عرض العينة (mm)،

t_0 : سماكة العينة (mm).

3-7-2-2. الاستطالة (Elongation):

$$\varepsilon = \Delta L/L_0 \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن:

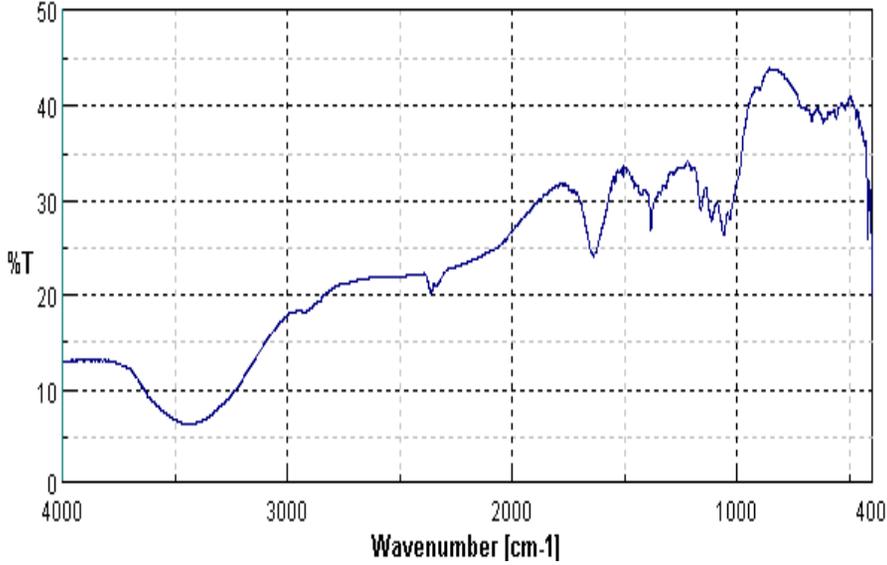
ε : الاستطالة، ΔL : الاستطالة عند الكسر (mm)، L_0 : طول العينة الأولي

(mm).

4- النتائج والمناقشة:

4-1. توصيف ألياف السليلوز المستخلص: تم تأكيد بنية السليلوز باستخدام مطيافية

الأشعة تحت الحمراء FTIR .



شكل (15) طيف الأشعة تحت الحمراء للسليلوز المستخلص بالطريقة الكيميائية الفيزيائية

يظهر الشكل (15) منطقتي امتصاص رئيسيتين هما المنطقة بين $(3600 \text{ cm}^{-1} - 2900 \text{ cm}^{-1})$ والمنطقة الأقل امتصاص $(1700 - 800 \text{ cm}^{-1})$. يعزى الامتصاص القوي الواسع النطاق بين $(3500 - 3400 \text{ cm}^{-1})$ إلى اهتزاز مجموعة OH للسليلوز في حين يعزى الامتصاص عند حوالي 2900 cm^{-1} إلى اهتزاز C-H لمجموعات الميثيلين في السليلوز. يعود الامتصاص عند حوالي 900 cm^{-1} إلى تمدد إهتزازات C-H رابطة غليكوزيد في السليلوز. تعزى العصابات في المنطقة $(1250 - 1030 \text{ cm}^{-1})$ إلى اهتزاز C-H , C-O-C للسليلوز. اظهر طيف السليلوز أنه تم اختفاء العصابات المميزة ل الهميسليلوز واللجنين حيث يشير الطيف إلى بنية السليلوز. يمكن رؤية تشابه

التركيب الكيميائي من نتيجة FTIR للعينه المستحصل عليها من خلال مقارنتها مع الطيف الموجودة في المراجع الآتية [21-25].

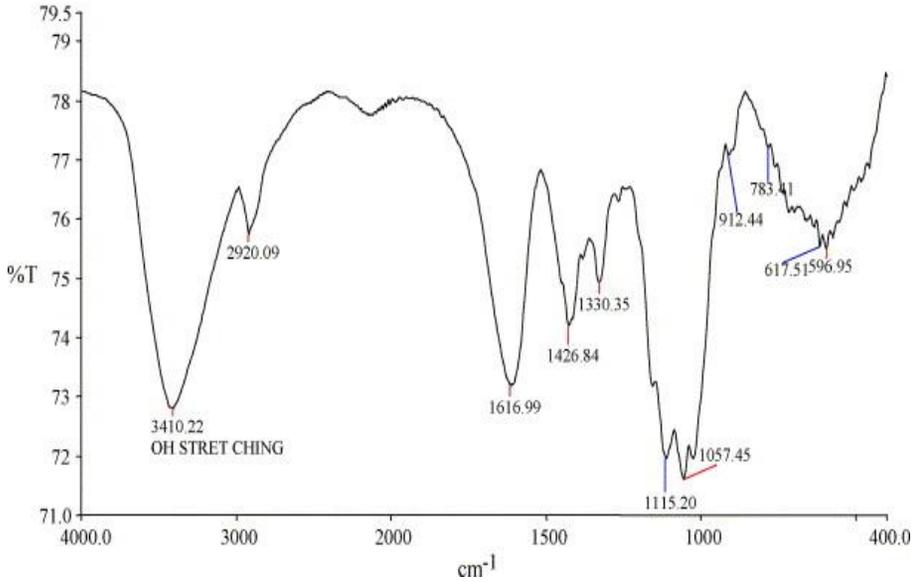
4-2. توصيف كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) المحضر من ألياف السليلوز المستخلصة: تم تحضير مادة كربوكسي ميثيل السليلوز وإجراء تحليل طيفي لها باستعمال الأشعة تحت الحمراء الشكل (16) ومقارنته بطيف معلوم لها فكان الناتج متطابق لدرجة كبيرة.



شكل (16) طيف الأشعة تحت الحمراء لكربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) المحضر

يبين طيف FT-IR الناتج بوضوح انه كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) بمقارنته بطيف نفس المادة مقدم في المرجع [26].

FT-IR Spectroscopy



الشكل (17) طيف الاشعة تحت الحمراء لكربوكسي ميثيل السليلوز المقدم في المرجع [26]

يظهر الشكل (16) أن عصابة الامتصاص العريضة عند 3430 cm^{-1} تعود إلى اهتزاز مجموعة OH للسليلوز. تعزى عصابة الامتصاص عند 2920 cm^{-1} إلى اهتزاز التمديد CH على السليلوز. تؤكد عصابة الامتصاص عند 1620 cm^{-1} للرابطة C=O في CMC، إن القمة عند 1423 cm^{-1} تعود لمجموعات الميثيل على كربوكسي ميثيل السليلوز، تعزى الامتصاصات 1329 cm^{-1} و 1110 cm^{-1} لاهتزاز الانحناء OH و C-O-C على التوالي. تعود عصابة الامتصاص عند 900 cm^{-1} لمجموعة الغليكوزيد للسليلوز 1-4 [27].

3-4. اختبار التحلل البيولوجي:

يظهر الجدول (2) نتيجة التحلل البيولوجي لتراكيبات البلاستيك الحيوي المختلفة.

الجدول (2) نتائج اختبار التحلل البيولوجي للصيغ المختلفة

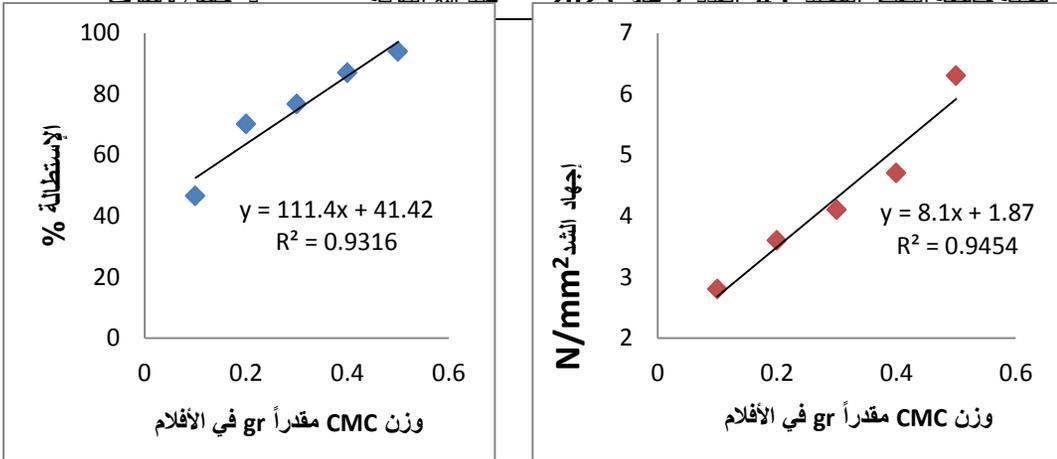
بعد 28 يوم	بعد 21 يوم	نتيجة التحلل الحيوي بعد 14 يوم	صيغ البلاستيك الحيوي المحضرة
-	-	متحللة تماماً	CMC-0.1
-	-	متحللة تماماً	CMC-0.2
-	-	متحللة تماماً	CMC-0.3
متحللة تماماً	متحللة مع بقاء أثر	متحللة جزئياً	CMC-0.4
متحللة تماماً	متحللة جزئياً	متحللة جزئياً	CMC-0.5

وجد من خلال الكشف عن العينات في غضون 14 يوماً وفق الجدول (2) تحلل المركبات (CMC-0.1, CMC-0.2, CMC-0.3) بشكل تام في مدة أقصاها 14 يوم في حين تحللت المركبات (CMC-0.4, CMC-0.5) في مدة لا تتجاوز 28 يوماً، يعزى التحلل الكامل للمركبات (CMC-0.1, CMC-0.2, CMC-0.3) في الأسبوعين إلى نسبة CMC القليلة بالنسبة إلى النشاء لأن النشاء له خاصية التحلل بسهولة [28]. هذا البلاستيك الحيوي تم اعتباره قابلاً للتحلل البيولوجي بنسبة 100% لأنه لا يمكن استرداد العينة للوزن نظراً لأن الأفلام ذات ميوعة عالية. أي ان الصيغ من CMC-0.1 إلى الصيغة CMC-0.5 تتحلل جميعها بشكل طبيعي في غضون مدة أقصاها 28 يوماً من بداية طمرها، يمكن أيضاً دعم ذلك من خلال دراسة أخرى أجريت أن وجود كحول البولي فينيل (PVA) يساعد في التحلل [29]. يعود السبب في مدة التحلل القصيرة في دراستنا إلى وجود مجموعة COO في CMC التي تكون قد أنشأت مواقع قابلة للتحلل البيولوجي بشكل أكبر من الدراسات التي أجريت على عدة أفلام من البلاستيك الحيوي.

4-4 اختبار إجهاد الشد : تم إجراء اختبار ميكانيكي لقياس قوة الشد والاستطالة لعينات البلاستيك الحيوي. تم تقطيع عينات البلاستيك الحيوي الى ثلاث عينات مكررة لكل مركب إلى 50mm للطول و 10mm للعرض وبسماكة 1mm .

الجدول (3) يبين الاستطالة وإجهاد الشد لفلم (CMC + نشاء + كحول البولي فينيل)

الاستطالة $\Delta L/L_0 * 100$	إجهاد الشد N/mm^2	إنفعال الشد $\Delta L/L_0$	عينات مكررة	صيغ فلم البلاستيك المحضر
47.2	2.8	0.472	1	CMC-0.1
45.6	2.7	0.456	2	
47.1	2.8	0.471	3	
71	3.6	0.71	1	CMC-0.2
71	3.6	0.71	2	
68.4	3.4	0.684	3	
77.4	4.2	0.774	1	CMC-0.3
75.8	4.1	0.758	2	
77.1	4	0.771	3	
86.2	4.7	0.862	1	CMC-0.4
86.2	4.7	0.862	2	
88.4	4.9	0.884	3	
95.6	6.3	0.956	1	CMC-0.5
90.6	6.1	0.906	2	
95.6	6.3	0.956	3	



شكل (18) تأثير وزن CMC على إجهاد الشد والاستطالة لصيغ فلم (نشاء+ CMC + كحول بولي فينيل)

يبين الشكل (18) أن مقاومة الشد تزداد كلما ارتفعت نسبة CMC في العينة ، يعود ذلك لأنه أكبر مقاومة من النشاء. يمكن ملاحظة أن قوة الشد للمركبات المحضرة من CMC-0.1 إلى CMC-0.5 تتراوح من 2.8MPa إلى 6.3MPa. بناء على نتائج قياس قوة الشد هذا يعطي تأثير إضافة CMC المحضر من السليلوز المستخلص من قش القمح ، حيث أنه كلما زاد تركيز CMC ، كلما زادت قوة الشد للبلاستيك الحيوي المنتج. يعود هذا إلى الروابط الهيدروجينية الموجودة في اللدائن الحيوية بحيث الروابط بين السلاسل ستكون أقوى وأصعب في الانهيار لأنها تتطلب طاقة أكبر لكسر الرابطة [30].

الاستطالة هي التغير في طول العينة الناتج عن امتداد معين للعينة بسبب القوة المطبقة. يحدد امتداد الكسر مرونة البلاستيك [31]. نلاحظ من الشكل (18) أن استطالة صيغ الأفلام المحضرة من CMC-0.1 إلى CMC-0.5 لها نسبة استطالة تتراوح من 46.6% إلى و 93.9% وفي دراسة لإنتاج بلاستيك حيوي من نشاء القمح وباستخدام

الجليسيرين كملدن كانت الاستطالة 41.69% [32]. نلاحظ أن الاستطالة بالنسبة لدراستنا كانت أفضل يعود ذلك لسبب أن كحول البولي فينيل حقق ربط جيد بين البوليميرات كما يمكن أنه شكل مواقع فعالة تؤدي الى استطالة أفضل. إن إضافة كربوكسي ميثيل السليلوز يظهر تأثير على نسبة استطالة البلاستيك الحيوي ، أي أنه كلما زاد تركيز كربوكسي ميثيل السليلوز زادت النسبة المئوية لإستطالة البلاستيك الحيوي.

5. الاستنتاجات والتوصيات:

5-1 الاستنتاجات:

بقايا المخلفات النباتية عبارة عن بدائل مثيرة للاهتمام بسبب استدامتها حيث السليلوز من مكوناتها الأساسية وهو مصدر للعديد من التطبيقات. فهي مادة لها استخدامات لا حصر لها و آفاق استعمالها يتخطى الاطار المرسوم في هذا البحث.

بعد الاختبارات والمراقبة التي تم إجراؤها ، لوحظ أنه من حيث قابلية التحلل البيولوجي لصيغ الفلم المحضر أنها لا تختلف بشكل كبير عن بعضها البعض لأنها تتحلل بشكل طبيعي في مدة أقصاها 28 يوم من بداية طمرها في التربة. أظهرت تركيبة 0.5g من كربوكسي ميثيل السليلوز أفضل نتيجة في إجهاد الشد مما يشير إلى أنها تتمتع بأعلى مقاومة شد تصل الى $6.3N/mm^2$. لذلك استنتج أن الصيغة CMC-0.5 ، التي تحتوي على 0.5g من كربوكسي ميثيل السليلوز هي الأفضل بين تركيبات البلاستيك الحيوي المختبرة. وبما انه لا يوجد شيء مثالي في هذا العالم ، فهذه الحقيقة تنطبق على البلاستيك الحيوي المحضر حيث أن استخداماته ستكون محصورة في نطاق معين في

الصناعة ، وعلى الرغم من هذا العيب ، إلا أن البلاستيك الحيوي أفضل بكثير من البلاستيك التقليدي فيما يتعلق بتأثيره البيئي. وان استخدام هذا النوع من البلاستيك الحيوي سيقبل الضرر على البيئة مما سيساعدنا على العيش في عالم أكثر خضرة.

5-2 التوصيات:

- دراسة تغيير اضافة نسب الجليسرين وتأثيرها على قوة الشد .
- اختيار واستخدام ملدنات أخرى ودراسة تأثيرها على البلاستيك الحيوي حيث أنها إضافات مهمة ومحسنة لأداء البوليميرات.
- متابعة الدراسة على تحضير البلاستيك الحيوي من مواد أخرى طبيعية.

Reference

- [1] Aguado, J., Serrano, D.P., 1999. **Feedstock Recycling of Plastic Wastes**. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 1e23, 85,86.
- [2] Díaz, S., Ortega, Z., McCourt, M., Kearns, M. P., & Benítez, A. N. (2018). **Recycling of polymeric fraction of cable waste by rotational moulding**. *Waste Management*, 76, 199-206.
- [3] Thompson, R. C., Moore, C. J., Vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). **Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153-2166.
- [4] Kržan, A. (2012). **Biodegradable polymers and plastics**. *Innovative Value Chain Development for Sustainable Plastics in Central Europe (PLASTiCE)*.
- [5] Jean Garner Stead, W. Edward Stead, M.E. Sharpe, (2009). **Management for a Small Planet**, 3rd ed. Armonk, N.Y (USA).
- [6] Sain, M., & Panthapulakkal, S. (2006). **Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization**. *Industrial Crops and Products*, 23(1), 1-8.
- [7] Castro, D. O., Ruvolo-Filho, A., & Frollini, E. (2012). **Materials prepared from biopolyethylene and curaua fibers**: Composites from biomass. *Polymer Testing*, 31(7), 880-888.
- [8] MacMilan JD (1994) **Pretreatment of lignocellulosic biomass**, ACS symposium series, America, pp324-292.
- [9] Khalil, H. A., Tehrani, M. A., Davoudpour, Y., Bhat, A. H., Jawaid, M., & Hassan, A. (2013). **Natural fiber reinforced poly (vinyl chloride) composites: A review**. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 32(5), 330-356.
- [10] La Mantia, F. P., & Morreale, M. (2011). **Green composites: A brief review**. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42(6), 579-588.
- [11] Song, J. H., Murphy, R. J., Narayan, R., & Davies, G. B. H. (2009). **Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics**. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences*, 364(1526), 2127-2139.
- [12] Sorrentino, A., Gorrasi, G., & Vittoria, V. (2007). **Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications**. *Trends in Food Science & Technology*, 18(2), 84-95.

- [13] Moon R. J., Martini A., G. Narin, J. Simonsen and J. Youngblood (2011). **Cellulos nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites**, Chem. Soc., Rev., v.40 , p.3941-3994.
- [14]Salameh, Y. F. A. H. (2009). **Methods Of Extracting Cellulosic Material From Olive Pulp**.(Doctoral dissertation).
- [15]Kim, J.S., Lee, Y.Y., Kim, T.H., 2016. **A review on alkaline pretreatment technology for bioconversion of lignocellulosic biomass**. **Bioresour. Technol.** 199, 42–48.
- [16]Sun, X. F., Sun, R. C., Su, Y., & Sun, J. X. (2004). **Comparative study of crude and purified cellulose from wheat straw**. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(4), 839-847.
- [17]Fang, J. M., Sun, R. C., & Tomkinson, J. (2000). **Isolation and characterization of hemicelluloses and cellulose from rye straw by alkaline peroxide extraction**. *Cellulose*, 7(1), 87-107.
- [18]Sophonputtanaphoca, S., Chutong, P., Cha-Aim, K., & Nooeaid, P. (2019). **Potential of Thai rice straw as a raw material for the synthesis of carboxymethylcellulose**. *International Food Research Journal*, 26(3), 969-978.
- [19] [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2005. **ASTM D638 2005**. Standard Test Methods For Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. Philadelphia (US): ASTM.
- [20] Alwadi A, Jabra R, Alkass G, Alchik D (2014) **Preparation and Characterization of Epoxy Resin** / Cycloaliphatic Amine Coating. Damascus University Journal for BASIC SCIENCES, Vol. 30, No 2, 173-198.
- [21]Yadav, C., Saini, A., & Maji, P. K. (2017). **Energy efficient facile extraction process of cellulose nanofibres** and their dimensional characterization using light scattering techniques. *Carbohydrate Polymers*, 165, 276-284.
- [22]Ahmadzadeh, S., Desobry, S., Keramat, J., & Nasirpour, A. (2016). **Crystalline structure and morphological properties of porous cellulose/clay composites**: The effect of water and ethanol as coagulants. *Carbohydrate Polymers*, 141, 211-219.
- [23] F. Xu, J. X .Sun, Z. C. Gen, C. F Liu, J. L.Ren, R. C. Sun, et al..**Comparative study of water-soluble and alkali-soluble hemicelluloses** fromperennial ryegrass leaves (*Lolium peree*). *Carbohydrate Polymer*, 67(1), 2007,56–65.
- [24]Sain, M., Panthapulakkal, S., 2006. **Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization**. *Ind. Crops Prod.* 23, 1–8.

- [25]Chandra, J. C. S., George, N., & Narayanankutty, S. K. (2016). **Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from arecanut husk fibre**. *Carbohydrate Polymers*, 142, 158-166.
- [26]Lin, O. H., Kumar, R. N., Rozman, H. D., & Noor, M. A. M. (2005). **Grafting of sodium carboxymethylcellulose (CMC)** with glycidyl methacrylate and development of UV curable coatings from CMC-g-GMA induced by cationic photoinitiators. *Carbohydrate polymers*, 59(1), 57-69.
- [27]Modi, V. K., Shrives, Y., Sharma, C., Sen, P. K., Bohidar, S. K. 2014. **Review on Green Polymer Nanocomposite and Their Applications**. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 3 (11), 17651–17656.
- [28] Shimao, M. (2001). **Biodegradation of plastics**. *Current opinion in biotechnology*, 12(3), 242-247.
- [29]Setiani, W., T. Sudiarti, L. Rahmidar. 2013. **Preparation and characteristics of edible films from polyblend of sukun-chitosan starch**. *Valensi*, 3(2): 100-109.
- [30]Setiani, W., T. Sudiarti, L. Rahmidar. 2013. **Preparation and characteristics of edible films from polyblend of sukun-chitosan starch**. *Valensi*, 3(2): 100-109.
- [31]Orts, W. J., Shey, J., Imam, S. H., Glenn, G. M., Guttman, M. E., & Revol, J. F. (2005). **Application of cellulose microfibrils in polymer nanocomposites**. *Journal of Polymers and the Environment*, 13(4), 301-306.
- [32]Helwati, H., Saleha, S., & Iqbalsyah, T. M. (2019, May). **Development of bioplastic from wheat Janeng starch for food packaging**. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 523, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.