



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي-

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطالبات:

دحمري مريم سقني أسماء
قدوده نادية لبزة نادية

مراح زهيرة

الموضوع

تحويل النفايات العضوية حيوانية ونباتية إلى البلاستيك الحيوي:

توصيفه وتطبيقاته

نوقشت في: 2023/05 /29

أمام لجنة المناقشة:

جامعة الوادي	رئيسا	استاذ محاضر (أ)	وصيف خالد محمد الطيب
جامعة الوادي	ممتحنا	استاذ محاضر (ب)	سروطي عبد الغني
جامعة الوادي	ممثل دار المقاولاتية	استاذ محاضر (أ)	مفيد عبد اللاوي
جامعة الوادي	مشرفا ومقررا	باحث	زغود سمية
جامعة الوادي	مساعد مشرف	استاذ محاضر (أ)	همامي هادية

الموسم الجامعي: 2023/2022



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي-

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من إعداد الطالبات:

دحمري مريم سقني أسماء
قدوده نادية لينة نادية

مراح زهيرة

الموضوع

تحويل النفايات العضوية حيوانية ونباتية إلى البلاستيك الحيوي:

توصيفه وتطبيقاته

نوقشت في: 2023/05 /29

أمام لجنة المناقشة:

جامعة الوادي	رئيسا	استاذ محاضر (أ)	وصيف خالد محمد الطيب
جامعة الوادي	ممتحنا	استاذ محاضر (ب)	سروطي عبد الغني
جامعة الوادي	ممثل دار المقاولاتية	استاذ محاضر (أ)	مفيد عبد اللاوي
جامعة الوادي	مشرفا ومقررا	باحث	زغود سمية
جامعة الوادي	مساعد مشرف	استاذ محاضر (أ)	همامي هادية

الموسم الجامعي: 2023/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله و الصلاة والسلام على من استمدت الأرواح من نوره وفضله سيدنا محمد خاتم الأنبياء
والمرسلين وعلى آله وصحبه أجمعين

إلى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير، فلقد كانت له الفضل الأول في بلوغي
التعليم العالي (والدي الحبيب)، أطال الله في عمره. إلى من وضعتي على طريق الحياة،
وجعلتني رابط الجأش، وراعيتني حتى صرت كبيرة (أمي الغالية). حفظها الله. إلى إخوتي،
ومن كان لهم بالغ الأثر في حل الكثير من العقبات والصعاب. إلى جميع أساتذتي الكرام،
من لم يتوانوا في مديدي العون.

لحمري مريم

اهدي بحث تخرجي إلى روح والدي الطاهرة تعمده الله برحمته وادخله فسيح جنانه... وإلى
من أفضلها على نفسي، فلقد ضحّت من اجلي ولم تدخر جهداً في سبيل إسعادي
على الدوام (أمي الحبيبة). وإلى إخوتي وخالتي كانوا اليد الداعمة في إتمام هذا البحث.

سقتي أسماء

الإهداء

مرّت قاطرة البحث بكثير من العوائق، ومع ذلك حاولت أن أتخطأها بثبات بفضل من الله ومنه. إلى أباي
وأخوتي، فلقد كانوا بمثابة العُضد والسند في سبيل استكمال البحث. ولا ينبغي أن أنسى أساتذتي ممن
كان لهم الدور الأكبر في مُساندتي
ومدّي بالمعلومات القيمة... أهدي لكم بحث تخرّجي
داعياً المولى عز وجلّ - أن يُطيل في أعماركم، ويرزقكم بالخيرات.

قدوده نادية

إلى من كلله الله بالهبة والوقار... إلى من علمني العطاء بدون انتظار... إلى من أحمل اسمه بكل
افتخار.. أهدي تخرّجي إلى والدي العزيز حفظه الله. إلى ملاكي في الحياة... إلى معنى الحب
والحنان... إلى بسمّة الحياة وسر الوجود، إلى من كان دعائها سر نجاحي أمي وحتي وحيبة
قلبي أدامها الله سالمًا. إلى إخوتي وأخواتي وعائلي وأساتذتي وصدقاتي ومن كان لي
سندا وعونا في مشواري الدراسي أهديكم ثمرة نجاحي هذا.

مراح زهيرة

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة، ها أنا اختتم بحث تخرّجي بكل همّة ونشاط، فالحمد لله لوصولي هذه
الخطوة في مسيرتي الدراسية. أريد أن أتوجه بالشكر إلى عائلي وصدقاتي وأساتذتي فلقد كانوا بمثابة
العُضد والسند للاستكمال هذا العمل.

أهدي لكم بحث تخرّجي داعياً المولى عز وجلّ أن يطيل في أعماركم ويرزقكم بالخيرات.

لبزه نادية



شكراً و تقديراً
لما قدمتموه لنا من

"كن عالماً ... فإن لم تستطع فكن متعلماً، فإن لم تستطع فأحبب العلماء،

فإن لم تستطع فلا تدغمهم"

بعد رحلة بحث و جهد و اجتهاد تكلمت بإنجاز هذا البحث، بحمد الله عز وجل على النعم التي من بها علينا فهو العلمي القدير، كما لا يسعنا إلا أن نخص بأسمى عبارات الشكر و التقدير الدكتور " زغود سميرة" لما قدمته لنا من جهد و نصح و معرفة طيلة إنجاز هذا البحث .

إلى الذين كانوا عوناً لنا في بحثنا هذا ونورا يضيء الظلمة التي كانت تقف أحياناً في طريقنا.

كما أتوجه بأرقى عبارات الشكر والعرفان إلى كل من قدموا لنا المساعدات والتسميات والمعلومات وخاصة رئيس قسم هندسة الطرائق (د.صلاح الدين لعويني) طاقم الأساتذة الذين سهروا على تكويننا، مسؤول الوحدة الأستاذ(الوصيف محمد الطيب خالد) ومسؤول الكاظمة الجامعية الأستاذ (د.فرحات محمد فؤاد)، وإلى الأستاذة (د.هامي هادي)، الأستاذة (بن عمر إلهام) والأستاذة (بن عمر أسماء)، وإلى مسؤولة المخبر (د. جميلة برة).

البحث بحثنا، فلولا وجودهم لما أحسننا بمتعة العمل و حلاوة البحث،

ولما وصلنا إلى ما وصلنا إليه

فلهم منا كل الشكر...



قائمة الرموز

قائمة الرموز	
الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد القابلة للتحويل إلى سماد	ASTMD6400
ثنائي الفينول أ.	BPA
الطلب البيولوجي على الأكسجين.	BOD
الطلب على الاكسجين الكيميائي.	COD
اللداين الحيوية الكيتين.	CP
كيتين هيدروكسيباتيت البلاستيك المركب.	CHP
معيار التحلل البيولوجي. المعيار الأوروبي للتغليف القابل للتحويل إلى سماد.	EN13432
معيار التحلل البيولوجي الدولي.	EN17033
تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء	FTIR
هيدروكسيباتيت.	HAP
المعيار الرئيسي الدولي لاختبار التحلل البيولوجي للبلاستيك في التربة.	ISO17556
تقييم دورة الحياة.	LCA
بولي هيدروكسي ألكانات.	PHA
بولي (بوتيلين أديبات - تريفثالات).	PBAT
عديد حمض اللبنيك أو عديد حمض اللبنيك.	PLA
بولي (ثلاثي إيثيلين تيريفثاليت).	PTT
حمض بولي جليكوليك.	PGA
بولي هيدروكسي ألكانات.	PHAs
مجهر المسح الإلكتروني.	SEM
حمض Tridecafluoronanoic.	TFNA

قائمة الجداول

قائمة الجداول		
الصفحة	الجدول	
الفصل الأول		
11	الأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تحلل PHA.	الجدول (1.I)
12	الاختلاف بين المواد القابلة للتحلل الحيوي والمواد القابلة للتحول إلى سماد.	الجدول (2.I)
17	التطبيقات المختلفة للبلاستيك الحيوي اعتماداً على مصدره.	الجدول (3.I)
18	الفرق بين البلاستيك الحيوي والبلاستيك الصناعي.	الجدول (4.I)
الفصل الرابع		
75	المواد الكيميائية المستعملة.	الجدول (1.IV)
86	تردد إمتصاصات المجموعات الوظيفية العضوية	الجدول (2.IV)
الفصل الخامس		
95	مردود البوليمرات المستخلصة.	الجدول (1.V)
101	خصائص المظهر لمختلف الأفلام المصنعة.	الجدول (2.V)
103	الخصائص الميكانيكية للأفلام البلاستيكية.	الجدول (3.V)
103	الخصائص الكيميائية للأفلام البلاستيكية	الجدول (4.V)

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال		
الصفحة		الشكل
الفصل الأول		
8	تصنيف البلاستيك حسب قابلية التحلل والمصدر القائم عليه	الشكل (1.I)
17	تطبيقات البلاستيك الحيوي.	الشكل (2.I)
الفصل الثاني		
27	مخلفات عضوية.	الشكل (1.II)
28	تصنيف المخلفات العضوية.	الشكل (2.II)
الفصل الثالث		
40	البناء الهيكلي للسيليلوز.	الشكل (1.III)
41	مصادر السليلوز الطبيعية.	الشكل (2.III)
44	البنية الهيكلية للأميلوز والأميلوبكتين.	الشكل (3.III)
45	مصادر النشاء من الكتلة الحيوية.	الشكل (4.III)
47	التركيب الأولي للبروتين.	الشكل (5.III)
48	التركيب الثانوي للبروتين.	الشكل (6.III)
48	التركيب الثلاثي للبروتين.	الشكل (7.III)
49	التركيب الرباعي للبروتين.	الشكل (8.III)
49	مصادر البروتين المختلفة.	الشكل (9.III)
52	البنية الهيكلية للكيتين.	الشكل (10.III)
53	البنية الهيكلية للشيتوزان.	الشكل (11.III)
54	أهم مصادر الكيتين والشيتوزان.	الشكل (12.III)
58	أهم مجالات تطبيقات البوليمرات الحيوية.	الشكل (13.III)
الفصل الرابع		
77	درنات البطاطا.	الشكل (1.IV)
77	قشور البطاطا بعد التقطيع.	الشكل (2.IV)
77	مراحل استخلاص النشاء من قشور البطاطا.	الشكل (3.IV)
78	قشور الموز قبل التجفيف.	الشكل (4.IV)
78	قشور الموز بعد التجفيف.	الشكل (5.IV)
79	استخلاص السليلوز من قشور الموز.	الشكل (6.IV)

قائمة الأشكال

80	أرجل الدجاج قبل التقطيع.	الشكل (7.IV)
80	أرجل الدجاج بعد التقطيع.	الشكل (8.IV)
80	مراحل استخلاص البروتين من أرجل الدجاج.	الشكل (9.IV)
81	الجمبري قبل التقشير.	الشكل (10.IV)
81	قشور الجمبري	الشكل (11.IV)
82	استخلاص الكيتين.	الشكل (12.IV)
83	استخلاص الشيتوزان.	الشكل (13.IV)
84	إنتاج أفلام البلاستيك من النشاء.	الشكل (14.IV)
84	إنتاج أفلام البلاستيك من النشاء المدعم بالبروتين.	الشكل (15.IV)
85	إنتاج أفلام البلاستيك من النشاء المدعم بالسليولوز.	الشكل (16.IV)
86	أفلام البلاستيك من النشاء المدعم بالكيتين، الشيتوزان.	الشكل (17.IV)
الفصل الخامس		
94	البوليمرات المختلفة المستخلصة.	الشكل (1.V)
96	تجربة الكشف عن النشاء.	الشكل (2.V)
96	تجربة الكشف عن البروتين باللون.	الشكل (3.V)
97	ترسيب البروتين بمحلول $(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \text{Pb}$	الشكل (4.V)
98	أطياف الأشعة تحت الحمراء للنشاء المحضر والنشاء التجاري	الشكل (5.V)
100	أطياف الأشعة تحت الحمراء للبوليمرات المحضرة.	الشكل (6.V)
100	مختلف الأفلام البلاستيكية المصنعة.	الشكل (7.V)
102	أطياف الأشعة تحت الحمراء لمختلف الأفلام البلاستيكية المحضرة.	الشكل (8.V)

الصفحة	العنوان
	الفهرس
	الإهداء
	الشكر والعرفان
	قائمة الرموز
	قائمة الجداول
	قائمة الأشكال
	الفهرس
	الملخص
1	المقدمة العامة
	مراجع المقدمة
	الجزء النظري
الفصل الأول: عموميات حول البلاستيك الحيوي	
6	1.I مفهوم البلاستيك الحيوي
7	2.I تصنيف البلاستيك الحيوي
8	3.I أنواع البلاستيك الحيوي
8	1.3.I البلاستيك الحيوي القائم على النشاء
9	2.3.I البلاستيك الحيوي القائم على السليلوز
9	3.3.I البلاستيك الحيوي القائم على البروتين
9	4.3.I البلاستيك الحيوي القائم على اللجنين
9	5.3.I البلاستيك الحيوي القائم على الكيتين
10	6.3.I البلاستيك الحيوي القائم على الشيتوزان
10	4.I خصائص البلاستيك الحيوي
10	1.4.I التحلل البيولوجي
11	2.4.I قابلية التسميد
13	3.4.I السمية البيئية بسبب تحلل البوليمر
14	5.I مزايا وعيوب البلاستيك الحيوي
14	1.5.I مزايا البلاستيك الحيوي
15	2.5.I عيوب البلاستيك الحيوي
16	6.I تطبيقات واستخدامات البلاستيك الحيوي
18	7.I الفرق بين البلاستيك الحيوي و البلاستيك التقليدي
19	8.I خيارات إعادة تدوير البلاستيك الحيوي
19	1.8.I إعادة التدوير الميكانيكي
20	2.8.I إعادة التدوير الكيميائي (إعادة التدوير الثالث)

21	إعادة التدوير الأنزيمي والميكروبي	3.8.I	
21	الإنتاج العالمي		9.I
مراجع الفصل			
الفصل الثاني: المخلفات العضوية			
27	تعريف المخلفات العضوية	1.II	
28	تصنيف المخلفات العضوية	2.II	
28	أنواع المخلفات العضوية	3.II	
28	النفايات الزراعية	1.3.II	
29	النفايات البلدية الصلبة	2.3.II	
30	المخلفات الصناعية	3.3.II	
31	مخلفات الطعام	4.3.II	
31	آثار النفايات العضوية		4.II
31	آثارها على الصحة	1.4.II	
32	آثارها على البيئة	2.4.II	
32	آثارها على الاقتصاد	3.4.II	
33	إعادة تدوير المخلفات العضوية		5.II
34	فوائد الإدارة العقلانية للمخلفات العضوية		6.II
مراجع الفصل			
الفصل الثالث: البوليمرات الحيوية			
39	تعريف البوليمرات الحيوية	1.III	
39	تصنيف البوليمرات الحيوية	2.III	
39	البوليمرات الحيوية الطبيعية	1.2.III	
40	البوليمرات الاصطناعية	2.2.III	
40	طرق مستدامة لاستخراج البوليمرات الحيوية		3.III
40	استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على السليلوز	1.3.III	
40	تعريف	1.1.3.III	
40	البنية الهيكلية للسليلوز	2.1.3.III	
41	مصادر السليلوز	3.1.3.III	
41	الاستخلاص	4.1.3.III	
43	استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على النشاء		2.3.III
43	تعريف	1.2.3.III	
44	البنية الهيكلية للنشاء	2.2.3.III	
45	مصادر النشاء	3.2.3.III	
45	الاستخلاص	4.2.3.III	

47	استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على البروتين	3.3.III	
47	تعريف البروتين	1.3.3.III	
47	البنية الهيكلية للبروتين	2.3.3.III	
49	مصادر البروتين	3.3.3.III	
50	الاستخلاص	4.3.3.III	
52	استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على الكيتين والشيتوزان	4.3.III	
52	تعريف الكيتين	1.4.3.III	
52	البنية الهيكلية للكيتين	2.4.3.III	
52	تعريف الشيتوزان	3.4.3.III	
53	البنية الهيكلية للشيتوزان	4.4.3.III	
53	مصادر الكيتين والشيتوزان	5.4.3.III	
54	استخلاص الكيتين والشيتوزان	6.4.3.III	
57	تطبيقات البوليمرات الحيوية	4.III	
58	دراسات سابقة حول تحويل البوليمرات الحيوية إلى بلاستيك حيوي	5.III	
58	تحويل السليلوز إلى بلاستيك حيوي	1.5.III	
60	تحويل النشاء إلى بلاستيك حيوي	2.5.III	
62	تحويل البروتين إلى بلاستيك حيوي	3.5.III	
63	تحويل الكيتين إلى بلاستيك حيوي	4.5.III	
65	تحويل الشيتوزان على بلاستيك حيوي	5.5.III	
67	خصائص البلاستيك الحيوي	6.III	
67	الخصائص الميكانيكية	1.6.III	
68	الخصائص الكيميائية	2.6.III	
مراجع الفصل			
الجزء العملي			
الفصل الرابع: المواد والطرق			
75	المواد الكيميائية الأجهزة المستعملة	1.IV	
75	المواد الكيميائية المستعملة	1.1.IV	
76	الأجهزة و الأدوات المستخدمة	2.1.IV	
76	استخلاص البوليمر الحيوي	2.IV	
76	نشاء قشور البطاطا	1.2.IV	
78	استخلاص السليلوز من قشور الموز	2.2.IV	
79	استخلاص البروتين (كولاجين) من أرجل الدجاج	3.2.IV	
81	استخلاص الكيتين و الشيتوزان من قشور الجمبري	4.2.IV	

83	تحضير البلاستيك الحيوي	3.IV
83	بلاستيك حيوي قائم على أساس نشاء البطاطا	1.3.IV
84	بلاستيك حيوي قائم على النشاء مدعم بالبروتين	2.3.IV
85	بلاستيك حيوي قائم على النشاء مدعم بالسليولوز	3.3.IV
85	بلاستيك حيوي قائم على النشاء مدعم بالكيتين والشيتوزان	4.3.IV
86	التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء لتوصيف البوليمرات والبلاستيك الحيوي	4.IV
88	دراسة خصائص البلاستيك الحيوي	5.IV
88	الاختبارات الميكانيكية	1.5.IV
90	الاختبارات الكيميائية	2.5.IV
مراجع الفصل		
الفصل الخامس: النتائج و المناقشة		
94	البوليمرات المستخلصة	1.V
94	صور البوليمرات المستخلصة	1.1.V
95	مردود البوليمرات المستخلصة	2.1.V
95	تجارب الكشف	3.1.V
97	تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء لعينات البوليمر	4.1.V
100	أفلام البلاستيك الحيوي المصنعة	2.V
100	صور مختلف الأفلام المحضرة	1.2.V
101	خصائص مختلف الأفلام المحضرة	2.2.V
101	تحليل الأشعة تحت الحمراء لمختلف الأفلام	3.2.V
102	الخصائص الميكانيكية لمختلف الأفلام	4.2.V
103	الخصائص الكيميائية لمختلف الأفلام	5.2.V
مراجع الفصل		
107	الخاتمة العامة	
الملخص		

المخلص:

يهدف هذا العمل الى تثمين المخلفات العضوية وذلك باستخلاص بوليمرات مختلفة، يمكن استخدامها في إنتاج مواد صديقة للبيئة، حيث اعتمدنا في هذا العمل على إنتاج أفلام بلاستيك حيوي قائم على النشاء المستخلص من قشور البطاطا، أيضا حاولنا تحسين خصائص البلاستيك المنتج، وذلك من خلال تدعيم هذه الأفلام بالسليولوز المستخلص من قشور الموز، البروتين المستخلص من أرجل الدجاج والكيتين والشيتوزان المستخلص من قشور الجمبري، تدخل هذه الأخيرة في عدة تطبيقات مختلفة منها: التعبئة والتغليف للمنتجات الغذائية والطبية، والصناعات المختلفة. تم الحصول على عدة أفلام بلاستيكية لها خصائص مختلفة اعتمادا على مصدرها الأساسي، حيث اعتمدنا في دراستنا على مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) بشكل أساسي لتحديد المجاميع الوظيفية للمواد المستخلصة والمصنعة، الأفلام المصنعة أثبتت أن لها خصائص جيدة منها: المرونة والشفافية، محتوى الرطوبة، قدرة امتصاصها للماء وتحللها فيه، أيضا تحللها في الأحماض والأسس وثباتها في الأملاح.

من خلال هذه الدراسة يعتبر استغلال المخلفات العضوية في إنتاج البلاستيك الحيوي واحداً من الاتجاهات المستدامة المبتكرة، يحظى باتجاهات إيجابية نظرا للمزايا العديدة التي يوفرها من حيث التأثير البيئي.

الكلمات المفتاحية: المخلفات العضوية، البلاستيك الحيوي، البوليمرات الحيوية.

Abstract:

This work aims to value organic waste by extracting different polymers that can be used to produce environmentally friendly materials. In this work, we relied on the production of bioplastic films based on starch extracted from potato peels. We tried to improve the properties of the produced plastic by adding cellulose extracted from banana peels, protein removed from chicken legs, chitin, and chitosan extracted from shrimp peels as a fortifying agent. The latter is used in several applications, including packaging for food and medical products and various industries. Several plastic films were obtained with different properties depending on their primary source; where in our study, we relied on infrared spectroscopy (FTIR) mainly to determine the functional groups of the extracted and manufactured materials; the manufactured films proved to have good properties, including flexibility, transparency, moisture content, its ability to absorb water and dissolve in it, as well as its ability to dissolve into acids and bases, and its stability in salts.

Through this study, the exploitation of organic waste in the production of bioplastics is considered one of the innovative sustainable trends, with positive trends due to its many advantages in terms of environmental impact.

Keywords: organic waste, bioplastics, biopolymers.

الله أكبر

البلاستيك الصناعي مادة مصنوعة من البوليمرات الاصطناعية، يستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات بسبب مرونته ومثابته وخفته وانخفاض تكلفته [1]، قدر الانتاج العالمي بحوالي 359 مليون طن من البلاستيك سنوياً، حسب تقديرات منظمة الأمم المتحدة للبيئة [2]، حيث يستهلك بشكل رئيسي في التعبئة والتغليف، والصناعات الطبية والبناء والسيارات والصناعات الإلكترونية والملابس وغيرها من الصناعات المختلفة [3]، تكمن آثاره على البيئة في فترة تحلله الطويلة وصعوبة التخلص منه، حيث يتم التخلص منه في المحيطات والبحيرات والأنهار، مما يتسبب في تلوث المياه والتربة ووفاء الحيوانات البحرية والطيور والحيوانات الأخرى، أحيانا يتم حرق البلاستيك، مما يتسبب في انبعاث غازات سامة وتلوث الهواء، تنبثق المخاطر البيئية والصحية الناجمة عن البلاستيك الصناعي من المواد الكيميائية المستخدمة في إنتاجه وتحلله، هذه المواد الكيميائية لها آثار سلبية على الصحة البشرية، مثل السرطان والاضطرابات الهرمونية ومشاكل كثيرة أخرى، للتغلب على هذه المشاكل، يجب نشر الوعي بمخاطر البلاستيك الصناعي على البيئة والصحة وتعزيز ثقافة الاستدامة والتخلص السليم من النفايات، ودعم البحث والتطوير للعثور على مواد بديلة صديقة للبيئة وتقنيات جديدة لتقليل استخدامه ألا وهو البلاستيك الحيوي [4].

البلاستيك الحيوي نوع من البلاستيك يتم إنتاجه من مصادر طبيعية متجددة مثل: النشاء والسكر والزيوت النباتية، يعتبر البلاستيك الحيوي حلاً بديلاً محتملاً للبلاستيك التقليدي، يتميز بقابلية للتحلل البيولوجي، حيث يتحلل بشكل طبيعي بفعل العوامل البيئية الموجودة في التربة والماء [5]، ينتج هذا الأخير باستخدام تقنيات مثل: التخمير البكتيري أو الخميرة، حيث يتم تحويل المواد الأولية النباتية إلى بوليمرات قابلة للتحلل [6]، يتم استخدام البلاستيك الحيوي في مجموعة متنوعة من التطبيقات مثل: التعبئة والتغليف، الأكياس، الأواني البلاستيكية، الصناعات الطبية وأغلفة الهواتف المحمولة وغيرها من التطبيقات المختلفة، يساهم استخدام البلاستيك الحيوي في تقليل تراكم النفايات البلاستيكية لمدة طويلة في البيئة مما يتسبب في تلوث البيئة والتربة والمحيطات [7].

من هذا المنطلق يجرى البحث الدائم لاستخدام مواد متجددة لإنتاج البلاستيك الحيوي وتقليل التأثيرات البيئية لإنتاجه، حيث يعد استغلال المخلفات العضوية (حيوانية ونباتية) لإنتاجه بالطرق المستدامة لتقليل النفايات، ومن المهم أيضاً تطوير تقنيات فعالة واقتصادية لتحويل هذه المخلفات إلى مواد بلاستيكية قابلة للتحلل بشكل طبيعي، وذلك من خلال تحويلها إلى بوليمرات قابلة للتحلل الحيوي [8].

إنتاج البوليمرات الحيوية يتطلب عملية تحويل المواد الخام الحيوية إلى بوليمرات قابلة للتحلل، حيث يمكن استخدام البوليمرات المشتقة من المخلفات النباتية مثل: السكريات والنشاء والسليلوز، والمخلفات الحيوانية مثل: الكيتين والشيتوزان لتصنيع البوليمرات الحيوية، يتم استخلاص هذه المواد وتحويلها إلى بوليمرات الحيوية، يتطلب استغلال البوليمرات الحيوية توجهاً شاملاً يركز على الابتكار التكنولوجي والتوعية البيئية للحد من التأثير البيئي للبلاستيك وتحقيق الاستدامة في صناعة البلاستيك^[9].

من هنا برزت فكرة بحثنا ألا وهي استغلال المخلفات العضوية لإنتاج بلاستيك حيوي قائم على النشاء المستخلص من قشور البطاطا، أيضاً حاولنا تحسين خصائص البلاستيك المنتج من خلال تدعيم هذه الأفلام بمخلفات البوليمرات الحيوية المستخلصة من مصادر مختلفة منها: السليلوز المستخلص من قشور الموز، البروتين المستخلص من أرجل الدجاج، الكيتين والشيتوزان المستخلص من قشور الجمبري.

حيث تضمنت هذه المذكرة خمسة فصول تتدرج تحت العناوين التالية:

✓ **الفصل الأول:** تناولنا فيه عموميات حول البلاستيك الحيوي: مفهومه، تصنيفه، مزاياه وعيوبه، مجالات استعمالاته وإنتاجه العالمي.

✓ **الفصل الثاني:** تطرقنا فيه إلى المخلفات العضوية: تعريفها، تصنيفها، أنواعها، أثارها، إعادة تدويرها وفوائد الإدارة العقلانية للمخلفات العضوية.

✓ **الفصل الثالث:** تناولنا فيه البوليمرات الحيوية، تصنيفها، طرق خضراء مستدامة لاستخراجها، تطبيقاتها، تحويل البوليمرات إلى بلاستيك حيوي وخصائص البلاستيك الحيوي.

✓ **الفصل الرابع:** تطرقنا فيه إلى المواد والطرق المستخدمة في القسم العملي للدراسة.

✓ **الفصل الخامس:** تطرقنا فيه إلى النتائج المتوصل إليها ومناقشتها.

وفي الأخير ختمنا الدراسة بملخص حول أهمية المخلفات العضوية وكيفية استغلالها لإنتاج تشكيلات وأنواع مختلفة من أفلام البلاستيك الحيوي.

مراجع اللغات الأجنبية:

- [1] B. Tajeddin and M. Arabkhedri, "Polymers and food packaging," in *Polymer science and innovative applications*, ed: Elsevier, 2020, pp. 525-543.
- [2] A. Rafey and F. Z. Siddiqui, "A review of plastic waste management in India—challenges and opportunities," *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, pp. 1-17, 2021.
- [3] A. Genis, "Analysis of the global and Russian markets of polypropylene and of its main consumption areas," *Russian Journal of General Chemistry*, vol. 87, pp. 2137-2150, 2017.
- [4] N. I. Ibrahim, F. S. Shahr, M. T. H. Sultan, A. U. M. Shah, S. N. A. Safri, and M. H. Mat Yazik, "Overview of bioplastic introduction and its applications in product packaging," *Coatings*, vol. 11, p. 1423, 2021.
- [5] I. M. Shamsuddin, J. A. Jafar, A. S. A. Shawai, S. Yusuf, M. Lateefah, and I. Aminu, "Bioplastics as better alternative to petroplastics and their role in national sustainability: a review," *Adv. Biosci. Bioeng*, vol. 5, p. 63, 2017.
- [6] M. Brodin, M. Vallejos, M. T. Opedal, M. C. Area, and G. Chinga-Carrasco, "Lignocellulosics as sustainable resources for production of bioplastics—A review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 162, pp. 646-664, 2017.
- [7] E. S. Okeke, O. A. Olagbaju, C. O. Okoye, C. I. Addey, K. I. Chukwudozie, J. O. Okoro, *et al.*, "Microplastic burden in Africa: a review of occurrence, impacts, and sustainability potential of bioplastics," *Chemical Engineering Journal Advances*, p. 100402, 2022.
- [8] S. S. Ali, E. A. Abdelkarim, T. Elsamahy, R. Al-Tohamy, F. Li, M. Kornaros, *et al.*, "Bioplastic production in terms of life cycle assessment: A state-of-the-art review," *Environmental Science and Ecotechnology*, p. 100254, 2023.

- [9] F. Muneer, H. Nadeem, A. Arif, and W. Zaheer, "Bioplastics from biopolymers: an eco-friendly and sustainable solution of plastic pollution," *Polymer Science, Series C*, vol. 63, pp. 47-63, 2021.

الفصل الاول:

معلومات حول

البلديات الحيوية

يمثل إنتاج البلاستيك التقليدي 99.3 % من الإنتاج العالمي، ويعود هذا إلى تعدد خواصه وأشكاله واستخداماته، إذ أنه جزء لا يتجزأ من حياتنا اليومية، ينتمي هذا الأخير إلى مجموعة كبيرة تسمى بالبوليمرات المتواجدة في النفط، والتي تطرأ عليها عدة تفاعلات كيميائية تستهلك طاقة كبيرة، تتسبب هذه العمليات وبشكل مباشر في أضرار للبيئة أهمها الاحتباس الحراري نتيجة للكميات المهولة من غاز ثاني أكسيد الكربون، والأضرار الصحية، بالإضافة إلى الاستهلاك الضخم للنفط وفقا لمعدل استهلاكه في الآونة الأخيرة، يقدر العلماء أن المخزون الاحتياطي العالمي للنفط معرض للنفاذ خلال 30 عام من الآن مما يؤول إلى زوال إنتاج البلاستيك مستقبلا^[1].

نظرا للتلوث الذي تعاني منه جميع مجالات الحياة (السياحة، الاقتصاد، الصحة، البيئة والحياة البحرية والبرية) الناتج عن تصنيع واستخدام البلاستيك التقليدي، سعى العلماء خلال العقدين الماضيين إلى إيجاد طريقة لتصنيع مادة بديلة تحل محل البلاستيك وتكون أقل ضررا منه، اعتمادا على استخدام المخلفات الزراعية والعضوية بدلا من النفط، حيث يطلق على هذا النوع من البلاستيك بالبلاستيك الحيوي^[1]، والذي تم ابتكاره لأول مرة من خلال فريق من العلماء والباحثون الكيميائيين الذين تمكنوا من إنتاجه عن طريق استخدام مخلفات النبات أهمها: قصب السكر وبعض النشويات كالبطاطا، ولا سيما النشاء والسليولوز، من خلال إجراء عملية معالجة بيولوجية وكيميائية لها؛ وقد توصل العلماء بعد عدة تجارب إلى أن هذا البلاستيك الجديد قابل للتحلل وبشكل تلقائي بعد فترة زمنية^[2]، فما هو مفهوم البلاستيك الحيوي؟ وفيما تتمثل خصائصه؟ وما هي مميزاته وعيوبه؟

1.1. مفهوم البلاستيك الحيوي:

البلاستيك الحيوي Bioplastics، هو عبارة عن بلاستيك مصنوع جزئيا أو كليا من بوليمرات ذات مصدر بيولوجي أو مواد طبيعية مثل: النشاء والسليولوز والبروتين.... الخ، هذا النوع من البلاستيك قائم بشكل أساسي على مفاهيم بعيدة كل البعد عن البلاستيك العادي ألا وهي التحلل البيولوجي والتجدد،

بالإضافة لكونه صحي وآمن، يتحلل إلى جزئيات ماء وثاني أكسيد الكربون مما يجعل هذا البلاستيك متجدد وأفضل للبيئة من البلاستيك التقليدي، حيث يمكن القول أن المادة البلاستيكية الحيوية إما أن تشمل خاصية: قائم على أساس حيوي أو قابلة للتحلل البيولوجي أو كلتا الخاصيتين معا^[3]:

❖ **القائم على أساس حيوي (Biosourcé):** يعني أن المادة الناتجة مشتقة جزئياً من الكتلة الحيوية مثل قصب السكر، المخلفات الزراعية أو الحيوانية.

❖ **التحلل البيولوجي (Biodégradable):** تعتمد هذه العملية على الظروف البيئية مثل: درجات الحرارة، حيث تتحول خلالها الكائنات الدقيقة المتواجدة في البيئة إلى مواد طبيعية مثل: الماء وثاني أكسيد الكربون دون الحاجة إلى إضافات اصطناعية^[3].

ومن هنا يمكن القول إن البلاستيك الحيوي ينقسم إلى ثلاث مجموعات رئيسية وهي:

✓ الفينيل، متعدد الكلور: ذو أساس حيوي، مثل: (PTT).

✓ اللدائن البلاستيكية: وهي على حد سواء المصدر القائم والقابلة للتحلل الحيوي، مثل: (PLA)، (PHA).

✓ اللدائن التي تعتمد على موارد الوقود الأحفوري وقابلة لتحلل مثل: PBAT.

وعلى الرغم من نسبة إنتاجه الضعيفة والتي تمثل 1% من إنتاج البلاستيك العالمي، بلغت نسبة إنتاجه 1.7 مليون طن في عام 2014 ، وفي عام 2019 بلغ إنتاج البلاستيك الحيوي 7.8 مليون طن، ومن المتوقع مستقبلاً أن تتجاوز نسبة إنتاجه 50% من إجمالي إنتاج البلاستيك في العالم^[2].

2.I. تصنيف البلاستيك الحيوي:

يمكن تصنيع البلاستيك من مواد بيولوجية أو مواد قائمة على الأحافير، بحيث تكون مواد بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي أو غير قابل للتحلل، يتم تصنيع البلاستيك الحيوي من مواد متجددة، في حين أن

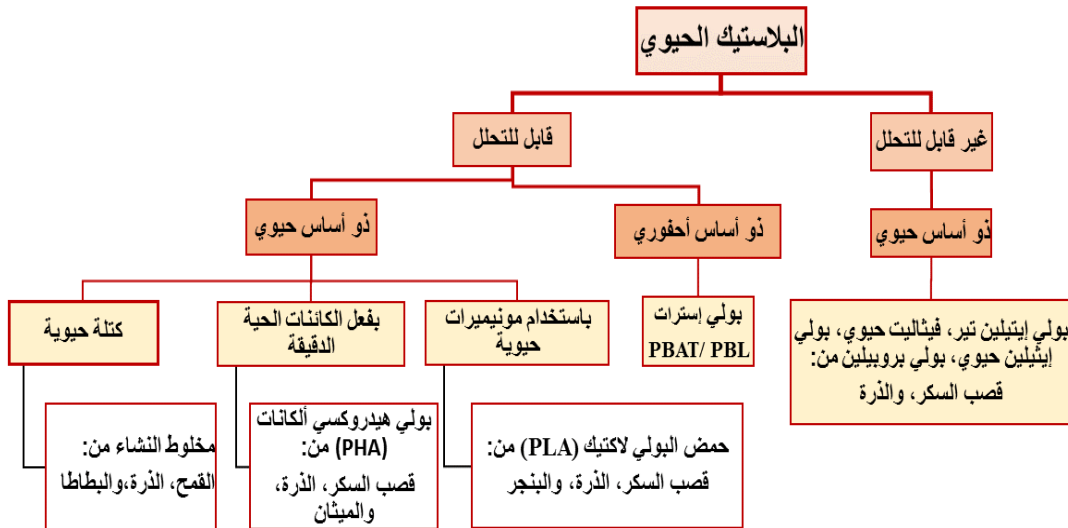
البلاستيك القابل للتحلل الحيوي مصنوع إما من بوليمر أحفوري أو خليط من المواد المتجددة والمواد الأحفورية، تنقسم المواد البلاستيكية القابلة للتحلل البيولوجي والبلاستيك الحيوي أساساً إلى ثلاثة أنواع [4]:

❖ قابلة للتحلل البيولوجي ومستندة على أساس النفط (أحفوري).

❖ غير قابلة للتحلل الحيوي والمستندة إلى أساس إحيائي.

❖ غير قابلة للتحلل البيولوجي وقائمة على البترول معروفة بالبلاستيك. حيث يوضح الشكل (1.I)

تصنيف البلاستيك حسب قابلية التحلل والمصدر القائم عليه [5].



الشكل (1.I) : تصنيف البلاستيك حسب قابلية التحلل والمصدر القائم عليه [6].

3.I أنواع البلاستيك الحيوي:

1.3.I البلاستيك الحيوي القائم على النشاء:

البوليمرات التي تحتوي على شقوق نشاء أصلية أو معدلة تتدرج تحت فئة نشاء البوليمرات، اللدائن الطبيعية أو الإصطناعية مع النشاء وكذلك البوليمرات الناتجة عن تخمير النشاء يتم تضمينها أيضاً في

هذه المجموعة وهذا يمثل ما يقارب 50% من سوق البلاستيك الحيوي العالمي [7, 8].

2.3.I. البلاستيك الحيوي القائم على السليلوز:

مشتق من استرات السليلوز أو مشتقات السليلوز الأخرى، حيث يحتوي السليلوز على جزيئات الجلوكوز متصلة ببعضها البعض عن طريق رابطة β -(1-4) الذي يفسر سبب الحاجة إلى ميكروبات تكافلية معينة لهضمها [9, 10].

3.3.I. البلاستيك الحيوي القائم على البروتين:

مشتق من مصادر مثل: الحليب والقمح والغلوتين ومصادر البروتين الأخرى.

4.3.I. البلاستيك الحيوي القائم على اللجنين:

على الرغم من أنه تم الحصول على اللجنين منذ فترة طويلة كمنتج ثانوي لإنتاج السليلوز، إلا أنه يتم استخدامه فقط مع ظهور مشاريع التكرير الحيوي التي يمتلكها هذا البوليمر [11].

5.3.I. البلاستيك الحيوي القائم على الكيتين:

الكيتين عبارة عن بوليمر حيوي مصنوع من وحدات إن-أسيتيل جلوكوز أمين المرتبطة بروابط (1- β -4)، وهو ثاني أكثر البوليمرات الحيوية وفرة بعد السليلوز، حيث يتواجد الكيتين في جدران خلايا الخميرة والفطريات والهياكل الخارجية للمفصليات، قشور القشريات مثل: سرطان البحر والجمبري.. الخ [12].

6.3.I. البلاستيك الحيوي القائم على الشيتوزان:

أجريت أعمال بحث مكثفة على الشيتوزان، والذي يعتبر مادة ذات إمكانيات مستقبلية كبيرة، إن السمات الإيجابية لتوافق الحيوي الممتازة، قابلية التحلل البيولوجي الرائعة مع السلامة البيئية، والسمية المنخفضة مع الأنشطة البيولوجية المتنوعة، مثل: النشاط المضاد للميكروبات، قد وفرت فرصاً كبيرة لمزيد من البحث التطوير [13].

4.I. خصائص البلاستيك الحيوي:

1.4.I. التحلل البيولوجي :

يعتمد معدل تحلل معظم اللدائن الحيوية على مساحة سطح البوليمر، ويمكن أن ينسب ذلك إلى حقيقة أن التحلل السريع لهذه المواد ناتج عن إنزيمات يكون نشاطها مرتبط بطبيعتها بسبب مساحة السطح، اعتمادا على التوازن بين معدل انقسام سلسلة التحلل المائي للبوليمر ومعدل انتشار الماء فيه، يعتمد هذا التحلل على عدة عوامل منها: التبلور، التشكل، درجة الحرارة وسمك المادة^[14].

تتحلل الأسطح بسرعة أكبر خاصة في التربة، مما يؤدي إلى زيادة مساحة السطح وخشونته بمرور الوقت، وهذا بدوره يوفر مساحة سطح أكبر للميكروبات لتلتصق بها، مما يجعل البوليمر أكثر عرضة لمزيد للتحلل، على سبيل المثال في حالة PHA، عادة ما يتحلل بفعل مزيلات البوليميراز خارج الخلية مثل: PHA depolymerases، والليياز، حيث تتواجد هذه الإنزيمات غالبا في الميكروبات التي تعيش في الرواسب والتربة فقط، حيث يمكن اعتبار PHA قابل للتحلل البيولوجي بسبب إمكانية تقسيمه إلى أوليغوميرات أو مونوميرات بواسطة العديد من الكائنات الحية الدقيقة كما أنها أكثر متانة من البوليمرات الأخرى مثل: البوليمرات القائمة على الأعشاب البحرية والتي لا تتمتع بعمر طويل في ظل الظروف المختلفة، و قد يعتمد وقت تحلل البوليمرات الحيوية على عدة عوامل مثل: المسامية والحالة الفيزيائية للبوليمر، ولكنه يعتمد أيضا إلى حد كبير على الكثافة الميكروبية والتنوع البيئي، درجة الحرارة، الحموضة، وتركيز الملح، ولكن نقص المعلومات حول هذا الموضوع يجعل من الصعب الإشارة إلى عامل بيئي أو مورفولوجي واحد باعتباره المحدد الرئيسي لمعدل التحلل البيولوجي^[14].

يقدم **الجدول (1.I)** أمثلة على الأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تحلل PHA في ظل ظروف مختلفة؛ في بيئة التربة وعند درجة الحموضة الفسيولوجية 7.4، المياه العذبة والبحار، وكذلك في نظام الحمأة المنشطة.

الجدول (1.I): الأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تحلل PHA.

الكائنات الدقيقة	الظروف
<i>Bacillus subtilis</i> <i>Pseudomonas sp</i>	تربة
<i>Chromobacterium viscosum</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i>	محلول مائي [7.4=pH]
<i>Acidovorax sp. Cupriavidus sp</i>	مياه عذبة
<i>Enterobacter, Planococcus</i>	البحرية
<i>Micrococcus sp, Bacillus sp</i>	الحمأة المنشطة

2.4.I. قابلية التسميد:

يمكن للمواد القابلة للتحويل إلى سماد أن تتحلل إلى كتلة حيوية غنية بالمغذيات في غضون ثلاثة أشهر أو أقل، لكي تعتبر اللدائن الحيوية قابلة للتسميد يجب أن تفي بمعيار ASTM D6400 الخاص بالتحويل إلى سماد: يجب ألا تحتوي المواد القابلة للتحلل الحيوي على أي بقايا مادية أو بصرية بعد وقت التسميد المحدد، ويجب ألا تترك منتجات هذا التحلل أي بقايا سامة، ومع ذلك، تتواجد أنواع مختلفة من أنظمة التسميد تتمثل في:

- ❖ سماد المنزل / الحديقة: والذي يمكن أن يصل إلى درجة حرارة قصوى تصل إلى 40 درجة مئوية.
- ❖ التسميد الصناعي: وهو عملية أكثر ميكانيكية وتحكماً.

يمكن أن تتسبب اللدائن الحيوية التي تلبى معيار ASTM ولكن بدون تحديد نوع التسميد الذي يجب أن تمر به في حدوث بعض المشاكل. من ناحية أخرى، يتطلب المعيار الأوروبي (EN 13432) تفكك

البلاستيك الحيوي بالتسميد الصناعي، تشمل الخصائص التي تم اختبارها مقابل هذه المواصفة القياسية: التفكك، قابلية التحلل البيولوجي، تأثير ووجود المخلفات.

يلخص **الجدول (2.I)** الاختلاف بين المواد القابلة للتحلل الحيوي والمواد القابلة للتحول إلى سماد، حيث يتضح أن المصادقة على مادة ما بأنها قابلة للتسميد يتطلب الالتزام بإرشادات صارمة، ينبغي أيضا الإشارة إلى أن كل المواد القابلة للتحويل إلى سماد قابلة للتحلل ولكن العكس ليس صحيحا.

الجدول (2.I): الاختلاف بين المواد القابلة للتحلل الحيوي والمواد القابلة للتحول إلى سماد [15, 16].

قابل للتسميد	قابل للتحلل	
يجب أن تفي بـ ASTM D6400 أو معيار EN 13432	يعمل EN17033 بمثابة معيار للتحلل البيولوجي يتم استخدام ISO17556 لتحديد التحلل البيولوجي الهوائي للبلاستيك	المعايير المتبعة
أقل من أو يساوي ثلاثة شهور	< 90% تتحول إلى ثاني أكسيد الكربون	مدة
يجب عدم العثور على أي مخلفات مادية وعدم إنتاج منتجات ثانوية سامة	لا يوجد شرط بعدم وجود البقايا	المنتجات الثانوية
جميع المواد القابلة للتحويل إلى سماد قابلة للتحلل	جميع المواد القابلة للتحلل غير قابلة للتسميد	الترايط
		شعار

3.4.I. السمية البيئية بسبب تحلل البوليمر:

عندما تترك المواد البلاستيكية التقليدية في التربة، فإنها تتحلل إلى جزيئات دقيقة، ويتم إطلاق مواد مضافة مثل ثنائي الفينول A (Bisphenol A) في التربة، ويمكن بعد ذلك أن تدخل هذه الجسيمات والمواد الكيميائية في السلسلة الغذائية من خلال الماء الذي نشربه وتؤدي في النهاية إلى تضخم أحيائي لدى البشر في الجزء العلوي من السلسلة الغذائية؛ في الواقع، من المعروف أن مادة BPA تؤدي إلى اضطراب الهرمونات في الفقاريات كما يمكن أن تسبب تغيرات في التعبير الجيني، و تحتوي المواد البلاستيكية القابلة للتحلل بالأكسجين على معادن ويمكن أن تؤدي إضافة هذه المعادن إلى تحلل المركب بسرعة، ويمكن لهذه المعادن أن تتسرب إلى التربة وتغير العناصر الغذائية، وقد تؤثر أيضا على منسوب المياه الجوفية، وبالطريقة نفسها إذا لم يتم القضاء على بعض وليس كل المنتجات الثانوية للبلاستيك الحيوي، فقد تكون مدمرة للنظم البيئية المحيطة والشبكات الغذائية التي تحتوي عليها على سبيل المثال: اتضح أن تحلل PLA في الرواسب البحرية يؤثر على التنوع الميكروبي ويزيد من تحلل الكربون العضوي ويقلل من إطلاق النيتروجين العضوي، ومن الممكن أيضا أن يكون لها تأثير دائم على تنوع الحيوانات والنباتات التي تنمو في المنطقة، حتى الآن لا يوجد دليل يثبت أن المنتجات الثانوية لـ PHA لها أي آثار سامة على البيئة المحيطة، بما في ذلك التربة، المحيط أو حتى جسم الإنسان، في الواقع أظهرت إحدى الدراسات أن وضع PHA وتحلله يمكن أن يزيد من التنوع الميكروبي للتربة المحيطة أثناء التحلل لأنه يعمل كمصدر كربون للكائنات المحيطة^[17].

5.I. مزايا وعيوب البلاستيك الحيوي:

1.5.I. مزايا البلاستيك الحيوي:

يُظهر مستقبل المواد البلاستيكية القابلة للتحلل إمكانيات كبيرة نذكر منها:

❖ **البصمة الكربونية:** تجدر الإشارة إلى أن البصمة الكربونية للبلاستيك الحيوي تعتمد بشكل أساسي على ما إذا كان البلاستيك يخزن بشكل دائم الكربون المستخرج من الهواء. البلاستيك الحيوي المصنوع من مصدر بيولوجي يعزل ثاني أكسيد الكربون الذي يلتقطه النبات في عملية التمثيل الضوئي. لكن البلاستيك الحيوي الدائم مصنوع ليكون مشابهًا للبولي إيثيلين أو مواد بلاستيكية تقليدية أخرى، يخزن ثاني أكسيد الكربون إلى الأبد. حتى إذا تم إعادة تدوير البلاستيك عدة مرات، فإن ثاني أكسيد الكربون المأخوذ من الغلاف الجوي في البداية يظل محتجزًا [18].

❖ **الاستقلالية:** اللدائن الحيوية القائمة على أساس حيوي (الموارد النباتية إدارة النفايات النباتية أو بقايا النباتات) بطريقة فعالة يظهر مستقبل البلاستيك القابل للتحلل ، بخلاف البلاستيك الشائع المصنوع من البترول [18].

❖ **كفاءة الطاقة:** يستخدم الإنتاج طاقة أقل من البلاستيك التقليدي، من ناحية أخرى يتم تصنيع البلاستيك الاحفوري بنسبة 4% من النفط الذي يستخدمه العالم كل عام، مع ندرة النفط تصبح صناعة البلاستيك عرضة بشكل متزايد لتقلب الأسعار ، سيتم إعادة تدوير البلاستيك الحيوي واستخدامه لاستعادة الطاقة ، عندما لم تعد إعادة التدوير خيارًا، يمكن حرق هذه المواد لإنتاج طاقات متجددة أو استخدامها لتصنيع الوقود الحيوي [19].

❖ **السلامة البيئية:** يساهم البلاستيك الحيوي في زيادة خصوبة التربة، وانخفاض تراكم البلاستيك في البيئة وتقليل تكلفة النفايات المتولدة، والتهرب من المشاكل البيئية مثل الإلقاء غير المنضبط للنفايات على الأرض والتخلص منها في البحر، وما يرتبط بذلك من انبعاث المواد السامة ومع ذلك، فإن التنفيذ الفعال لممارسات الجمع والفرز وإعادة التدوير والوعي العام مطلوبان أيضًا لتعزيز استعمال البلاستيك الحيوي [19].

❖ اقتصادياً: يفيد الاقتصاد الريفي في إنتاج الوقود الحيوي والبلاستيك الحيوي، حيث تبحث البلدان في جميع أنحاء العالم عن بدائل للنظ لحماية البيئة وتحقيق أمن الطاقة [19].

2.5.I. عيوب البلاستيك الحيوي:

المشاكل المحتملة لاستخدام البلاستيك الحيوي:

❖ ارتفاع التكاليف: من المعروف أن تكلفة البلاستيك الحيوي تزيد مرتين عن تكلفة اللدائن التقليدية. مع ذلك، من المتوقع أن تكون كمية الإنتاج الصناعي على نطاق واسع من اللدائن الحيوية التي تكون أكثر شيوعاً في المستقبل مع تنفيذ خفض التكلفة [19].

❖ مشاكل إعادة التدوير: مشكلة التلوث وعملية إعادة تدوير المادة البلاستيكية الحيوية إذا لم يتم فصلها عن اللدائن التقليدية [19].

❖ التقليل من المواد الخام: قد يقلل البلاستيك الحيوي المنتج من مصادر متجددة من احتياطات المواد الخام [19]، علاوة على ذلك من أجل تقليل استهلاك الطاقة أثناء إنتاج البلاستيك الحيوي والمنافسة المحتملة مع الموارد الزراعية للأغذية وأيضاً لتوفير مصادر إضافية للمواد الخام، فإن استغلال المنتجات الغذائية الثانوية هو أيضاً اتجاه حديث [18].

❖ سوء فهم المصطلحات: قد يكون وصف البلاستيك الحيوي على أنه قابل للتسميد محيراً، لا يمكن تحويل جميع أنواع البلاستيك الحيوي إلى سماد في المنزل: مثل نفايات الطعام العضوية، ولكنها تتطلب عادةً معالجة التسميد الصناعي والتي لا تتوفر في كل موقع [18]، أيضاً يتم إساءة استخدام البلاستيك الحيوي والمصطلحات ذات الصلة من قبل العديد من الشركات المصنعة لوضع منتجاتها بشكل أكثر جاذبية في السوق، بعض الشعارات التي يستخدمها المصنعون مثل "صديقة للبيئة"، "غير سامة"، "قابلة للتحلل / قابلة للتحلل كلياً"، هي خدعة مع المستهلك [18].

❖ **مشكلة التعبئة والتغليف:** تعطي مواد التعبئة والتغليف المصنوعة من النشا والبلاستيك القائم على السليلوز قدرة معالجة ضعيفة، هشاشة، قابلية للتحلل، واستقرار محدود على المدى الطويل، وخصائص ميكانيكية رديئة بسبب طبيعتها المحبة للماء [19].

6.I. تطبيقات واستخدامات البلاستيك الحيوي:

في الوقت الحاضر، يتم استخدام البلاستيك الحيوي بشكل رئيسي في خمس صناعات **الشكل (2.I):**

❖ **صناعة التعبئة والتغليف:** تعتبر منتجات التعبئة والتغليف البلاستيكية سلسلة صناعية مهمة في صناعة البلاستيك، ويمكن استخدام البلاستيك بشكل عام لإنتاج أكياس التسوق، وأكياس القمامة، والزجاجات، والملصقات، وأغشية التغليف، والوسادات ومواد التعبئة والتغليف، الخ. يمكن استخدام البلاستيك الحيوي لإنتاج هذه المنتجات بدلاً من البلاستيك العادي.

❖ **صناعة النسيج:** تتمتع الألياف المصنوعة من البلاستيك الحيوي بفاعلية وتهوية أفضل من البوليستر الشائع، والذي يمكن أن يغير عيوب ناقلية وضعف نفاذية مادة البوليستر للهواء.

❖ **الصناعة التحويلية:** يمكن استخدام البلاستيك الحيوي في صناعة ألعاب الأطفال والديكورات الداخلية للمنزل، وما إلى ذلك يأخذ الأطفال دائماً الألعاب على أنها وجبات خفيفة، ومع ذلك فإن المواد البلاستيكية الكيميائية سامة.

❖ **الصناعة الطبية:** في الوقت الحاضر، يتم استخدام البلاستيك الحيوي في الصناعة الطبية بشكل أساسي للأظافر والأنسجة العظمية الطبية لتجنب العمليات الجراحية المتعددة للمرضى، وهي مريحة ومقبولة.

❖ فيلم الزراعة البلاستيكية الحيوية: فيلم الغطاء الزراعي هو بشكل عام بلاستيك غير قابل للتحلل يسبب التلوث الأبيض، و يمكن أن تملأ طبقة البلاستيك الحيوي مباشرة بالأرض وتتحلل بعد استخدامها، وبالتالي يمكن تجنب التلوث الناجم عن المواد الكيميائية للبلاستيك التقليدي [20].

حيث يوضح الجدول (3.I) التطبيقات المختلفة للبلاستيك الحيوي تعتمد على مصدره.

الجدول (3.I): التطبيقات المختلفة للبلاستيك الحيوي تعتمد على مصدره [18].

المصدر	التطبيقات
النشاء	تغليف المواد الغذائية، الأجهزة الطبية، الرقائق الزراعية والمنسوجات والسيارات والنقل، البناء والتشييد.
السيليلوز	أغشية مقواة، تعبئة، الأجهزة المنزلية والطبية والأجهزة الإلكترونية.
PLA	أغشية، تغليف أغذية.
PHA	طلاء، تغليف أغذية، زراعة طبية.



الشكل (2.I) : تطبيقات البلاستيك الحيوي.

7.I. الفرق بين البلاستيك الحيوي والبلاستيك التقليدي:

في الوقت الحالي، يتم التخلص من معظم البلاستيك في مدافن النفايات، تتميز البوليمرات القابلة للتحلل الحيوي بمعدل تحلل أعلى بسبب حركية أسرع مقارنة بالبلاستيك الصناعي ولذلك، فإن البوليمرات

القابلة للتحلل البيولوجي لها فائدة في تقليل حجم مدافن النفايات، استناداً إلى تقييم دورة الحياة (LCA)، يمكن مقارنة البوليمرات القابلة للتحلل البيولوجي والبلاستيك الصناعي في العوامل التالية: استنفاد للأحيائية، السمية البشرية، السمية الإيكولوجية المائية للمياه العذبة السموم الإيكولوجية المائية البحرية، المغذيات، التخمير، السمية الإيكولوجية الأرضية، والأكسدة الضوئية^[21]، يلخص **الجدول (4.I)** الفرق بين البلاستيك الحيوي والبلاستيك الصناعي.

الجدول (4.I) : الفرق بين البلاستيك الحيوي والبلاستيك الصناعي^[5].

معايير المقارنة	البلاستيك الحيوي	البلاستيك الصناعي
قابلية التجديد	نعم	لا
الاستدامة	نعم	لا
التفكك في البيئة	قابل للتحول البيولوجي	قابل للتحول البيولوجي
مجموعة البوليمر	محدود السلسلة	بوليمير واسع
انبعاث غازات الاحتباس الحراري	منخفض	مرتفع
استخدام الوقود الأحفوري في تصنيعه	منخفض	مرتفع
استخدام الأراضي الصالحة للزراعة	مصدره	ليست مصدره

8.I. خيارات إعادة تدوير البلاستيك الحيوي:

1.8.I. إعادة التدوير الميكانيكي:

تعتبر إعادة التدوير الميكانيكية، والتي يمكن تعريفها على أنها معالجة النفايات من خلال الوسائل الفيزيائية، الطريقة الأساسية لإعادة تدوير البلاستيك لأنها منخفضة التكلفة بشكل عام وتتطلب تقنية بسيطة نسبياً ولها تأثير بيئي أقل من إعادة التدوير الكيميائي، و يبدأ التدوير الميكانيكي بجمع النفايات والفرز اليدوي و / أو الآلي، ويتضمن عدة خطوات مثل الطحن والغسيل والتجفيف والتركيب / البثق، و قد تحدث

هذه الخطوات أيضا بترتيب مختلف، وأكثر من خطوة واحدة في كل مرة، اعتمادا على حجم وشكل وتركيب نفايات العلف البلاستيكية.

تشمل إعادة التدوير الميكانيكي كلا من إعادة تدوير أولية وثانوية، حيث:

❖ **إعادة التدوير الأولية:** هي تقنية إعادة تدوير مغلقة الحلقة لا يمكن إجراؤها إلا على نفايات بلاستيكية عالية الجودة وذات تاريخ معروف، وحيث يمكن استخدام المواد المعاد تدويرها في تطبيقات ذات خصائص وأداء مماثل للبلاستيك البكر المقابل، لا يرتبط عادة بالبلاستيك بعد الاستهلاك، ولكنه يعيد تحويل النفايات البلاستيكية غير الملوثة (مثل قصاصات الإنتاج) إلى شكل حبيبات أو راتينج طبيعي داخل نفس مصنع الإنتاج، لذلك ليست هناك حاجة للفرز والتنظيف.

❖ **إعادة التدوير الثانوية:** هي إعادة المعالجة الميكانيكية للبلاستيك الذي تم التخلص منه بعد الاستهلاك. في نهاية إعادة التدوير الثانوية، غالبا ما تظهر المواد المعاد تدويرها خواص ميكانيكية أقل من المنتجات الأصلية بسبب انخفاض نقاء المواد وعمليات تحلل المنتج، نتيجة لذلك تستخدم غالبا هذه المواد في تطبيقات الإنتاج الأقل تطلبا، وتعتبر هذه المعالجة مجدية اقتصاديا فقط إذا كانت النفايات لا تتكون من عدد كبير من المواد و/ أو ملوثة.

على الرغم من أن إعادة التدوير الميكانيكي يعد طريقاً راسخاً لإعادة التدوير للبلاستيك التقليدي، إلا أن تطبيقه على البلاستيك الحيوي، خاصة في حالة البلاستيك القابل للتحلل الحيوي، يجب التعامل معه بحذر، معظم البوليمرات من هذه الفئة، بما في ذلك PLA، PHAs، وحمض بولي جليكوليك (PGA)، وهي بوليستر أليفاتية إذن فهي حساسة جداً للحرارة، على سبيل المثال PLA و PGA عرضة بشدة للتحلل الحراري.

2.8.I. إعادة التدوير الكيميائي (إعادة التدوير الثالث):

إعادة التدوير الكيميائي، والتي تسمى أيضاً إعادة التدوير الثالثة، هي طريقة إعادة تدوير متنامية بشكل مطرد تتعلق بتحويل منتجات النفايات إلى مواد كيميائية مفيدة، مثل المونومرات و/أو الأوليغومرات التي يمكن إعادة تقديمها في سلسلة قيمة البوليمر وإعادة استخدامها للدمج المتعدد، بالنسبة للبوليمرات الحيوية، يتم إجراء إعادة التدوير من الدرجة الثالثة بشكل خاص على البوليسترز الأليفاتية، والتي يتم إزالة بلمرتها بطريقة خاضعة للرقابة بهدف رئيسي هو توفير الموارد الأولية، بدلاً من تقليل كمية النفايات الناتجة عن التدهور البطيء للبوليمرات الحيوية (على سبيل المثال، الانحلال الحراري) يمكن إجراؤه أيضاً على نفايات بلاستيكية منخفضة الجودة أو غير متجانسة أو متدهورة أو ملوثة وتحويلها إلى مواد كيميائية ذات قيمة مضافة عالية، مع ميزة أخرى تتمثل في تمكين اقتصاد دائري حقيقي لمنتجات البوليمر، من ناحية أخرى يتطلب عمومًا درجات حرارة أعلى ويستهلك طاقة أكبر، و يمكن إجراء إعادة التدوير الكيميائي من خلال تقنيات إزالة البلمرة بالحرارة الجافة (مثل الانحلال الحراري) أو طرق التحلل المذاب (مثل التحلل المائي وتحلل الكحول)^[22].

✓ **الانحلال الحراري:** من بين طرق إعادة التدوير الكيميائي، يعد الانحلال الحراري أحد أكثر الطرق الواعدة للنفايات البلاستيكية التي يصعب إعادة تدويرها ميكانيكياً أو إزالة البلمرة منها، ويمكن القيام به عند درجات حرارة أقل بكثير من الحرق ولا تتطلب العديد من خطوات المعالجة المسبقة مثل إعادة التدوير الميكانيكي.

✓ **الذوبان:** يشير التحلل المذاب إلى جميع تقنيات إزالة البلمرة وإزالة البلمرة الجزئية التي تتضمن مذيباً، مقترناً أحياناً بالحرارة. تقنيات التحلل المذاب الشائعة هي التحلل المائي، تحلل الكحول، تحلل السكر، تحلل الميثان، التحلل الحمضي، تحلل الأمونيا، والبوليمرات الأكثر ملائمة هي

البوليمرات ذات النمو التدريجي مثل البولي إستر، البولي أميد، والبولي يوريثان، والتي يمكن اعتبارها تحلل محلول الكوليسترول بمثابة رد فعل عكسي للتكاثف المتعدد.

3.8.I. إعادة التدوير الأنزيمي والميكروبي:

تعد إزالة البلمرة الأنزيمية والميكروبية من التقنيات الواعدة الجديدة التي تسخر عمل الإنزيمات والكائنات الحية الدقيقة في تحلل المواد البلاستيكية الحيوية القابلة للتحلل بطريقة انتقائية ومضبوطة، بهدف استعادة المونومرات والمواد الكيميائية القيمة الأخرى، وهذا الهدف هو ما يجعل هذه التقنية طريقة إعادة تدوير حقيقية، وبالتالي تميزها عن التحلل البيولوجي والتركيب، والتي تعتبر بدلاً من ذلك طرق التخلص، يمكن إدراج إعادة التدوير الأنزيمي والميكروبي ضمن تقنيات إعادة التدوير الكيميائي^[22].

I. 9. الإنتاج العالمي:

لا تزال المواد البلاستيكية الحيوية حالياً تمثل أقل من واحد في المائة من أكثر من 367 مليون طن من البلاستيك يتم إنتاجها سنوياً، من المهم ملاحظة أن الإنتاج العالمي للبلاستيك الحيوي يعتمد بشكل كبير على العوامل الاقتصادية والبيئية في كل بلد.

ومع ذلك، على عكس الانخفاض الطفيف في إنتاج البلاستيك العالمي، فإن سوق البلاستيك الحيوي أخذت في النمو، يعود هذا التطور إلى زيادة الطلب وظهور تطبيقات ومنتجات أكثر تعقيداً، وتزايد الطاقة الإنتاجية العالمية للبلاستيك الحيوي بشكل كبير من حوالي 2.41 مليون طن في عام 2021 إلى حوالي 7.59 مليون طن خلال السنوات المقبلة، لذلك فإن حصة البلاستيك الحيوي في إنتاج البلاستيك العالم سيتجاوز 2% لأول مرة.

تشير الأرقام إلى أن الصين هي الدولة الرائدة في إنتاج البلاستيك الحيوي في العالم، حيث تنتج ما يقرب من 1.2 مليون طن من البلاستيك الحيوي سنوياً، تليها الولايات المتحدة بحوالي 700,000 طن

سنويًا، كما يتم إنتاج البلاستيك الحيوي بكميات كبيرة في اليابان وأوروبا والهند والبرازيل وأستراليا وكندا وجنوب إفريقيا وبعض الدول الأخرى.

يتعلق البلاستيك الحيوي بالبوليمرات التي تنتج من مصادر متجددة مثل النشارة والقش والأشجار والخضروات والفواكه والمحاصيل الزراعية الأخرى، ويمكن تحويل هذه المصادر الطبيعية إلى مواد بلاستيكية تستخدم لتصنيع المنتجات المختلفة.

يتوقع أن يزيد الاهتمام بالمواد البلاستيكية الحيوية في المستقبل بسبب العديد من الفوائد التي تقدمها هذه المواد من حيث التخلص من النفايات وتقليل الأثر البيئي، وتحسين الاستدامة في العالم.

مراجع اللغات الأجنبية

- [1] M. Schwentenwein and J. Homa, "Additive manufacturing of dense alumina ceramics," *International Journal of Applied Ceramic Technology*, vol. 12, pp. 1-7, 2015.
- [2] C. Samorì, A. Parodi, E. Tagliavini, and P. Galletti, "Recycling of post-use starch-based plastic bags through pyrolysis to produce sulfonated catalysts and chemicals," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 155, p. 105030, 2021.
- [3] J. Song, M. Kay, and R. Coles, "Bioplastics," *Food and beverage packaging technology*, pp. 295-319.2011 ,
- [4] S. Kumar and K. Thakur, "Bioplastics-classification, production and their potential food applications," *Journal of Hill Agriculture*, vol. 8, pp. 118-129, 2017.
- [5] I. S. Sidek, S. F. S. Draman, S. R. S. Abdullah, and N. Anuar, "Current development on bioplastics and its future prospects: an introductory review," *INWASCON Technology Magazine*, vol. 1, pp. 03-08, 2019.
- [6] Z. Wang, B. Peng, Y. Huang, and G. Sun, "Classification for plastic bottles recycling based on image recognition," *Waste management*, vol. 88, pp. 170-181, 2019.
- [7] J. Gonzalez-Gutierrez, P. Partal, M. Garcia-Morales, and C. Gallegos, "Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics," *Bioresource technology*, vol. 101, pp. 2007-2013, 2010.
- [8] R. V. Gadhave, A .Das, P. A. Mahanwar, and P. T. Gadekar, "Starch based bio-plastics: The future of sustainable packaging," 2018.
- [9] B. Tajeddin, "Cellulose-Based Polymers for Packaging Applications," *Lignocellulosic polymer composites: Processing, characterization, and properties*, pp. 477-498, 2014.

- [10] A. Rahman and K. Syamsu, "Biodegradability of oil palm cellulose-based bioplastics," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, p. 012012.
- [11] E. A. Agustiany, M. Rasyidur Ridho, M. Rahmi DN, E. W. Madyaratri, F. Falah, M. A. R. Lubis, *et al.*, "Recent developments in lignin modification and its application in lignin-based green composites: A review," *Polymer Composites*, vol. 43, pp. 4848-4865, 2022.
- [12] I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, A. G. Abdelaziz, and A. Barhoum, "Influence of chitosan source and degree of deacetylation on antibacterial activity and adsorption of AZO dye from water," *Biomass Conversion and Biorefinery*, pp. 1-11, 2023.
- [13] I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, H. B. Temam, H. Zaoui, and A. Barhoum, "Biosynthesis MgO and ZnO nanoparticles using chitosan extracted from *Pimelia Payraudi* Latreille for antibacterial applications," *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 39, p. 19, 2023.
- [14] S. M. Emadian, T. T. Onay, and B. Demirel, "Biodegradation of bioplastics in natural environments," *Waste management*, vol. 59, pp. 526-536, 2017.
- [15] C. Gioia, G. Giacobazzi, M. Vannini, G. Totaro, L. Sisti, M. Colonna, *et al.*, "End of life of biodegradable plastics: composting versus Re/upcycling," *ChemSusChem*, vol. 14, pp. 4167-4175, 2021.
- [16] M. Rujnić-Sokele and A. Pilipović, "Challenges and opportunities of biodegradable plastics: A mini review," *Waste Management & Research*, vol. 35, pp. 132-140, 2017.
- [17] A. Nandakumar, J.-A. Chuah, and K. Sudesh, "Bioplastics: a boon or bane?," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 147, p. 111237, 2021.
- [18] E. B. Arikan and H. D. Ozsoy, "A review: investigation of bioplastics," *J. Civ. Eng. Arch*, vol. 9, pp. 188-192, 2015

- [19] H. Venkatachalam and R. Palaniswamy, "Bioplastic world: A review," *Journal of Advanced Scientific Research*, vol. 11, pp. 43-53, 2020.
- [20] F. Liu, J. Li, and X. Zhang, "Bioplastic production from wastewater sludge and application," in *IOP conference series: earth and environmental science*, 2019, p. 012071.
- [21] F. Gironi and V. Piemonte, "Bioplastics and petroleum-based plastics: strengths and weaknesses," *Energy sources, part a: recovery, utilization, and environmental effects*, vol. 33, pp. 194.2011 ,1959-9
- [22] G. Fredi and A. Dorigato, "Recycling of bioplastic waste: A review," *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, vol. 4, pp. 159-177, 2021.

الفصل الثاني:

المخلفات العضوية

أدت الزيادة في عدد سكان العالم إلى زيادة الطلب على الغذاء وزيادة تطور الصناعة الزراعية والغذائية التي تولد كميات كبيرة من النفايات العضوية كل سنة، النفايات هي البقايا التي يجدها الانسان غير ضرورية، بينما النفايات العضوية هي جزء من دورة الحياة، هذه النفايات العضوية لها آثار ضارة على البيئة والصحة العامة، ولهذا الغرض اهتم علماء الأحياء وعلماء البيئة بالعمليات والتقنيات التي تسمح باستغلال المخلفات العضوية للحصول على منتجات حيوية يمكن الاستفادة منها، الهدف من عملنا هو تسليط الضوء على المعرفة حول النفايات العضوية، أنواعها، طرق معالجتها وأفضل الحلول من أجل استغلالها الأمثل.

1.II. تعريف المخلفات العضوية:

هي جميع النفايات أو المنتجات الثانوية الناتجة عن صناعة الأغذية الزراعية أو الصناعة الزراعية أو أنشطة المجتمع الحضري التي تمثل مشاكل إدارة لأصحابها، تتكون عادة من مواد عضوية غير اصطناعية (**الشكل (1-II)**)، وتتميز بوجود ذرات الكربون من الكائنات الحية أو الحيوانات أو النباتات في المناطق الريفية وشبه الحضرية، تعتبر رواسب النفايات الزراعية المكون الرئيسي للنفايات العضوية بسبب تركيبها الكيميائية، و تخضع هذه النفايات إلى ظاهرة بيولوجية ذاتية تدعى التخمر تجعلها قابلة للتحلل التلقائي، لذا فهي نفايات قابلة للتحلل ; الأشكال الرئيسية للنفايات العضوية هي: نفايات الطعام المنزلية، نفايات زراعية، صناعية وفضلات بشرية وحيوانية^{11, 12} .



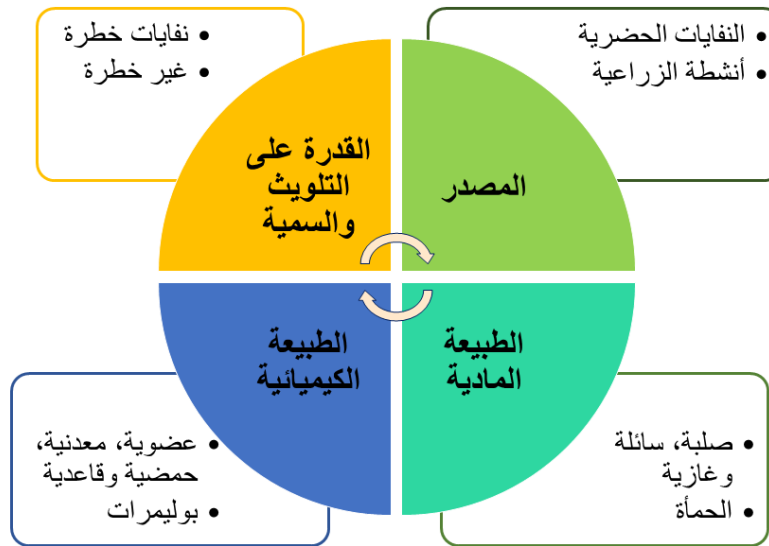
الشكل (1-II): مخلفات عضوية.

2.II. تصنيف المخلفات العضوية:

يتم تصنيف المخلفات وفق عدة معايير، وهي:

- ❖ المصدر: النفايات الحضرية والأنشطة الزراعية.
- ❖ الطبيعة المادية: وهي النفايات الصلبة والسائلة والغازية والحمأة.
- ❖ الطبيعة الكيميائية: وهي النفايات العضوية والمعدنية والحمضية والقاعدية والبوليمرات.
- ❖ القدرة على التلويث وسميتها: أي نفايات خطرة وغير خطرة [3]. [4].

يمثل الشكل (2-II) تصنيف المخلفات وفق عدة معايير.



الشكل (2-II) تصنيف المخلفات العضوية

3.II. أنواع المخلفات العضوية:

1.3.II. النفايات الزراعية:

وهي النفايات المتولدة أثناء الزراعة، ومعالجة المنتجات الزراعية الخام مثل: الفواكه والخضروات واللحوم والدواجن ومنتجات الألبان والمحاصيل، قد تحتوي هذه الأخيرة على مواد مفيدة للبشر، ولكن

قيمتها الاقتصادية أقل من تكلفة الجمع والنقل والمعالجة للاستخدام، و تشمل النفايات الزراعية: نفايات الحيوانات (السماد الطبيعي، جثث الحيوانات)، نفايات معالجة الأغذية (20 % فقط من الذرة المعلبة، 80 % نفايات)، نفايات المحاصيل (مخلفات الذرة، قصب السكر، الفاكهة المتساقطة والمقطوعة، الخضار)، والمخلفات الزراعية الضارة والسامة (مبيدات الحشرات ،مبيدات الأعشاب...)، ومن المحتمل أن تحدث زيادة كبيرة في المخلفات الزراعية على مستوى العالم إذا استمرت الدول النامية في تكثيف نظام الزراعة [5].

❖ تكوين المخلفات الزراعية:

تعتبر النفايات الزراعية نفايات خضراء، لأن النباتات تتكون من مصادر عضوية قابلة للتحلل الحيوي lignocellulosic والتي يتم تصنيفها إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي الكتلة الحيوية الخام، والكتلة الحيوية للنفايات ومحاصيل الطاقة. إن تركيبة lignocellulosic متنوعة جداً، والتي تتكون من اللجنين (10-25 %)، السليلوز (40-60 %) هيميسليلوز (20-40%)، وهناك بعض الأنواع من العناصر الثانوية مثل مجموعات المعادن والأستيل والفينول [6].

❖ نفايات البلدية الصلبة:

هي النفايات المنزلية والتجارية والتي تختلف من مكان لآخر، يتم توليد النفايات البلدية الصلبة حول العالم بأعداد كبيرة، ومن المتوقع أن يزداد إنتاجها بسبب التحضر السريع وتغير أنماط الحياة [7]، في السنوات الأخيرة تم إنتاج ما يقارب 1.5 مليار طن متري من النفايات البلدية الصلبة على مستوى العالم سنوياً، ومن المتوقع أن يرتفع إنتاجها إلى حوالي 2.5 مليار طن متري سنوياً بحلول السنوات المقبلة [8].

❖ تكوين نفايات البلدية الصلبة:

تعتمد تركيبات النفايات البلدية الصلبة على أنماط المعيشة المحلية والوضع الاجتماعي، تحتوي هذه الأخيرة على (مخلفات الورق، فائض مخلفات الطعام، البلاستيك، المطاط والمنسوجات... إلخ)، حيث تختلف نسبهم باختلاف الأنظمة الجغرافية [9].

3.II.2. المخلفات الصناعية :

وهي نتيجة النشاط الصناعي والذي يشمل أي مادة تصبح عديمة الفائدة أثناء عملية التصنيع، مثل المواد الغذائية والصناعات الكيماوية، والمطاحن وعمليات التعدين، و يمكن تقسيم النفايات الصناعية إلى عدة أنواع: الخردة المعدنية، رقائق الخشب والبلاستيك والأوساخ والحصى والمواد الكيماوية ولها أضرار كبيرة، قد تكون النفايات الصناعية: سائلة أو صلبة أو غازية، تتسبب النفايات الصناعية في تلوث: التربة أو الهواء أو مصادر المياه وينتهي بها الأمر في المحيط [10]، ولكن في المقابل يمكننا استغلال هذه المخلفات لأن تركيبها تحتوي على العديد من المركبات العضوية لتوليد أنواع مختلفة من مصادر الطاقة [11].

❖ تكوين المخلفات الصناعية:

النفايات الصناعية تحتوي على نسبة عالية من الرطوبة والرماد والبروتينات والمغذيات [12]، على سبيل المثال تحتوي مياه الصرف الصحي من منتجات الألبان على مواد صلبة معلقة ومذابة ومكونات عضوية قابلة للذوبان، مغذيات، كبريتات، دهون، تتطلب كميات كبيرة من الأكسجين البيولوجي (BOD) والأكسجين الكيماوي (COD)، الحمأة الناتجة عن مصانع الورق تحتوي على نسبة عالية من المادة الجافة، وتتكون بشكل أساسي من الورق والطين [13].

3.3.II. 3. مخلفات الطعام :

تنتشر النفايات العضوية في كل مكان حول العالم مع فضلات الطعام. كونها الأكثر وفرة، يتم إنتاج حوالي 1.3 مليار طن من نفايات الطعام كل عام، ولا تزال تتزايد. عادة ما يتم التخلص من نفايات الطعام في مكبات النفايات المفتوحة [14]، يهدر الثلث من الأغذية المنتجة عالمياً في السلسلة الغذائية، مما يدل على التأثير البيئي إذا لم يتم التعامل معها بشكل صحيح. علاوة على ذلك، يمكن للتكنولوجيا أن تستغل هذه الكمية الكبيرة من نفايات الطعام [15]، تشكل المكونات العضوية مثل: الكربوهيدرات، البروتينات والدهون المهضومة في أشكال كربون مختلفة غالبية مخلفات الطعام [14]، وتتميز بكونها مرشح جيد لتحويل المواد الخام إلى سماد لأنها غنية بالكربوهيدرات والبروتينات والدهون [15].

❖ تكوين مخلفات الطعام:

تختلف نفايات الطعام في تكوينها حسب الوقت من السنة والممارسات الثقافية والمنطقة وما إلى ذلك، بالإضافة إلى المناخ والمستوى الاقتصادي لكل بلد. غالباً ما تتكون نفايات الطعام من الكربوهيدرات القابلة للتحلل بسهولة والدهون والبروتينات، كما أنها غنية بالعناصر الكلية ولكنها تفتقر إلى العناصر النزرة، علاوة على ذلك فإن هذه المخلفات بشكل عام عبارة عن ركيبة حمضية أو شبه حمضية، وهي مناسبة للتحلل البيولوجي [16].

II. 4. آثار النفايات العضوية:

II. 1.4. أثرها على الصحة:

✓ سوء إدارة النفايات المنزلية هو أصل مشكلة الصحة العامة، لا سيما أنه يشكل العامل المهيمن في إنشاء أعشاش لإنتاج ناقلات من تهديد صحي مثل: البعوض والذباب والصرصور والفئران، والمزيد من الممرات المائية الملوثة تجعل الناس أكثر عرضة للاختلاف الأمراض.

✓ تساهم المواد السامة المنبعثة في الغلاف الجوي في الأساس أمراض الجهاز التنفسي لدى الإنسان، خاصة في المناطق الحضرية [17].

✓ يزيد حرق النفايات من خطر الإصابة بأمراض القلب، والمرض يؤدي إلى تفاقم أمراض الجهاز التنفسي مثل: الربو وانتفاخ الرئة ويسبب الطفح الجلدي والغثيان أو الصداع، ويضر بالجهاز العصبي. يمكن لهذه الأبخرة أن تلحق الضرر بالعيون والأغشية المخاطية [18].

II. 2.4. أثرها على البيئة:

✓ الترميد ودفن النفايات بشكل عام تنبعث منها مواد كيميائية سامة وغازات دفيئة يمكن إطلاقها في الغلاف الجوي والتربة والممرات المائية، فالنفايات العضوية التي لا يتم التخلص منها بحكمة أنها تلوث شرب مجاري المياه، فهي تلحق الضرر بالنباتات والحيوانات.

✓ تستغرق الأنواع الأخرى من النفايات سنوات حتى تتحلل وتتحلل والتراكم في الطبيعة يشكل خطرا كبيرا على عمل النظام البيئي والدورات المختلفة للمادة التي تشكلها [17].

✓ بشكل أساسي، فإن التخلص من النفايات يشكل تهديدا كبيرا على البيئة، حيث تساهم هذه النفايات داخل المجتمع في أزمات بيئية أوسع ومترابطة مثل تلوث الهواء والماء، وفقدان التنوع البيولوجي، وتغير المناخ [19].

II. 3.4. أثرها على الاقتصاد:

✓ يؤثر الإهمال في استخدام الموارد الطبيعية على المدى المتوسط والطويل مصطلح قدرتنا على إنتاج الغذاء.

✓ تؤثر الظروف البيئية السيئة على الاقتصاد بعدة طرق، بما في ذلك تشمل انخفاض إنتاج وسوء صحة الإنسان والحيوان والحد من إمكانيات المناطق السياحية [19]، على سبيل المثال: تطفو القمامة البحرية والحطام على سطح المحيط والأرض على الشاطئ، مما يؤدي إلى تلوث شديد على طول الساحل، هذا هو سبب تجنب السياح زيارة الشواطئ، مما يؤدي إلى مشاكل اجتماعية واقتصادية

كبيرة، تتطلب التنمية الاقتصادية للبلاد صناعة سياحة متطورة في المناطق الساحلية، ومع ذلك، تتلوث الشواطئ بالقمامة، مما يقلل تلقائيًا من القيم الترفيهية، وبالتالي يهدد الاستقرار الاجتماعي والبشري والعقلي، لن تضر التكلفة الاقتصادية للتلوث بالسياحة فحسب، بل ستؤدي أيضًا إلى مخاطر صحية، نظرًا لانتشار النفايات العضوية في جميع أنحاء العالم [20].

II. 5. إعادة تدوير المخلفات العضوية:

إعادة تدوير المخلفات العضوية هي عملية تحويل المواد العضوية المتحللة مثل: الأغذية والأوراق والنباتات إلى منتجات مفيدة، ويمكن إعادة تدويرها من خلال العديد من الطرق، بما في ذلك التحلل الحيوي، والتحلل الكيميائي، والتحلل الحراري .

❖ **التحلل الحيوي:** يشير إلى استخدام الكائنات الحية المجهرية مثل البكتيريا والفطريات لتحويل المواد

العضوية إلى مواد أخرى مفيدة مثل السماد، ويمكن أن يتم هذا النوع من إعادة التدوير في مصانع التحلل الحيوي وفي الحقول والحدائق المنزلية عن طريق استخدام الأكوام المخصصة لهذا الغرض .

❖ **التحلل الكيميائي:** يشير إلى استخدام المواد الكيميائية لتحويل المخلفات العضوية إلى منتجات

مفيدة، وتشمل هذه الطريقة استخدام الأحماض والقواعد والمؤكسدات والمخفضات لتحطيم المواد العضوية إلى مركبات أخرى .

❖ **التحلل الحراري:** يشير إلى استخدام الحرارة لتحويل المواد العضوية إلى منتجات مفيدة، وتشمل هذه

الطريقة حرق المخلفات العضوية لإنتاج الطاقة أو استخدام الحرارة لتحويل المواد العضوية إلى مواد أخرى مفيدة.

يمكن استخدام إعادة تدوير المخلفات العضوية لتقليل كمية النفايات التي تنتجها المجتمعات، وكذلك

للحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل الانبعاثات الضارة، وتشمل الفوائد الأخرى لإعادة تدوير المخلفات

العضوية تحسين جودة التربة وتقليل الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية وتحسين الإنتاجية.

II. 6. فوائد الإدارة العقلانية للمخلفات العضوية:

✓ الاقتصادية:

تحسين الكفاءة الاقتصادية عن طريق استخدام هذه الموارد ومعالجتها وإعادة تدويرها، بحيث يمكننا من استعادة المواد القيمة واستغلالها، وبالتالي توفير أعمال جديدة.

✓ البيئية:

تساهم إعادة تدوير المخلفات العضوية في التقليل من الآثار السلبية على البيئة، من خلال تحسين جودة الهواء والماء وأيضا المساهمة في التقليل من انبعاث غازات الاحتباس الحراري.

✓ الإجتماعية:

الحد من الآثار الصحية السلبية من خلال ممارسات إدارة النفايات العضوية المناسبة والتي تكون العواقب الناتجة عنها أكثر جاذبية للمجتمع، يمكن أن يؤدي تحسين الرفاهية الاجتماعية إلى مصادر جديدة للعمالة بالإضافة إلى انتشار المجتمعات النامية من دائرة الفقر.

تعتبر فكرة إنتاج البلاستيك الحيوي من المخلفات العضوية مبتكرة ومفيدة من حيث تحويل المخلفات العضوية إلى منتجات ذات قيمة مضافة، وتخفيض الانبعاثات الضارة للبيئة التي تصاحب عمليات إنتاج البلاستيك التقليدي، حيث تمثل المخلفات العضوية المصدر الأساسي لإنتاج العديد من أنواع البوليمرات، حيث تساهم هذه الأخيرة في تصنيع البلاستيك الحيوي ومع ذلك، يجب الإشارة إلى أن هذه التقنية لا تزال تحتاج إلى دراسات وتطويرات إضافية لتحقيق الكفاءة والفاعلية المطلوبة في إنتاج البلاستيك الحيوي.

مراجع اللغات الأجنبية

- [1] X. Yang, H. S. Choi, C. Park, and S. W. Kim, "Current states and prospects of organic waste utilization for biorefineries," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 49, pp. 335-349, 2015.
- [2] N. Abu Yazid, R. Barrena, D. Komilis, and A. Sánchez" ,Solid-state fermentation as a novel paradigm for organic waste valorization: a review," *Sustainability*, vol. 9, p. 224, 2017.
- [3] G. L. Huang, J. He, Z. Xu, and G. Huang, "A combination model based on transfer learning for waste classification," *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 32, p. e5751, 2020.
- [4] S. S. Gonawala and H. Jardosh, "Organic Waste in Composting: A brief review," *International Journal of Current Engineering and Technology*, vol. 8, pp. 36-38, 2018.
- [5] F. Obi, B .Ugwuishiwu, and J. Nwakaire, "Agricultural waste concept, generation, utilization and management," *Nigerian Journal of Technology*, vol. 35, pp. 957–964-957–964, 2016.
- [6] V. Ashokkumar, R. Venkatkarthick, S. Jayashree, S. Chuetor, S. Dharmaraj, G. Kumar ,*et al.*, "Recent advances in lignocellulosic biomass for biofuels and value-added bioproducts-A critical review," *Bioresource technology*, vol. 344, p. 126195, 2022.
- [7] N. Gujre, S. Mitra, A. Soni, R. Agnihotri, L. Rangan, E. R. Rene, *et al.*, "Speciation ,contamination, ecological and human health risks assessment of heavy metals in soils dumped with municipal solid wastes," *Chemosphere*, vol. 262, p. 128013, 2021.
- [8] M. Munir, I. Mardon, S. Al-Zuhair, A. Shawabkeh, and N. Saqib, "Plasma gasification of municipal solid waste for waste-to-value processing," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 116, p. 109461, 2019.

- [9] J.-S. Lu, Y. Chang, C.-S. Poon, and D.-J. Lee, "Slow pyrolysis of municipal solid waste (MSW): A review," *Bioresource Technology*, vol. 312, p. 123615, 2020.
- [10] A. C. Godswill, A. C. Gospel, A. I. Otuosorochi, and I. V. Somtochukwu, "Industrial and community waste management: global perspective," *American Journal of Physical Sciences*, vol. 1, pp. 1-16, 2023.
- [11] P. K. Sath, S. Duhan, and J. S. Duhan, "Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review," *Bioresources and Bioprocessing*, vol. 5, pp. 1-15, 2018.
- [12] I. Ahuja, E. Dauksas, J. F. Remme, R. Richardsen, and A.-K. Løes, "Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming—With status in Norway: A review," *Waste Management*, vol. 115, pp. 95-112, 2020.
- [13] K. Shirai, A. Prado, L. Arias, J. Ramírez-Ramírez, and S. Huerta, "Utilization of fisheries by-catch and processing wastes for lactic acid fermented silage and evaluation of degree of protein hydrolysis and in vitro digestibility," *Revista mexicana de ingeniería química*, vol. 7, pp. 195-204, 2008.
- [14] M. Waqas, A. Nizami, A. Aburiazzaiza, M. Barakat, I. Ismail, and M. Rashid, "Optimization of food waste compost with the use of biochar," *Journal of environmental management*, vol. 216, pp. 70-81, 2018.
- [15] S. K. Awasthi, S. Sarsaiya, M. K. Awasthi, T. Liu, J. Zhao, S. Kumar, *et al.*, "Changes in global trends in food waste composting :Research challenges and opportunities," *Bioresource Technology*, vol. 299, p. 122555, 2020.
- [16] C. Negri, M. Ricci, M. Zilio, G. D'Imporzano, W. Qiao, R. Dong, *et al.*, "Anaerobic digestion of food waste for bio-energy production in China and Southeast Asia: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 133, p. 110138, 2020.
- [17] F. Yefsah, "Contribution au traitement des déchets ménagers par le compostage," Université Mouloud Mammeri, 2017.

- [18] R. Verma, K. Vinoda, M. Papireddy, and A. Gowda" ,Toxic pollutants from plastic waste-a review," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 35, pp. 701-708, 2016.
- [19] O. Smith and A. Brisman, "Plastic waste and the environmental crisis industry," *Critical Criminology*, vol. 29, pp. 289-309, 2021.
- [20] R. Kumar, A. Verma, A. Shome, R. Sinha, S. Sinha, P. K. Jha, *et al.*, "Impacts of plastic pollution on ecosystem services, sustainable development goals, and need to focus on circular economy and policy interventions," *Sustainability*, vol. 13, p. 9963, 2021.

الفصل الثالث:

البيوت المبرورة والبيوت المبرورة

البوليمرات الحيوية هي البوليمرات التي يتم تطويرها من الكائنات الحية، ويشير اسم "البوليمر الحيوي" إلى أنه بوليمر قابل للتحلل الحيوي، توجد البوليمرات الحيوية على الأرض منذ مليارات السنين وهي أقدم من البوليمرات الإصطناعية مثل البلاستيك، حيث تلعب هذه البوليمرات دورًا أساسيًا في الطبيعة، يعرض هذا الفصل تعريف البوليمرات الحيوية، تصنيفها، طرق استخراجها وتحويلها إلى بلاستيك حيوي.

1.III. تعريف البوليمرات الحيوية:

يتم إنتاج البوليمرات الحيوية بشكل طبيعي من الكائنات الحية، تتكون الوحدات الأحادية لمعظم البوليمرات الحيوية عادة من جزيئات متكررة من الأحماض النووية أو بروتينات الأحماض الأمينية أو السكريات [1]، البوليمرات الحيوية هي أفضل الصناعات لأنها متجددة ومستدامة وهي أيضا آمنة وقابلة للتحلل البيولوجي وصديقة للبيئة، تعرف هذه الأخيرة بالبوليمرات الطبيعية القابلة للتحلل لأنها يتم الحصول عليها مباشرة من الطبيعة [2].

2.III. تصنيف البوليمرات الحيوية:

يمكن تصنيف البوليمرات الحيوية على أساس التوليف على أنها:

1.2.III. البوليمرات الحيوية الطبيعية:

يمكن إنتاج البوليمرات الطبيعية مباشرة من الكائنات الحية الدقيقة، النباتات، الأعشاب البحرية الحشرات، القشريات والحيوانات، أظهرت البوليمرات الحيوية مثل: الشيتوزان، الألبينات، الكولاجين، الجيلاتين، السليلوز والنشاء إمكانات كبيرة في المجال الطبي، تتمتع هذه الأخيرة بمزايا معينة تتمثل في كونها قابلة للتحلل الحيوي ومتوافقة حيويًا.

2.2.III. البوليمرات الاصطناعية:

هي عبارة عن بوليمرات من صنع الإنسان يمكن إنتاجها بشكل مصطنع في المعامل البحثية، وهي أيضا عبارة عن موارد يتم تصنيعها بواسطة الكيمياء الاصطناعية من مصادر بيولوجية مختلفة مثل: الزيوت النباتية والسكريات والدهون والراتنجات والبروتينات والأحماض الأمينية وما إلى ذلك، بالإضافة إلى ذلك، يتم إنتاج البوليمرات الحيوية الاصطناعية من ألياف نباتية وحيوانية طبيعية منخفضة الوزن الجزيئي من خلال عمليات البلمرة التي تشكل فئة كبيرة من البوليمرات مثل: النايلون والبوليسترين والبولي فينيل كلوريد والبولي إيثيلين [3].

3.III. طرق مستدامة لاستخراج البوليمرات الحيوية:

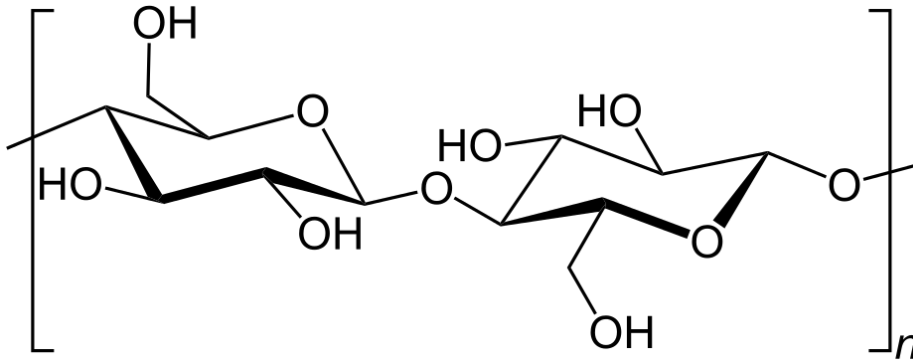
1.3.III. استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على السليلوز:

1.1.3.III. تعريف السليلوز:

السليلوز هو اتحاد جزيئات الجلوكوز من نوع β ، حيث تتكون جزيئات الجلوكوز المتجاورة بين ذرة الكربون رقم 1 وذرة الكربون رقم 4 هذه الرابطة هي $\beta(1-4)$ [4]، وهو بوليمير ليس له طعم، عديم الرائحة، محب للماء وغير قابل للذوبان فيه وفي معظم المذيبات العضوية.

2.1.3.III. البنية الهيكلية للسليلوز:

يوضح الشكل (1-III) البناء الهيكلي للسليلوز.



الشكل (1.III): البناء الهيكلي للسليلوز.

3.1.3.III. مصادر السليلوز:

يوضح الشكل (2.III) بعض المصادر الطبيعية للسليلوز.



الشكل (2.III): مصادر السليلوز الطبيعية.

4.1.3.III. الاستخلاص:

كما ورد في معظم الدراسات، طرق استخلاص السليلوز من المواد العضوية في مرحلتين أساسيتين، وهما: المعالجة القلوية باستخدام محلول NaOH، ومرحلة التبييض H_2O_2 أو NaClO، حيث تعرض فيما يلي بعض دراسات استخلاص السليلوز:

الدراسة الأولى^[5]:

Extraction of Cellulose Micro-Whiskers from Rice Husk: A Greener Approach

استخلاص شعيرات السليلوز الدقيقة من قشر الأرز: نهج أكثر اخضرارًا

المؤلفين، سنة النشر:

Rajeev Kr. Sharma, Rajesh Kumar , and Anirudh P. Singh. 2018

طريقة الإستخلاص: تضمنت مرحلتين:

المرحلة 1: المعالجة القلوية:

قبل المعالجة القلوية، تم غسل 10 غ من قشر الأرز بالماء المقطر لعدة مرات، جففت في فرن لمدة ساعتين عند 70°C ، تم تكسير قشر الأرز المجفف ميكانيكيًا باستخدام خلاط المطبخ، تمت معالجة المنتج المتحصل عليه مسبقًا بواسطة 4 مولاري من محلول NaOH بنسبة: 1:40 (وزن / حجم) لمدة 6 ساعات عند 80°C من أجل إذابة اللجنين، والزيت والشمع وما إلى ذلك، بعد المعالجة القلوية تم غسل المنتج جيدًا بماء منزوع الأيونات والأسيتون ثم جفف عند 70°C لمدة ساعتين.

المرحلة 2: عملية التبييض

غمرت العينة المعالجة مسبقًا في 0.5 لتر من ماء منزوع الأيونات، تمت إضافة كمية محسوبة من $\text{Na}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ كعامل تبييض، وضعت القارورة في حوض الأمواج فوق الصوتية مع الحفاظ على درجة حرارة 60°C ، لمدة 3 ساعات، أخيرًا تم ترشيح المنتج وتجفيفه.

الدراسة الثانية^[6]:

Cellulose nanocrystals from cotton stalk for reinforcement of poly (vinyl alcohol) composites

سليلوز نانوكريستال من قطن ستالك لتقوية مركبات البولي (فينيل الكحول).

- المؤلفين، سنة النشر:

LING ZHOU, HUI HE, CAN JIANG, LI MA and PENG YU ,2014.

طريقة الاستخلاص:

المرحلة 1: المعالجة القلوية

تم تجفيف مسحوق ساق القطن عند 105 درجة مئوية لمدة ساعة، ثم نقع في 5، 7.5، 10، 12.5، 15، 17.5% (وزن / وزن) محلول NaOH، كانت نسبة السائل إلى الألياف 5 مل / جم، ثم تم نقل المعلق إلى جهاز هضم مغلق وتم تدويره لمدة 3 ساعات عند 160 °C، ثم بعد ذلك غسل المتبقي بالماء المقطر ثم تجفيفه لتحليل المكونات.

المرحلة 2: التبييض

يتم تبييض سيقان القطن المعالج بالقلويات بطريقتين لإزالة اللجنين تمامًا:

الطريقة الأولى: تم تسخين 2 غرام من سيقان القطن الجافة المعالجة مسبقًا عند 75 °C في 65 مل من الماء المحتوي على 0.667 غرام من كلوريت الصوديوم و0.5 مل من حمض الخليك الجليدي، ويقلب الخليط لمدة ساعة واحدة، ثم يبرد في حمام جليدي، ويغسل المتبقي بماء منزوع الأيونات، تكررت العملية مرتين، في كل مرة يتبعها تحليل المكونات.

الطريقة الثانية: تم نقع كمية معينة من سيقان القطن المعالجة مسبقًا في 1.5% بالوزن من H₂O₂ عند 20 °C و 80 °C على التوالي لمدة 6 ساعات، ثم تم تحليل المكونات المتبقية.

III.2.3. استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على النشاء:

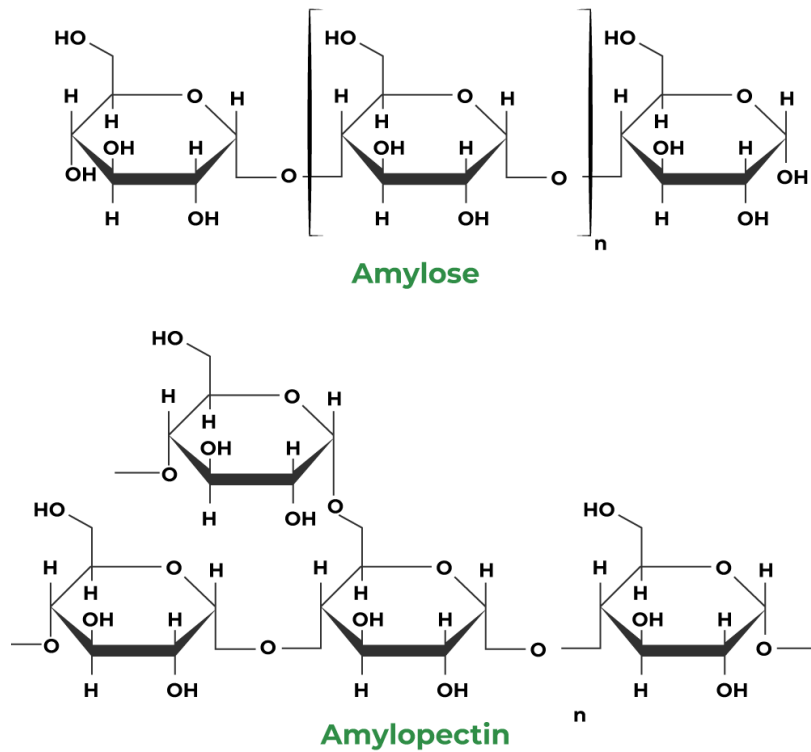
III.1.2.3. تعريف النشاء:

هو من أكثر الكربوهيدرات البوليميرية وفرة (آلاف من وحدات الجلوكوز) ^{71, 18}، يتكون بشكل أساسي من سكريات متعددة: سلاسل متفرعة من الأميلوبكتين (عبارة عن هيكل شديد التفرع يساهم في الترتيب البلوري المحيط لحبيبات النشاء)، وسلاسل الأميلوز المستقيمة (هو شكل خطي ويساهم بشكل أساسي في

الجزء غير المتبلور من النشاء) اللذان تختلف نسبهم باختلاف الأصل النباتي للنشاء، بالإضافة إلى هذين المكونين الرئيسيين، يحتوي النشاء على مكونات أخرى مثل الدهون الذاتية في نشاء الحبوب، وأحادي أسترات الفوسفات في نشاء البطاطا، ويعتبر النشاء طاقة يسهل الوصول إليها بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة [7]. [9].

III.2.2.3. البنية الهيكلية للنشاء:

يتكون أساسا من عديد السكاريد الخطي غير المتبلور من الأميلوز، والأميلوبكتين البلوري، يوضح الشكل (3.III) هذان المكونان الرئيسيان للنشاء [10]:



الشكل (3.III): البنية الهيكلية للأميلوز والأميلوبكتين.

III.3.2.3. مصادر النشاء:

يعرض الشكل (4.III) بعض مصادر النشاء من الكتلة الحيوية.



الشكل (4.III): مصادر النشاء من الكتلة الحيوية.

4.2.3.III. الاستخلاص:

نعرض فيما يلي بعض الدراسات التي توضح أهم مراحل استخلاص النشاء من الكتلة الحيوية.

الدراسة الأولى^[11]:

Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root

تأثير زمن التخمير على الخواص الفيزيائية والكيميائية للنشا المستخرج من جذر الكسافا

المؤلفين وسنة النشر:

Samson A. Oyeyinka, Abiodun A. Adelaye, et al. 2019

طريقة الاستخلاص: تضمنت مرحلتين:

مرحلة التخمير:

يتم تخمير جذور الكسافا عن طريق تقشيرها وتقطيعها إلى شرائح طولها حوالي 5 سم بسكين من الفولاذ المقاوم للصدأ وغسلها بالماء المقطر، تم نقع هذه الجذور في اسطوانة تخزين بلاستيكية في حجم من الماء المقطر ضعف وزنها لفترات متفاوتة (0، 24، 48 و 72 ساعة)، تمت مراقبة الأس الهيدروجيني (4.6، 4.5) للوسط.

مرحلة بعد التخمير:

تم استخلاص النشاء عن طريق أخذ عينات عند 0، 24، 48 و 72 ساعة، تم ترشيح العينات من خلال شبكة دقيقة مغمورة في الماء المقطر لفصل القشور عن المعلق، ثم تترك طوال الليل لتترسب، بعد التصفية يشطف النشاء المترسب عدة مرات بالماء المقطر ويتم ضغطه بقطعة قماش موسلين (من الشاش) نظيفة، وتجفيفها عند 45 °C في فرن لمدة 12 ساعة.

الدراسة الثانية^[12]:

A techno-economic feasibility of a process for extraction of starch from waste avocado seeds

الجدوى الفنية والاقتصادية لعملية استخراج النشا من نفايات بذور الأفوكادو

المؤلفين، سنة النشر:

Tamrat Tesfaye، Million Ayele، Eyasu Ferede et al.2020

طريقة الاستخلاص:

يتم غسل بذور الافوكادو وطحنها إلى مسحوق ناعم، ونقعها في محلول كبريتات الصوديوم، وخطها عند 50 °C، بعد ذلك يرشح الخليط المتجانس ويغسل بماء منزوع الأيونات ويترك ليستقر، تم فصل

مستخلص النشاء الخام عن المادة الطافية التي تم التخلص منها وغسلها بشكل متكرر بماء الصنوبر حتى يصبح ماء الغسيل صافيا، تم بعد ذلك يجفف النشاء المستخلص (عند 50°C لمدة 24 ساعة) ويخزن في درجة حرارة الغرفة.

III.3.3. استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على البروتين:

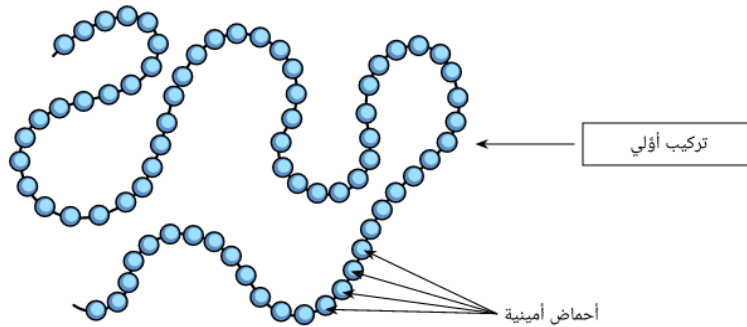
III.3.3.1. تعريف البروتين:

تعتبر البروتينات مركبات عضوية معقدة ذات قوام غروي، تحتوي في تركيبها على نسبة ثابتة من النيتروجين بالإضافة إلى احتوائها على عناصر الكربون C، الهيدروجين H والأوكسجين O، كما أن معظمها يحتوي على الكبريت وبعضها يحتوي على معادن أخرى كالفوسفور والحديد، تتكون البروتينات من وحدات بناء هي الأحماض الأمينية المرتبطة مع بعضها بروابط ببتيدية، تختلف في درجة التعقيد، العدد، وطريقة الارتباط^[13].

III.3.3.2. البنية الهيكلية للبروتين:

ينقسم هيكل البروتين إلى أربعة أجزاء:

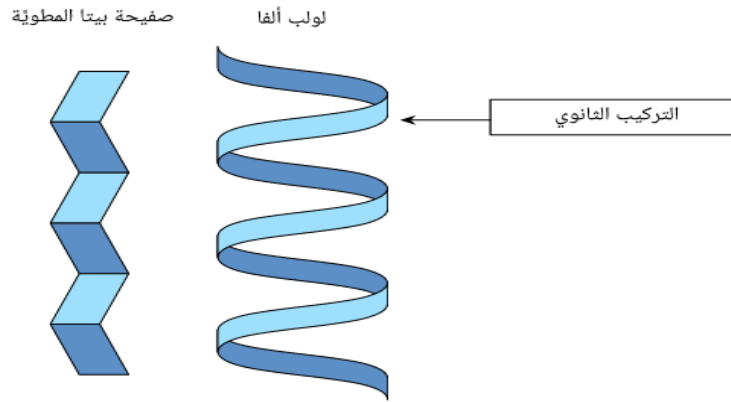
التركيب الأولي: هو سلسلة من الأحماض الأمينية، ويعتبر الهيكل الأساسي للبروتين **الشكل (III.5)**.



الشكل (III.5): التركيب الأولي للبروتين.

التركيب الثانوي: التركيب الثانوي للبروتين الذي يعطي الجزيء بنية حلزونية ألفا (لولب α) أو صفيحة

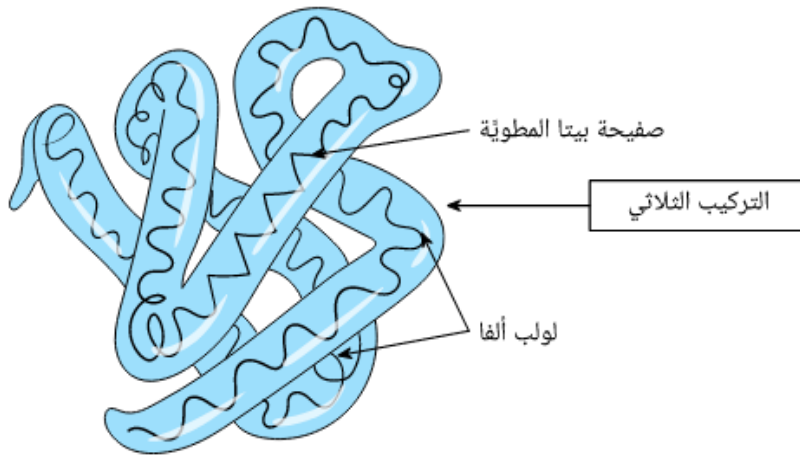
مطوية بيتا (هيكل β) الشكل (6.III).



الشكل (6.III): التركيب الثانوي للبروتين.

التركيب الثالثي: تحدد البنية الثلاثية جميع الأشكال الأولية α و β وذلك بفضل التثبيت بواسطة روابط

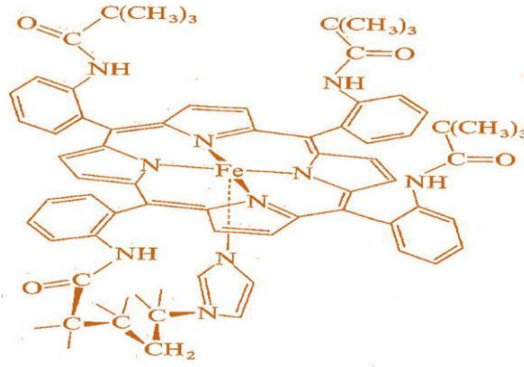
من نوع القاعدة الحمضية وجسور ثاني كبريتيد الشكل (7.III).



الشكل (7.III): التركيب الثالثي للبروتين.

التركيب الرباعي: لتشكيل البنية الرباعية يتم تجميع عدة سلاسل متعددة الببتيد متطابقة أو مختلفة

قليلا^[14] الشكل (8.III).



الشكل (8.III): التركيب الرباعي للبروتين.

3.3.3.III. مصادر البروتين:

الشكل (9.III) يوضح بعض مصادر البروتين الحيوانية والنباتية مثل: الدجاج، الأسماك، الخضار

وكذلك البقوليات والمكسرات.



الشكل (9.III): مصادر البروتين المختلفة.

4.3.3.III. الاستخلاص:

تمثلت طرق استخلاص البروتين المختلفة من المصادر الحيوانية والنباتية في عدة مراحل، كما هي

موضحة في الدراسات التالية:

الدراسة الأولى [15]:

Extraction and Characterization of Natural Protein (Keratin) From Waste Chicken Feathe

استخلاص وتوصيف البروتين الطبيعي (الكيراتين) من نفايات ريش الدجاج.

المؤلفين، سنة النشر:

Gadissa Tokuma Gindaba، Samuel Gesesse Filate، Bulcha Belay Etana، 2019 .

طريقة الاستخلاص:

المرحلة 1: جمع ومعالجة فضلات ريش الدجاج:

جمعت نفايات ريش الدجاج من بيت دواجن، نقع الريش لمدة 24 ساعة لتنظيفه من الزيوت والشحوم،

ثم غسل بالماء والصابون وجفف وطحن، حفظت العينة في كيس بلاستيكي مغلق في درجة حرارة الغرفة.

المرحلة 2: تحضير المحلول

تم تحضير 1 لتر من محلول كبريتيد الصوديوم بتركيز مختلفة (0.3، 0.4 و 0.5 مولاري) بشكل

منفصل، تم وزن 25 غ من ريش الدجاج المطحون وإضافته إلى كل محلول، تم تسخين المحلول إلى درجة

حرارة 30 °C، وتم الحفاظ على درجة الحموضة pH بين 10-13، يتم تقليب المحلول باستمرار لمدة 6

ساعات، بعد ذلك تم ترشيح المحلول، جمع السائل الطافي بعناية وتصفيته باستخدام ورق الترشيح لجعله

خالياً من الجسيمات.

المرحلة 3: بروتين طبيعي (كراتين)

تمت إذابة 175 غ من كبريتات الأمونيوم في 0.25 لتر ماء منزوع الأيونات، تم تقليب المحلول حتى تذوب جميع جسيمات كبريتات الأمونيوم وترشيحها لجعلها خالية من الجسيمات، وضع محلول المرشح سابقاً في دورق وتقليبه باستمرار، تمت إضافة الراسب ببطء إلى المحلول تحت التحريك لمدة 6 دقائق، جمعت جسيمات المواد الصلبة، ثم جمع السائل الطافي بشكل منفصل، كررت العملية لزيادة المردود.

المرحلة 4: تنقية الكراتين

جمع الجزيئات الصلبة وإضافتها إلى 20 مل ماء منزوع الأيونات وتقليبها، تم تحريك المحلول لمدة 6 دقائق ثم جمعت الجسيمات الصلبة بعناية، وإذابتها في 100 مل من هيدروكسيد الصوديوم (2 مولاري)، ثم جمع السائل بعناية وحفظ.

الدراسة الثانية^[16]:

Chitin from Fermentative Extraction of Crab Shells using Okara as a Nutrient Source and Comparative Analysis of Structural Differences from Chemically Extracted Chitin

الاستخراج التخميري للكيتين من أصداف السلطعون باستخدام الباما كمصدر للمغذيات والتحليل المقارن للاختلافات الهيكلية مع الكيتين المستخرج كيميائياً

المؤلفين، سنة النشر:

Siriporn Taokaew, Xingkai Zhang, Tapanee Chuenkaek, Takaomi Kobayash
, 2020

طريقة الاستخلاص:

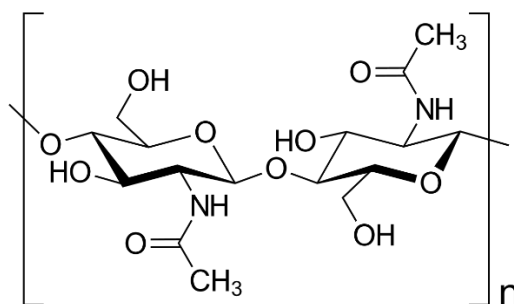
استخلاص البروتين من البامية: تم خلط البامية الخام مع الماء المقطر وضبط pH إلى 9 باستخدام محلول NaOH، ثم تقليب الخليط عند $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ لمدة ساعتين، تم ترسيب البروتين المستخلص عن طريق ضبط pH إلى 4.5 باستخدام حمض الأسيتيك، ثم تمت استعادته بالطرد المركزي، وتجفيفه بالتجميد.

III.4.3. استخراج البوليمرات الحيوية القائمة على الكيتين والشيتوزان:

III.1.4.3. التعريف الكيتين:

الكيتين (الشكل 10.III) أو ما يسمى بعديد السكاريد يتكون من B-(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine وهو ثاني أكثر الموارد المتجددة وفرة في الطبيعة بعد السيليلوز، ويتواجد وبشكل كبير في القشريات وجلد الحشرات وجدران الخلايا الفطرية، له عدة أنشطة بيولوجية إضافة للتوافق الحيوي وقابلية التحلل، تعددت استخداماته في شتى المجالات (الزراعة - الطب) [17].

III.2.4.3. البنية الهيكلية للكيتين



الشكل 10.III: البنية الهيكلية للكيتين.

III.3.4.3. تعريف الشيتوزان:

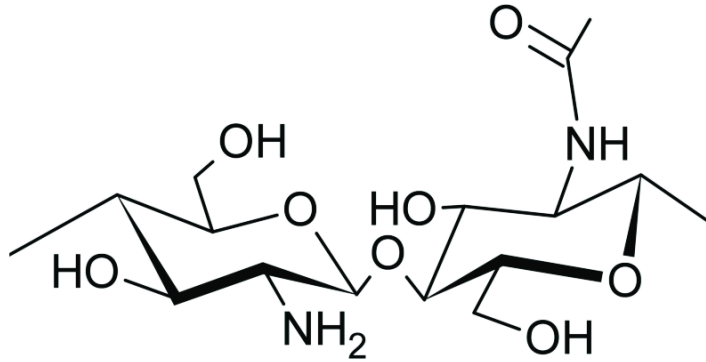
الشيتوزان هو عبارة عن مادة تتكون أساساً من مادة الكيتين، والتي تعتبر سلسلة من الكربوهيدرات المتصلة، وهو عبارة عن بوليمر خطي يتكون من وحدات B-(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine، يتم

الحصول عليها عن طريق نزع الأسيتيل القلوي للكيتين المستخرج من الهيكل الخارجي للقشريات مثل الجمبري وسرطان البحر، وكذلك من جدران الخلايا لبعض الفطريات [18].

الخصائص الرئيسية التالية تجعل هذا البوليمر مفيداً للعديد من التطبيقات المختلفة: له بنية كيميائية محددة، يمكن تعديله كيميائياً وإنزيمياً، قابل للتحلل البيولوجي ومتوافق حيويًا مع العديد من الأعضاء والأنسجة والخلايا [19].

III.4.4.3. البنية الهيكلية للشيتوزان:

يوضح الشكل (11.III) البنية الهيكلية للشيتوزان.



الشكل (12.III): البنية الهيكلية للشيتوزان.

III.5.4.3. مصادر الكيتين والشيتوزان:

المصدر الرئيسي للشيتوزان يأتي من نزع الأسيتيل من الكيتين، وهذا الأخير يتم الحصول عليه من الهياكل الخارجية لبعض الكائنات البحرية مثل (الجمبري، السلطعون... الخ) و القشريات، الحشرات كما هو موضح في الشكل (13.III).



الشكل (13.III): أهم مصادر للكيتين والشيتوزان.

III.6.4.3. استخلاص الكيتين والشيتوزان:

من خلال الدراسات السابقة، لخصت مراحل استخلاص الكيتين من مختلف المصادر الحيوية في 3 مراحل: مرحلة نزع المعادن (باستخدام محلول HCl)، مرحلة نزع البروتين أو الحصول على الكيتين (باستخدام محلول NaOH)، أخيرا مرحلة تبييض الكيتين (بواسطة محلول H_2O_2)، ومن أجل تحضير الشيتوزان تتبع مراحل تحضير الكيتين بمرحلة أخيرة سميت بمرحلة نزع الأسيتيل (باستخدام محلول NaOH)، حيث يغسل الشيتوزان الناتج ويجفف، ونعرض فيما يلي بعض الدراسات لتحضير الكيتين والشيتوزان من مصادر مختلفة:

الدراسة الأولى [20]:

Biosynthesis MgO and ZnO nanoparticles using chitosan extracted from *Pimelia Payraudi* Latreille for antibacterial applications

التخليق الحيوي للجسيمات النانوية MgO و ZnO باستخدام الشيتوزان المستخرج من *Pimelia Payraudi* Latreille للتطبيقات المضادة للبكتيريا"

المؤلفين، سنة النشر:

Ilham Ben Amor, Hadia Hemmami, et al2023.

طريقة الاستخلاص:

المرحلة 1: التنقية

تم جمع الخنافس الميتة المنتشرة وغسلها بالماء المقطر، تنظيفها، تجفيفها، طحنها، وغربلتها، ثم تخزينها.

المرحلة 2: إزالة المعادن

تمت معالجة 30 غ من العينة بمحلول HCl بتركيز (7 %) لمدة ساعة عند 40°C ، تم غسل الجزء الصلب الناتج بالماء المقطر حتى وصول الى الرقم الهيدروجيني 7.

المرحلة 3: نزع البروتين

تم نزع البروتين عن الكيتين المستخلص بواسطة محلول NaOH بتركيز 1 مولاري عند 80°C لمدة ساعتين، تم ترشيح الكيتين، وغسله.

المرحلة 4: إزالة اللون

تمت إزالة اللون عن طريق المعالجة باستخدام H_2O_2 بتركيز 10 % عند 50°C لمدة 30 دقيقة، تم بعد ذلك تحييد الكيتين عن طريق الغسل بالماء المقطر حتى الوصول إلى الرقم الهيدروجيني 7.

المرحلة 5: نزع الأستيل

خضع الكيتين الناتج لعملية نزع الأستيل، من خلال معالجته بهيدروكسيد الصوديوم عند 100°C لمدة 4 ساعات، يغسل الراسب بالماء المقطر، يجفف الشيتوزان الناتج عند 50°C لمدة 24 ساعة.

الدراسة الثانية^[21]:

Extraction and Characterization of Chitin and Chitosan from: Blue Crab and Synthesis of Chitosan Cryogel Scaffolds

استخراج وتوصيف الكيتين والشيتوزان من السلطعون الأزرق وتخليق سقالات الشيتوزان Cryogel

المؤلفين، سنة النشر:

Didem Demir, Fatma Öfkeli, et al. 2016

طريقة الاستخلاص:

مرحلة التنقية:

تم غسل قشور السلطعون عدة مرات بالماء المقطر ثم تجفيفها عند 40°C في الفرن، تم طحن العينات

المجففة بواسطة مطحنة.

مرحلة إزالة المعادن:

تمت معالجة 40 غرام من عينة المسحوق بمحلول HCl بتركيز 2 مولاري لمدة 24 ساعة عند 40°C

80 لإزالة جميع المعادن من العينة.

مرحلة نزع البروتين:

كانت الخطوة الثالثة من الاستخراج هي نزع البروتين، حيث عولجت العينة بمحلول NaOH بتركيز

2 مولاري عند 110°C لمدة 20 ساعة.

مرحلة إزالة اللون:

للحصول على كيتين نقي، تمت معالجة العينة بالأسيتون لإزالة اللون، تم ترشيح العينة وغسلها عدة

مرات بالماء المقطر وتجفيفها في فرن عند 40°C .

مرحلة نزع الأستيل:

تمت معالجة الكيتين المستخلص بمحلول NaOH (وزن / حجم) مركز بنسبة 50% عند 150 °C لمدة 4 ساعات لإزالة مجموعات الأستيل من الكيتين، تم ترشيح العينة وغسلها عدة مرات بالماء المقطر حتى يصبح الرقم الهيدروجيني متعادلاً، تم تجفيف الشيتوزان الناتج.

III. 4. تطبيقات البوليمرات الحيوية:

البوليمرات الحيوية لها عدة استخدامات في شتى المجالات منها^[1] كما هو موضح في الشكل (III.14):

✓ **الطب الحيوي:** تستخدم البوليمرات الحيوية على نطاق واسع في مجال الطب الحيوي، نظراً لخصائصها القابلة للتحلل وغير السامة وتوافقها الحيوي، حيث يتم استخدامها في هندسة الأنسجة، وصناعة الأدوية.

✓ **الاستخدام الصناعي:** إن تعدد خصائص للبوليمرات الحيوية جعل منها مادة محورية في الصناعة فهي تستخدم في التعبئة والتغليف أو دمجها مع بعض المواد لتعزيز خصائصها، كما تستخدم لتصنيع الأجزاء الداخلية والخارجية للسيارات، وفي مجال البناء تضاف كمحسن لخصائص الاسمنت لتحضير الخرسانة، حيث يحتوي الشيتوزان على خصائص إزالة المعادن من الماء لتنقية المياه.

✓ **تطبيقات أخرى:**

الزراعة والثروة السمكية: الأسمدة، خلايا النحل وشباك الصيد.... الخ.

الإلكترونيات: في صناعة الأجهزة الصوتية، لوحات الدوائر المطبوعة، الأسلاك المعزولة والكابلات والأجهزة الإلكترونية الأخرى.

مستحضرات التجميل: واقي الشمس ومنتجات الشعر والكريمات الخ.

الألعاب والرياضة: تستخدم في صنع المعدات الرياضية مثل كرات القدم والكرات المجوفة الأخرى.

تقنية النانو: تستخدم في إنتاج المواد النانوية، البوليمرات الحيوية لها خصائص فريدة معينة تجعلها مفيدة في فروع العلوم، مثل الكيمياء الخضراء [22].



الشكل (14.III): أهم مجالات تطبيقات البوليمرات الحيوية.

III. 5. دراسات سابقة حول تحويل البوليمرات الحيوية إلى بلاستيك حيوي:

III. 1.5. تحويل السليلوز إلى بلاستيك حيوي:

تعددت الدراسات حول تصنيع أفلام البلاستيك الحيوي القائم على السليلوز، فيما يلي بعض الدراسات

حول تصنيع البلاستيك الحيوي القائم على السليلوز:

الدراسة الأولى [23]:

Greaseproof, hydrophobic, and biodegradable food packaging bioplastics from C6-fluorinated cellulose esters

مواد بلاستيكية حيوية لتعبئة المواد الغذائية مقاومة للدهون ومضادة للماء وقابلة للتحلل الحيوي من إسترات

السليلوز المفلورة C6

المؤلفين، سنة النشر:

Susana Guzman Puyol , Giacomo Tedeschi , et al., 2022

الهدف: الحصول على أغشية قائمة بذاتها لجميع التركيبات وتم تقديمها كبدايل للمركبات ومزيج من الورق مع جزيئات مفلورة.

التجربة: تم أسترة حمض (TFNA) Tridecafluorononanoic ، وهو حمض كربوكسيل مفلور C_6 ، مع السليلوز بنسب مولارية مختلفة (0:1 ، 1:1 ، 1:2 ، و 1:3) في حمض ثلاثي فلورو أسيتيك و أنهيدريد ثلاثي فلورو أسيتيك $CHCl_3$ (2:1:1 ، v: v: v) .

النتائج:

✓ أظهرت الأفلام التي تحتوي على كميات أعلى من TFNA مقاومة الزيت المطلوبة للأوراق المستخدمة في تطبيقات تغليف المواد الغذائية.

✓ التحلل البيولوجي لإسترات السليلوز المفلورة C_6 ، التي تم تقييمها حسب الطلب على الأكسجين البيولوجي (BOD) في مياه البحر، أعلى من البوليمرات الحيوية النموذجية المستخدمة في تغليف المواد الغذائية.

✓ أظهر البلاستيك الحيوي المُصنَّع أداءً ممتازاً من حيث مقاومة الشحوم، الكراهية للماء والقابلية للتحلل البيولوجي.

✓ أظهرت العينات المحتوية على TFNA نتائج تحلل حيوي جيدة جداً.

الدراسة الثانية^[24]:

Effect of Glycerol Concentration on Mechanical Characteristics of Biodegradable Plastic from Rice Straw Cellulose

تأثير تركيز الجلسرين على الخصائص الميكانيكية للبلاستيك القابل للتحلل الحيوي من سيليلوز قش الأرز

المؤلفين، سنة النشر:

Inayati , Damar Jati Pamungkas, et al, 2019

الهدف: تصنيع اللدائن الحيوية ودراسة خصائصها الفيزيائية والميكانيكية.

التجربة: تم تصنيع البلاستيك الحيوي عن طريق خلط لب قش الأرز كمصدر رئيسي للسليولوز مع مادة

ملدنة والشيتوزان كمضافات، تمت إضافة الجلسرين كمادة ملدنة مع اختلاف تركيزات الجلسرين بنسبة

25، 30، 35٪.

النتائج:

✓ أظهرت النتائج أن أفضل بلاستيك حيوي (بلاستيك حيوي مع جلسرين).

✓ انخفاض وزن البلاستيك الحيوي 18.496 و 317.21 % على التوالي، أثناء اختبار التحلل الحيوي لمدة

15 يوماً تحت التربة الجافة والتربة الرطبة.

✓ أظهر اختبار مقاومة الشد 6 ميغا باسكال، وكسر عند 65 % .

✓ يزيد تركيز الجلسرين من انتفاخ الماء 86.866 % ولكنه يقلل من تورم الزيت 29.109 %.

III. 2.5. تحويل النشاء إلى بلاستيك حيوي:

- الدراسة الأولى^[25]:

Mechanical, SEM and FTIR characteristics of bioplastics from mango seed starch with nanoparticle zinc oxide as filler and ethylene glycol as plasticizers

الخصائص الميكانيكية و SEM و FTIR للبلاستيك الحيوي من نشا بذور المانجو مع جزيئات أكسيد

الزنك النانوية كمادة مألئة وجلايكول الإيثيلين كمادة ملدن"

المؤلفين، سنة النشر:

Maulida Lubis, Mara B Harahap, et al., 2020

الهدف: معرفة فاعلية نشاء بذور المانجو وأكسيد الزنك بجسيمات متناهية الصغر كمادة حشو

وجلايكول الإيثيلين كملدنات.

التجربة: نشاء بذور المانجو حجم 5 غ، مع اختلاف كتلة حشو أكسيد الزنك 0، 3، 6 و9 % (بالوزن) وإيثيلين جلايكول 0، 20، 25، 30 و35 % (وزن).

النتائج:

✓ النتيجة المثلى التي تم الحصول عليها بتركيز ZnO في الجسيمات النانوية 6 % وإيثيلين جلايكول 25 % بمقاومة شد 3.78 ميغا باسكال واستطالة عند الكسر 2.23 %.

✓ أثبتت نتيجة SEM و FTIR أن إضافة مادة حشو وملدنات تعطي مظهرًا أفضل للسطح وتشتت في البلاستيك الحيوي.

الدراسة الثانية^[26]:

The Effect of Betel (piper betle) leaf extract as antimicrobial agent on characteristics of bioplastic based on sago starch

"تأثير مستخلص أوراق التنبول كعامل مضاد للميكروبات على خصائص البلاستيك الحيوي على أساس نشاء الساغو

المؤلفين، سنة النشر:

Halima tuddahlia Nasution and Gita Wulandari. 2021

الهدف: تأثير إضافة مستخلص أوراق التنبول في البلاستيك الحيوي على أساس نشاء الساغو.

التجربة: تم استخلاص أوراق التنبول باستخدام طريقة الموجات فوق الصوتية مع الإيثانول كمذيب، ثم يتم تخفيف مستخلص الأوراق 2%، ليتم استخدامه كعامل مضاد للميكروبات في البلاستيك الحيوي.

النتائج:

✓ أظهرت النتائج أن أعلى كثافة كانت 1.448 غ / سم³ مبينة بتباين 9 %.

✓ أظهرت العينة أعلى نسبة امتصاص للماء بدون إضافة مستخلص الأوراق 75.56 %.

✓ أظهر النشاط المضاد للبكتيريا أن إضافة مستخلص الأوراق إلى البلاستيك الحيوي كان قادرا على تثبيط نشاطها.

III. 3.5. تحويل البروتين إلى بلاستيك حيوي:

دراسة الأولى^[27]:

Physical and Mechanical Properties of Biodegradable Film from Taro Starch (Xanthosoma Sagittifolium) and Duck Bone Gelatin

الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للفيلم القابل للتحلل الحيوي من الفلقاس وجيلاتين البط

المؤلفين، سنة النشر:

T. A. Laksanawati, M. H. Khirzin, et al., 2022

الهدف: تهدف هذه الدراسة الى استخدام جيلاتين عظام البط في خليط نشاء الفلقاس لإنتاج أغشية قابلة للتحلل.

التجربة: تم إنتاج الأغشية باستخدام جيلاتين عظام البط بنسب مختلفة (0، 5، 15، 25، 35 % من إجمالي الوزن الصلب)، حيث أضيف الجلسرين كملدن.

النتائج:

✓ إضافة الجيلاتين إلى الأغشية القابلة للتحلل الحيوي كان لها تأثير على مقاومة الشد، نسبة الاستطالة، ومحتوى الرطوبة، لكنها لم تؤثر على السماكة.

✓ أعطى الفيلم القابل للتحلل الحيوي بتركيز 5 % من الجيلاتين أعلى مقاومة شد قدرها 11.333 ميغا باسكال وأعلى نسبة استطالة بلغت 17.100 %.

✓ تراوحت قيم السماكة لجميع الإضافات لتركيز الجيلاتين من 0.191 إلى 0.194 مم، وأعلى محتوى رطوبة تم إنتاجه بتركيز الجيلاتين بنسبة 35 % كان 4.079 %.

الدراسة الثانية^[28]:

Tannery trimming waste based biodegradable bioplastic: Facile" synthesis and characterization of properties

"المدابغ تقليم نفايات البلاستيك الحيوي القابل للتحلل الحيوي: التوليف السهل وتوصيف الخصائص

المؤلفين، سنة النشر:

Vimudha Muralidharan, Michael Selvakumar, et al., 2019

الهدف: هدفت الدراسة الى الاستفادة من مخلفات المدابغ الصلبة لتحضير أغشية البلاستيك الحيوي وتميزها بخصائصها.

التجربة: تم استخدام نفايات التشذيب البروتيني من المدابغ لتحضير أغشية بلاستيكية حيوية عالية المرونة وشفافة، يتم تصنيعها عن طريق مزج مسحوق التحلل المائي مع كحول البولي فينيل. بالإضافة إلى ذلك، تم استخدام حمض الستريك كعامل ملدن.

النتائج:

- ✓ كانت أغشية البلاستيك الحيوي الناتجة ناعمة وموحدة وخالية من العيوب.
- ✓ أظهرت اللدائن الحيوية المستندة إلى النفايات مع تركيز حمض الستريك بنسبة 40 %، قوة شد بارزة أعلى من 20 ميغا باسكال، استطالة عالية للغاية عند قيمة كسر أكبر من 343 %.
- ✓ تحلل البلاستيك الحيوي إلى حد 62 % خلال 70 يوماً تحت اختبار الدفن في التربة.

III. 4.5. تحويل الكيتين الى بلاستيك حيوي

الدراسة الأولى^[29]:

Effect of chitin addition on water resistance properties of starch-based bioplastic properties

تأثير إضافة الكيتين على خصائص مقاومة الماء لخصائص البلاستيك الحيوي القائمة على النشاء

المؤلفين، سنة النشر:

A H Dawam Abdullah, A K Fikriyyah, U Furghoniyyah, 2019

الهدف: في هذه الدراسة، تم تحضير اللدائن الحيوية القائمة على النشاء مع إضافة الكيتين.

التجربة: تم إنتاج البلاستيك الحيوي عن طريق خلط النشاء والجلسرين والكيتين بتركيزات مختلفة (1)، 2، 3، 4 % وزن / وزن)، عند 130°C .

النتائج:

✓ يقلل البلاستيك الحيوي الذي يحتوي على 14% من الكيتين من قوة الشد من 6.7 إلى 6.3 ميغا باسكال.

✓ الاستطالة عند الكسر بإضافة الكيتين تظهر انخفاضا كبيرا من 55.5 إلى 40.8 %.

✓ يزيد الكيتين من قوة الشد ويقلل من الاستطالة عند خلط نشاء الذرة و30% من الكيتين.

الدراسة الثانية^[30]:

Biocompatible and Biodegradable Bioplastics Constructed from Chitin via a "Green" Pathway for Bone Repair

"تم تصنيع البلاستيك الحيوي المتوافق حيويًا والقابل للتحلل من كيتين عبر المسار "الأخضر" لإصلاح العظام"

المؤلفين، سنة النشر:

Meng He, Xiaolan Wang, et al., 2017

الهدف: تصنيع المواد البلاستيكية الجديدة القائمة على الكيتين لإصلاح العظام.

التجربة: تم تحضير هيدروجيل الكيتين باستخدام مذيب مائي صديق، ثم تم توجيهه شعاعياً تحت الضغط السلبي لتكوين لدائن الكيتين الحيوية (CP) على أساس قابلية إزالة الحزم الجزيئية للكيتين في

الهلاميات المائية. علاوة على ذلك، تم تصنيع هيدروكسيباتيت (HAP) في الموقع للحصول على الكيتين/ HAP البلاستيك المركب (CHP).

النتائج:

✓ أشارت النتائج إلى أن تحضير البلاستيك الحيوي كان عملية فيزيائية "خضراء"، وأن دمج HAP عزز بشكل كبير قوة الشد لـ CHP.

✓ يمكن أن يؤدي إدخال HAP إلى تحسين التصاق الخلايا وتكاثرها وتمايها.

✓ أظهر CHP توافقاً نسيجياً جيداً وتوافقاً مع الدم وقابلية للتحلل الحيوي في الجسم الحي، مما يُظهر التطبيق المحتمل في مجال هندسة أنسجة العظام.

III. 5.5. تحويل الكيتي والشيتوزان الى بلاستيك حيوي:

الدراسة الأولى^[31]:

Enhancement of Bio-plastic using Eggshells and Chitosan on Potato Starch Based

تعزير البلاستيك الحيوي باستخدام قشر البيض والشيتوزان على أساس نشاء البطاطا

المؤلفين، سنة النشر

Norhafezah Kasmuri and Muhammad Safwan Abu Zait. 2018

الهدف: استخدام قشر البيض والشيتوزان كمواد مدعمة لنشاء البطاطا للتغلب على العيوب الملازمة للبلاستيك الحيوي.

التجربة: أجريت الدراسة التجريبية على قوة الشد وامتصاص الماء وقابلية التحلل البيولوجي للبلاستيك الحيوي القائم على نشاء البطاطا مع قشر البيض والشيتوزان.

النتائج:

✓ أظهرت النتائج أن إضافة قشر البيض إلى البلاستيك الحيوي المعتمد على نشاء البطاطا أدى إلى زيادة مقاومة الشد بنسبة 4.94 % مقارنة بالشيتوزان بنسبة 1.28 % فقط.

- ✓ تم تحديد تقليل امتصاص الماء بنسبة 10.95% باستخدام قشر البيض كمادة مدعمة.
- ✓ أدى استخدام الشيتوزان إلى انخفاض بنسبة 27.59% في امتصاص الماء.
- ✓ بالنسبة لقشر البيض، كان فقدان الوزن في اختبار التحلل البيولوجي 21.06% مقارنة بالشيتوزان 7.9% خلال 20 يومًا.
- ✓ يمكن الاستنتاج أن قشر البيض كمادة مدعمة يؤدي أداء أفضل بكثير من الشيتوزان في البلاستيك الحيوي القائم على النشاء.

الدراسة الثانية^[32]:

Thermomechanical and morphology of biodegradable film made of taro starch and chitosan plasticized by castor oil

الميكانيكا الحرارية وعلم التشكل للفيلم القابل للتحلل بيولوجيًا المصنوع من نشاء التارو والشيتوزان الملدن بزيت الخروع

المؤلفين، سنة النشر:

M. Hasan, M. Nazar, et al., 2019

الهدف: تهدف هذه الدراسة الى إنشاء فيلم قابل للتحلل الحيوي مصنوع من القلقاس والشيتوزان الملدن بزيت الخروع من خلال طريقة صب المذيبات.

التجربة: فحصت هذه الدراسة تأثير تركيبة نشاء القلقاس والشيتوزان على الخصائص الحرارية الميكانيكية والمورفولوجية للبلاستيك الحيوي.

النتائج:

- ✓ تم الحصول على توصيف اختبار مقاومة الشد المثلى على تركيبة 60/40 تبلغ 0.274 ± 6.787 ميغا باسكال وأسرع عملية اختبار تحلل حيوي خلال 5-10 أيام حدثت في تركيبة 50/50.

✓ كلما زاد محتوى الشيتوزان زادت قيمة اختبار مقاومة الشد الذي تم الحصول عليه، بينما حدث أسرع معدل تحلل حيوي في تركيبة نشا اليقطين الأصفر والشيتوزان المتوازنة بنسبة 50/50.

6.III. خصائص البلاستيك الحيوي:

III. 1.6. الخصائص الميكانيكية:

خصائص الشد: يطلق عليها أيضا "اختبار التوتر" ويستخدم لتقييم السلوكيات المجهدة والانفعال تحت الضغط، حيث يتم تطبيق قوة شد (سحب) على المادة أثناء الاختبار، ويتم قياس استجابة العينة للقوة المطبقة عليها، وتخضع العينة لامتداد متحكم فيه حتى حدوث فشل يمكن تطوير منحنى الإجهاد والانفعال من خلال هذا الاختبار للحصول على مقاومة الشد، ومعامل المرونة (معامل يونج)، والاستطالة عند كسر العينة التي تم تقييمها [33].

خصائص الانحناء: يستخدم اختبار الانحناء المعروف أيضا باسم اختبار شعاع المقطع العرضي لقياس قوة ومعامل الانحناء، تمثل قوة الانحناء أقصى إجهاد للكسر عند الفشل، بينما يعكس معامل الانحناء نسبة الإجهاد المطبق إلى الانحراف ويتم حسابه من المنحدر الأولي لمنحنى انحراف الإجهاد والانفعال، تدل هاتان القيمتان عن مقاومة العينة لقوى الانثناء المدارية [33].

الصلابة: تشير صلابة المادة إلى مقاومتها للتآكل والخدوش وتشوه البلاستيك تحت الحمل المضغوط، تحدد هذه الخصائص تآكل المواد وتمزقها، حيث يمكن تحديد قيمة صلابة السطح بواسطة أجهزة اختبار الصلابة (Shore، Brinell، Vickers، Rockwell)، حيث كلما زادت قيمة الصلابة، زادت قوة المادة ومقاومتها لاختراق المواد الأخرى [33].

III. 2.6. الخصائص الكيميائية:

❖ **العلاجات الحمضية/ القلوية:** هي العلاجات الأكثر شيوعًا والأسهل. تركز هذه العلاجات عادةً على سطح الألياف، حيث يتم إذابة المحتويات القابلة للذوبان في الألياف باستخدام محلول حمضي (HCl) أو قلوي (NaOH) لساعات^[34].

❖ **تأثير الملح:** يعتمد تأثير الملح على البلاستيك الحيوي حسب نوعه ومدة تعرضه للملح، حيث تعتبر الأملاح عاملاً مؤثراً على تفاعلات التحلل الحيوي للبلاستيك الحيوي، فعلى سبيل المثال يمكن أن يؤدي التعرض المستمر للملح إلى زيادة معدل التآكل في بعض أنواع البلاستيك الحيوي، مما يقلل من مدة حياتها ويزيد من احتمالية تحللها في الطبيعة^[35].

مراجع اللغات الأجنبية

- [1] A. George, M. Sanjay, R. Srisuk, J. Parameswaranpillai, and S. Siengchin, "A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites," *International journal of biological macromolecules*, vol. 154, pp. 329-338, 2020.
- [2] G. P. Udayakumar, S. Muthusamy, B. Selvaganesh, N. Sivarajasekar, K. Rambabu, F. Banat, *et al.*, "Biopolymers and composites: Properties, characterization and their applications in food, medical and pharmaceutical industries," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, p. 105322, 2021.
- [3] A. Kumar, S. Sharma, and R. Bhat, *Biopolymers: Recent Updates, Challenges and Opportunities*: Springer, 2022.
- [4] A. Sharma, M. Thakur, M. Bhattacharya, T. Mandal, and S. Goswami, "Commercial application of cellulose nano-composites—A review," *Biotechnology Reports*, vol. 21, p. e00316, 2019.
- [5] R. K. Sharma, R. Kumar, and A. P. Singh, "Extraction of cellulose micro-whiskers from rice husk: a greener approach," *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 18, pp. 3702-3708, 2018.
- [6] L. Zhou, H. He, C. Jiang, L. Ma, and P. Yu, "Cellulose nanocrystals from cotton stalk for reinforcement of poly (vinyl alcohol) composites," *Cellulose Chemistry and Technology*, vol. 51, pp. 109-119, 2017.
- [7] E. M. Polman, G.-J. M. Gruter, J. R. Parsons, and A. Tietema, "Comparison of the aerobic biodegradation of biopolymers and the corresponding bioplastics: A review," *Science of the Total Environment*, vol. 753, p. 141953, 2021.
- [8] S. Agarwal, "Major factors affecting the characteristics of starch based biopolymer films," *European Polymer Journal*, vol. 160, p. 110788, 2021.
- [9] F. Hernandez-Carmona, Y. Morales-Matos, H. Lambis-Miranda, and J. Pasqualino, "Starch extraction potential from plantain peel wastes,"

Journal of environmental chemical engineering, vol. 5, pp. 4980-4985, 2017.

- [10] Q. Yang, J. Ding, X. Feng, X. Zhong, J. Lan, H. Tang, *et al.*, "Editing of the starch synthase IIa gene led to transcriptomic and metabolomic changes and high amylose starch in barley," *Carbohydrate Polymers*, vol. 285, p. 119238, 2022.
- [11] S. A. Oyeyinka, A. A. Adeloye, O. O. Olaomo, and E. Kayitesi, "Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root," *Food Bioscience*, vol. 33, p. 100485, 2020.
- [12] T. Tesfaye, M. Ayele, E. Ferede, M. Gibril, F. Kong, and B. Sithole, "A techno-economic feasibility of a process for extraction of starch from waste avocado seeds," *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 23, pp. 581-595, 2021.
- [13] P. K. Dara, A. Geetha, U. Mohanty, M. Raghavankutty, S. Mathew, R. C. Nagarajarao, *et al.*, "Extraction and characterization of myofibrillar proteins from different meat sources: a comparative study," *Journal of Bioresources and Bioproducts*, vol. 6, pp. 367-378, 2021.
- [14] G. T. Gindaba, S. G. Filate, and B. B. Etana, "Extraction and characterization of natural protein (deratin) from waste chicken feather," *International Journal of Modern Science and Technology*, vol. 4, pp. 174-179, 2019.
- [15] Z. A. Zulkifli and Z. Rahmat, "Evaluation of effective protein extraction procedure to profile petiole of *Moringa oleifera*," *Plant Science Today*, vol. 7, pp. 214-218, 2020.
- [16] S. Taokaew, X. Zhang, T. Chuenkaek, and T. Kobayashi, "Chitin from fermentative extraction of crab shells using okara as a nutrient source and comparative analysis of structural differences from chemically extracted chitin," *Biochemical engineering journal*, vol. 159, p. 107588, 2020.

- [17] W. Arbia, L. Arbia, L. Adour, and A. Amrane, "Chitin extraction from crustacean shells using biological methods—a review," *Food Technology and Biotechnology*, vol. 51, pp. 12-25, 2013.
- [18] S. G. Kou, L. M. Peters, and M. R. Mucalo, "Chitosan: A review of sources and preparation methods," *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 169, pp. 85-94, 2021.
- [19] A. Abdulkarim, M. T. Isa, S. Abdulsalam, A. J. Muhammad, and A. O. Ameh, "Extraction and characterisation of chitin and chitosan from mussel shell," *Extraction*, vol. 3, pp. 108-114, 2013.
- [20] I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, H. B. Temam, H. Zaoui, and A. Barhoum, "Biosynthesis MgO and ZnO nanoparticles using chitosan extracted from *Pimelia Payraudi* Latreille for antibacterial applications," *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 39, p. 19, 2023.
- [21] N. Bölgen, D. Demir, F. Öfkeli, and S. Ceylan, "Extraction and characterization of chitin and chitosan from blue crab and synthesis of chitosan cryogel scaffolds," *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, vol. 3, pp. 131-144, 2016.
- [22] S. Ling, W. Chen, Y. Fan, K. Zheng, K. Jin, H. Yu, *et al.*, "Biopolymer nanofibrils: Structure, modeling, preparation, and applications," *Progress in Polymer Science*, vol. 85, pp. 1-56, 2018.
- [23] S. Guzman-Puyol, G. Tedeschi, L. Goldoni, J. J. Benítez, L. Ceseracciu, A. Koschella, *et al.*, "Greaseproof, hydrophobic, and biodegradable food packaging bioplastics from C6-fluorinated cellulose esters," *Food Hydrocolloids*, vol. 128, p. 107562, 2022.
- [24] Inayati, D. J. Pamungkas, and M. P. N. Matovanni, "Effect of glycerol concentration on mechanical characteristics of biodegradable plastic from rice straw cellulose," in *AIP Conference Proceedings*, 2019, p. 030110.
- [25] M. Lubis, M. B. Harahap, M. H. Ginting, A. T. Sebayang, T. Chandra, and Y. Wangi, "Mechanical, SEM and FTIR characteristics of bioplastics from mango seed starch with nanoparticle zinc oxide as filler and ethylene

- glycol as plasticizers," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, p. 012122.
- [26] H. Nasution and G. Wulandari, "The Effect of Betel (piper betle) leaf extract as antimicrobial agent on characteristics of bioplastic based on sago starch," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, p. 012098.
- [27] T. A. Laksanawati, M. Khirzin, M. Amaniyah, S. Alfiyah, and R. Iftitah, "Physical and Mechanical Properties of Biodegradable Film from Taro Starch (*Xanthosoma Sagittifolium*) and Duck Bone Gelatin," *Mechanics of Advanced Composite Structures*, vol. 9, pp. 213-220, 2022.
- [28] V. Muralidharan, M. S. Arokianathan, M. Balaraman, and S. Palanivel, "Tannery trimming waste based biodegradable bioplastic: Facile synthesis and characterization of properties," *Polymer Testing*, vol. 81, p. 106250, 2020.
- [29] A. D. Abdullah, A. Fikriyyah, and U. Furghoniyyah, "Effect of chitin addition on water resistance properties of starch-based bioplastic properties," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, p. 012002.
- [30] M. He, X. Wang, Z. Wang, L. Chen, Y. Lu, X. Zhang, *et al.*, "Biocompatible and biodegradable bioplastics constructed from chitin via a "green" pathway for bone repair," *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 5, pp. 9126-9135, 2017.
- [31] N. Kasmuri and M. S. A. Zait, "Enhancement of bio-plastic using eggshells and chitosan on potato starch based," *Int. J. Eng. Technol*, vol. 7, pp. 110-115, 2018.
- [32] H. Fansuri, "Thermomechanical and morphology of biodegradable film made of taro starch and chitosan plasticized by castor oil," *vol*, vol. 12, pp. 1390-1398.

- [33] J. Y. Boey, C. K. Lee, and G. S. Tay, "Factors Affecting Mechanical Properties of Reinforced Bioplastics: A Review," *Polymers*, vol. 14, p. 3737, 2022.
- [34] M. Shanmathy, M. Mohanta, and A. Thirugnanam, "Development of biodegradable bioplastic films from Taro starch reinforced with bentonite," *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, vol. 2, p. 100173, 2021.
- [35] E. M. Melchor-Martínez, R. Macías-Garbett, L. Alvarado-Ramírez, R. G. Araújo, J. E. Sosa-Hernández, D. Ramírez-Gamboa, *et al.*, "Towards a Circular Economy of Plastics: An Evaluation of the Systematic Transition to a New Generation of Bioplastics," *Polymers*, vol. 14, p. 1203, 2022.

الفصل الرابع:

الجزء العملي

في هذا الفصل قمنا باستغلال العديد من المخلفات العضوية (نباتية وحيوانية) لإستخلاص المادة الأولية (النشاء، البروتين، السليلوز، الكيتين والشيتوزان)، تحضير البلاستيك الحيوي القائم على النشاء، تحسين خصائص البلاستيك وذلك من تدعيم الأفلام بواسطة البروتين، السليلوز، الكيتين والشيتوزان. تم إجراء الجانب العملي للموضوع بوحدة تطوير الطاقات المتجددة في المناطق القاحلة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي.

IV. 1. المواد الكيميائية والأجهزة المستعملة:

IV. 1.1. المواد الكيميائية المستعملة:

يعرض الجدول (IV. 1) أهم المواد الكيميائية المستعملة.

الجدول (IV. 1): المواد الكيميائية المستعملة.

المواد	الصيغة الكيميائية	الكتلة المولية (g/mol)	الشركة المنتجة
هيدروكسيد الصوديوم	$NaOH$	39.9971	BIOCHEM chemopharma
حمض كلور الماء	HCl	36.461	BIOCHEM chemopharma
حمض الخل	CH_3COOH	60.05	VWR.Prolabo
جليسرين	$C_3H_8O_3$	92.09	BIOCHEM chemopharma
ماء اليود	I_3K		BIOCHEM chemopharma
بيروكسيد الهيدروجين	H_2O_2	34	Carlo ERBA Reagents
ماء مقطر	H_2O	18	/
الايثانول	C_2H_5OH	46.07	VWR. Prolabo Chemicals

BIOCHEM Chemopharma	159.609	$CuSO_4, 5H_2O$	كبريتات النحاس
BIOCHEM Chemopharma	325.29	$(CH_3COO)_2Pb, 3H_2O$	خلات الرصاص
BIOCHEM Chemopharma	151.908	$FeSO_4$	كبريتات الحديد الثنائي
BIOCHEM Chemopharma	58.44	NaCl	كلوريد الصوديوم
BIOCHEM Chemopharma	98.08	H_2SO_4	حمض الكبريت

IV. 1. 2. الأجهزة والأدوات المستخدمة:

- جهاز pH متر

- ميزان إلكتروني حساس (OHAUS)

- مسخن كهربائي ((AREX (Heating Magnetic Stirrer))

- جهاز الأشعة تحت الحمراء (FTIR) من نوع (HERMO SCIENTIFIC NICOLET is5)

(BINDER/USA

- مجفف كهربائي (NICOLET IS5 BINDER/USA)

IV. 2. استخلاص البوليمير الحيوي:

IV. 1. 2. 1. نشاء قشور البطاطا:

✓ مرحلة جمع وتحضير العينة:

نأخذ 1 كلف من قشور البطاطا (الشكل (1.IV))، وذلك بعد تنظيف وغسل درنات البطاطا جيدا

بالماء، حيث تقطع القشور إلى قطع صغيرة (الشكل (2.IV)).

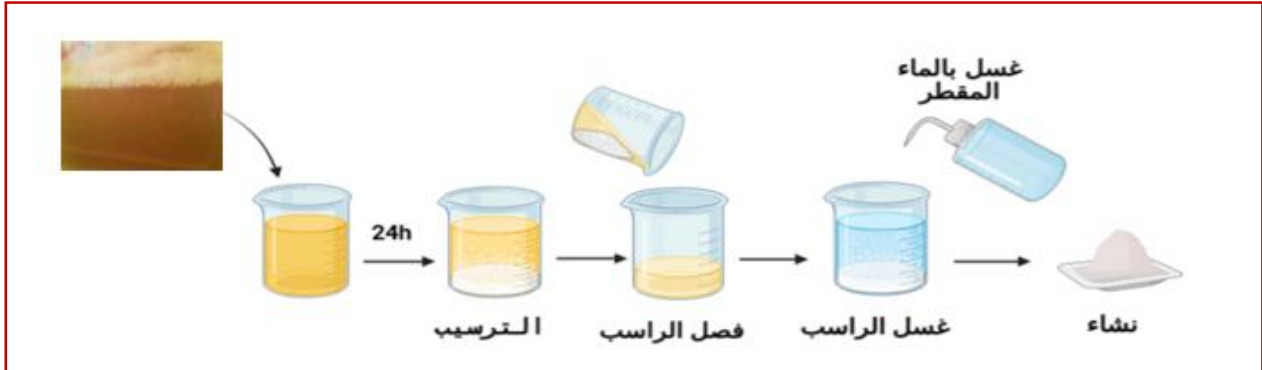


الشكل (2.IV): قشور البطاطا بعد التقطيع.

الشكل (1.IV): درنات البطاطا.

✓ مرحلة الاستخلاص:

من أجل استخلاص النشاء تم اتباع طريقة [1] مع بعض التعديلات، يتم غمر قشور البطاطا في الماء المقطر وتترك لمدة 24 ساعة، إلى حين ظهور طبقة من الراسب الأبيض، يرشح المحلول، ويغسل الراسب بالماء المقطر عدة مرات لتخلص من الشوائب ويرشح، يجفف الناتج في فرن عند $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ، ويحفظ في علب بعيدا عن الرطوبة، حيث يلخص الشكل (3.IV) مراحل استخلاص نشاء البطاطا.



الشكل (3.IV): استخلاص النشاء من قشور البطاطا.

✓ الكشف:

نأخذ كمية من النشاء المتحصل عليه ونضيف له قطرات من ماء اليود [2].

IV. 2.2. استخلاص السييلوز من قشور الموز

✓ جمع وتحضير العينة:

تم جمع قشور الموز، تنقيتها وتجفيفها في غرفة بعيدا عن أشعة الشمس، تغسل جيدا بالماء المقطر لإزالة مختلف الشوائب، ثم تجفف وتقطع إلى قطع صغيرة وتخزن في علب بعيدا عن الرطوبة إلى وقت الاستخدام، حيث يوضح الشكل (4.IV، 5) مراحل تحضير قشور الموز.



الشكل (4.IV): قشور الموز قبل التجفيف. الشكل (5.IV): قشور الموز بعد التجفيف.

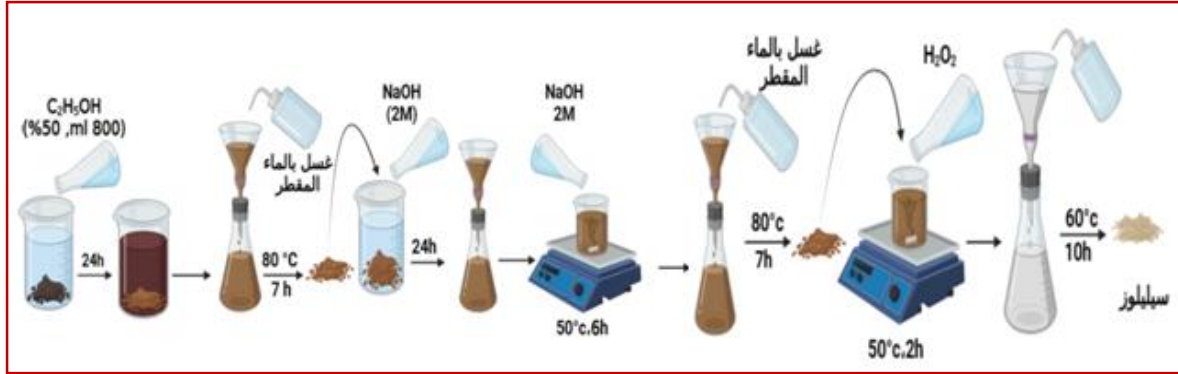
✓ استخلاص السليلوز:

يتم استخلاص السليلوز وفق ثلاث مراحل، حسب الدراسة^[3] مع بعض التعديلات:

نزع الدهون: يتم نزع الدهون من قشور الموز باستخدام محلول C_2H_5OH ، حيث يغمر 100 غ من القشور في محلول C_2H_5OH لمدة 24 ساعة، بعدها يغسل الناتج 3 مرات بالماء المقطر ثم يصفى ويجفف في الفرن عند $80\text{ }^\circ\text{C}$ لمدة 7 ساعات.

نزع البروتين: يتم نزع العينة المجففة من القشور في محلول $NaOH$ بتركيز 2 مولاري لمدة 24 ساعة، يرشح الناتج وينقع مرة أخرى في محلول $NaOH$ بنفس التركيز في $50\text{ }^\circ\text{C}$ مع التحريك لمدة 6 ساعات، بعدها ترشح العينة وتغسل بالماء المقطر عدة مرات وتجفف في الفرن عند $80\text{ }^\circ\text{C}$ لمدة 7 ساعات.

مرحلة التبييض: يتم غمرها في محلول H_2O_2 لمدة ساعتين مع التحريك المستمر عند $50\text{ }^\circ\text{C}$ ،
تعاد العملية مرتين أو ثلاث، أخيرا يغسل الناتج 3 مرات بالماء المقطر، ويجفف عند $60\text{ }^\circ\text{C}$ لمدة 10
ساعات، يلخص الشكل (6.IV) خطوات التجربة.



الشكل (6.IV): استخلاص السليلوز.

✓ الكشف:

يتم التحقق من الناتج وذلك بإذابة العينة في بعض المحاليل العضوية.

3.2.IV. استخلاص البروتين (كولاجين) من أرجل الدجاج:

✓ مرحلة جمع وتحضير العينة:

قمنا بتجميع 50 غ من أرجل الدجاج، وغسلها جيدا بالماء وتقطيعها قطع صغيرة الشكل (7.IV، 8)،
وحفظها في الثلاجة حتى مرحلة الاستخلاص حيث قمنا باتباع طريقة [4] مع بعض التعديلات.



الشكل (8.IV): أرجل الدجاج بعد التقطيع.



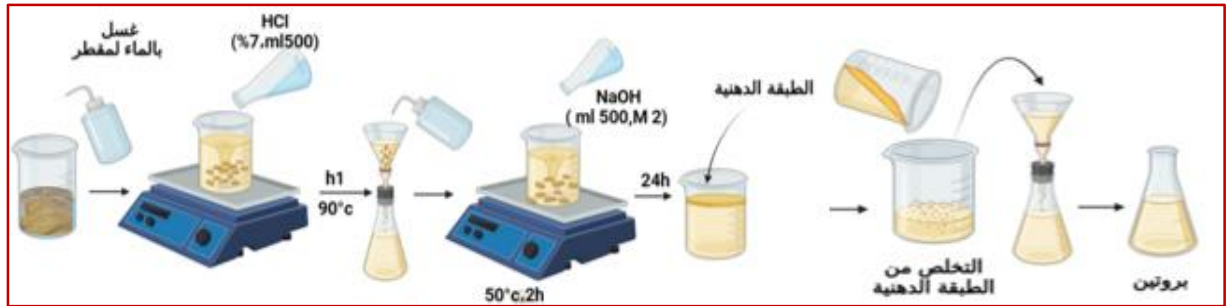
الشكل (7.IV): أرجل الدجاج قبل التقطيع.

✓ مرحلة الاستخلاص:

يتم استخلاص البروتين عبر مراحل:

مرحلة نزع المعادن: نضع 50 غ من الأرجل في محلول HCl (500 مل، 7%)، لمدة ساعة عند درجة حرارة 90 °C تحت التحريك، يرشح الناتج ويغسل بالماء المقطر عدة مرات.

مرحلة تحضير البروتين: نضع الأرجل المعالجة في محلول NaOH (500 مل، 2 مولاري) مع التحريك عند درجة حرارة 50 °C لمدة ساعتين، ونرشح الناتج للتخلص من بقايا عظام الأرجل، يترك المحلول الناتج لمدة 24 ساعة، حيث نلاحظ تشكل طبقة دهنية طافية، نتخلص منها ونحتفظ بالبروتين المستخلص في الثلاجة، يلخص الشكل (9.IV) مراحل التجربة.



الشكل (9.IV): استخلاص البروتين.

✓ الكشف:

طريقة الكشف باللون: أخذنا حجم من المحلول الناتج وأضفنا عليه حجما من محلول $CuSO_4$ و

$NaOH$ المخفف [5].

طريقة الترسيب: أضفنا حجما من محلول $(CH_3COOH)_2Pb$ إلى حجم من المحلول الناتج.

4.2.IV. استخلاص الكيتين والشيتوزان من الجمبري:

✓ مرحلة جمع وتحضير العينة:

تم شراء الجمبري من السوق المحلي لمدينة الوادي **الشكل (10.IV)**، وتنظيفه جيدا بالماء المقطر، وتحرير الهيكل الخارجي له، وغسله جيدا بالماء المقطر لإزالة مختلف الشوائب **الشكل (11.IV)**، وتخزينها في علب لتجنب الرطوبة إلى حين وقت الاستعمال.



الشكل (11.IV): قشور الجمبري.



الشكل (10.IV): الجمبري.

✓ مرحلة الاستخلاص:

حسب [6] مع بعض التعديلات، تمثلت عملية استخلاص الكيتين والشيتوزان من قشور الجمبري

المراحل التالية:

مرحلة إزالة المعادن: تمت معالجة 50 غ من قشور الجمبري بمحلول HCl (500 مل، 7 %) لمدة

ساعة عند $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ، بعد التنقية يشطف الجزء الصلب بالماء المقطر حتى الوصول إلى $pH = 7$.

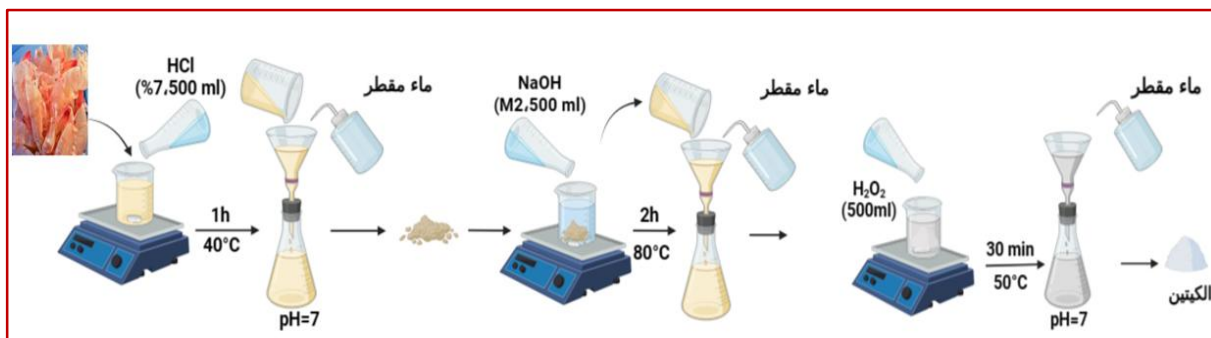
مرحلة نزع البروتين: نعالج ناتج المرحلة السابقة بمحلول $NaOH$ (500 مل، 1مولاري) عند $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ لمدة

ساعتين مع التحريك، نرشح الناتج ويغسل بالماء المقطر عدة مرات.

إزالة اللون: لإزالة اللون نعالج الناتج بـ H_2O_2 عند درجة حرارة $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ لمدة 30 دقيقة، قمنا بعد ذلك

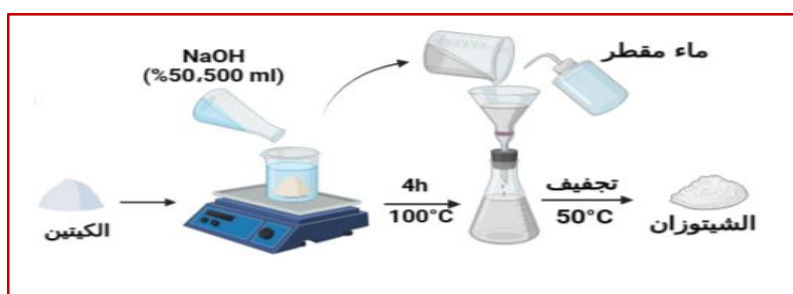
بتحبيد الكيتين عن طريق الغسل بالماء المقطر حتى الوصول إلى $pH = 7$ ، يوضح **الشكل (12.IV)**

مراحل تحضير الكيتين.



الشكل (12.IV): استخلاص الكيتين.

مرحلة نزع الأستيل: يخضع الكيتين المتحصل عليه إلى المعالجة بمحلول $NaOH$ (500 مل، 2 مولاري) عند درجة حرارة $100\text{ }^\circ\text{C}$ لمدة 4 ساعات، يرشح المحلول وتغسل المادة المرشحة الناتجة بالماء المقطر ويجفف في الفرن عند $50\text{ }^\circ\text{C}$ ، حيث يلخص الشكل (13.IV) خطوات استخلاص الشيتوزان انطلاقاً من الكيتين.



الشكل (13.IV): استخلاص الشيتوزان.

✓ الكشف:

نأخذ عينة من الكيتين والشيتوزان، ونقوم بإذابتها في محلول CH_3COOH (40 مل، 1%)، عند درجة حرارة $40\text{ }^\circ\text{C}$ مع التحريك المستمر.

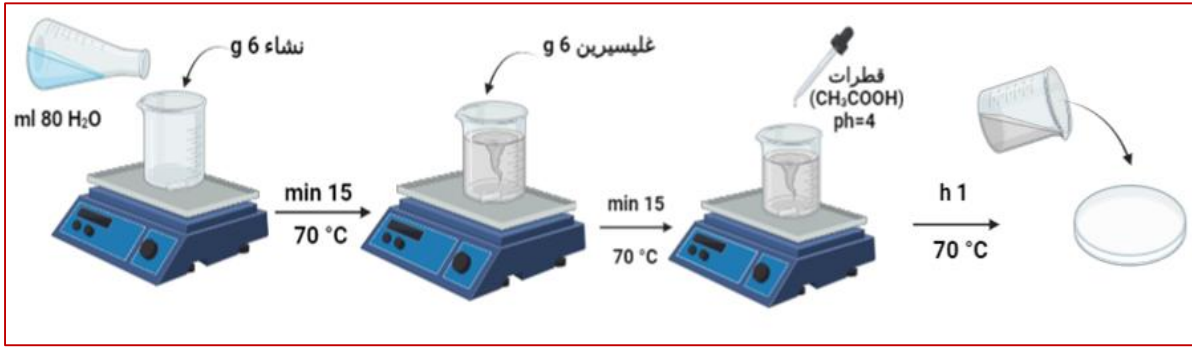
3.IV. تحضير البلاستيك الحيوي

من أجل تحضير أفلام البلاستيك الحيوي تم اتباع طريقة ^[1] بعض التعديلات لتحسين خصائص

الأفلام البلاستيكية.

1.3.IV. بلاستيك حيوي قائم على أساس نشاء البطاطا

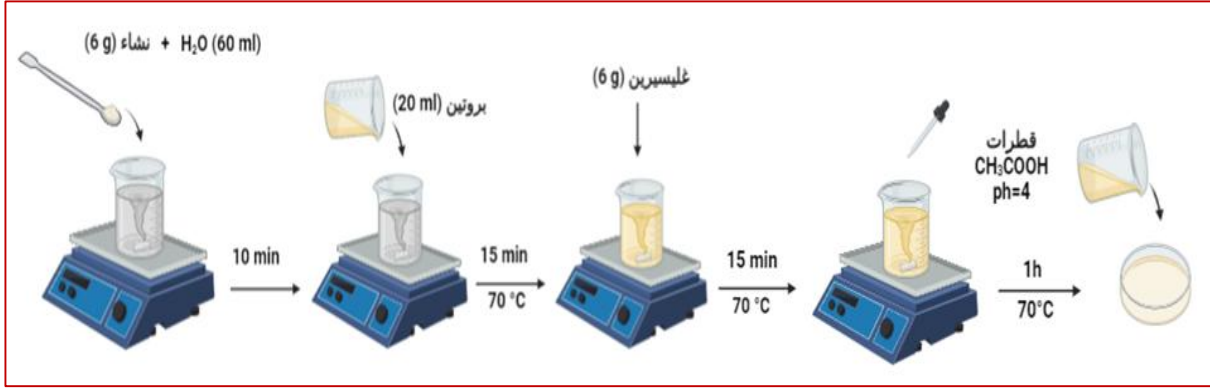
تأخذ 6 غ من النشاء، ونضيف 80 مل من الماء المقطر في بيشر مع التحريك عند 70°C لمدة 15 دقيقة ثم نضيف 6 غ من الجليسيرين، بعد 15 دقيقة نقوم بإضافة قطرات من CH_3COOH للحصول على $\text{pH} = 4$ ، نتركه لمدة ساعة إلى أن يصبح هلام ثم نضعه في علب بتري حتى يجف، يوضح الشكل (14.IV) مراحل التجربة.



الشكل (14.IV): إنتاج أفلام البلاستيك من النشاء.

2.3.IV. بلاستيك حيوي قائم على النشاء مدعم بالبروتين:

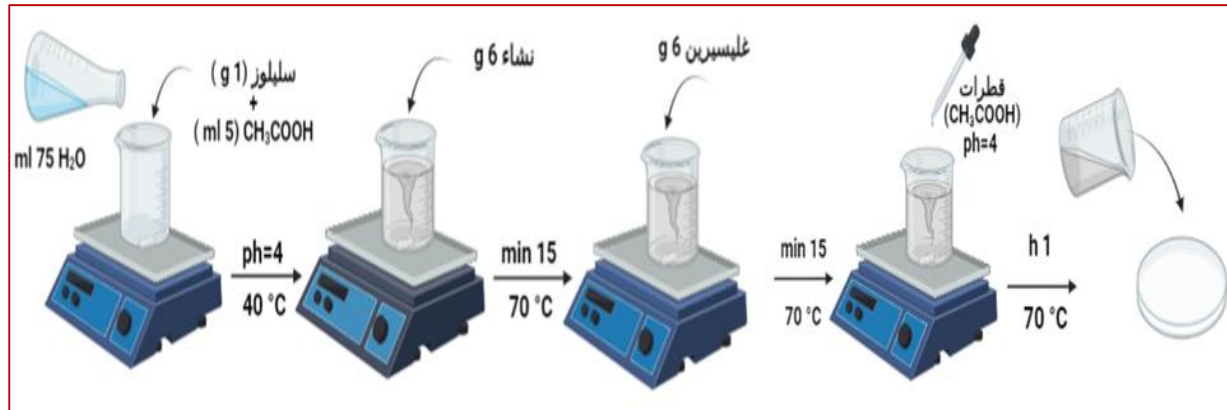
نقوم بوزن 6 غ من النشاء في 60 مل من الماء المقطر مع التحريك على البارد حوالي 10 دقائق حتى يتجانس الخليط، نضيف 20 مل من هلام البروتين، ونقوم بتسخين المحلول حتى 70°C مع التحريك الجيد لمدة 15 دقيقة، و نضيف 6 غ من الجليسيرين، بعد 15 دقيقة نضيف قطرات من CH_3COOH حتى $\text{pH} = 4$ نتركه لمدة ساعة إلى أن يصبح هلام ثم نضعه في علب بتري حتى تجف، يصف الشكل (15.IV) مراحل التجربة.



الشكل (15.IV): إنتاج أفلام البلاستيك من النشاء المدعم بالبروتين.

IV. 3.3. بلاستيك حيوي قائم على النشاء مدعم بالسليولوز:

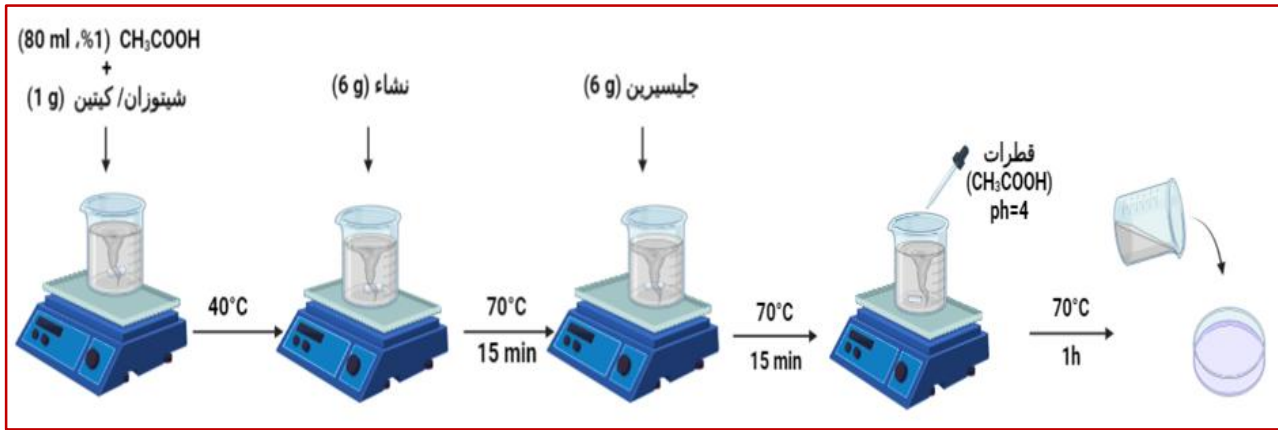
نأخذ 1 غ من السليولوز المطحون يوضع مع محلول CH_3COOH ثم نضيف الماء المقطر حتى الحصول على $\text{pH} = 4$ مع التحريك و درجة حرارة 40 درجة مئوية، نضيف 6 غ من النشاء في 80 مل من الماء المقطر مع التحريك الجيد عند 70°C لمدة 15 دقيقة، ثم نضيف 6 غ من الجليسرين، نترك الخليط لمدة ساعة عند 70°C إلى أن يصبح هلام، يسكب الهلام في علب بتري حتى تجف، يمثل **الشكل (16.IV)** خطوات التجربة.



الشكل (16.IV): إنتاج أفلام البلاستيك من النشاء المدعم بالسليولوز.

IV. 4.3. بلاستيك حيوي قائم على النشاء مدعم بالكيتين، بالشيتوزان:

نقوم بإذابة 1 غ من الكيتين، الشيتوزان في 80 مل من محلول CH_3COOH (1%) عند 40°C ، ثم نضيف 6 غ من النشاء عند 70°C مع التحريك المستمر، بعد انقضاء 15 دقيقة نقوم بإضافة 6 غ من الجليسرين، نضيف قطرات من CH_3COOH حتى الحصول على $\text{pH} = 4$ بعد 15 دقيقة، ترك المزيج لمدة ساعة مع التحريك عند 70°C ، نسكب الناتج في علب بتري ويترك حتى يجف للحصول على أفلام البلاستيك الحيوي، يبين الشكل (17.IV) مراحل التجربة.



الشكل (17.IV): أفلام البلاستيك المدعم بالكيتين، الشيتوزان.

IV. 4. التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء لتوصيف البوليمرات والبلاستيك الحيوي:

تعد تقنية الأشعة تحت الحمراء من أهم الطرق الطيفية وأكثرها فائدة لتوصيف المركبات، حيث تعتبر تقنية متعددة الاستخدامات وغير مدمرة تقوم بتحليل العينات في جميع الحالات الفيزيائية، حيث توفر أطيف الأشعة تحت الحمراء التي يتم الحصول عليها استنتاجات حول الوظائف الكيميائية للمكونات الرئيسية [17].

يؤدي امتصاص الأشعة تحت الحمراء إلى اهتزاز الذرات المكونة للجزيء، ينتج عنها تغير في طول الروابط الكيميائية بين الذرات أو تغير في الزوايا بين هذه الروابط في الجزيء، من هنا يمكننا التعرف على

نوعية الروابط والذرات الموجودة في الجزيء وذلك بمعرفة طاقة الامتصاص أثناء تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء [8].

ترتبط الحركات الاهتزازية للجزيء بعدد الذرات المكونة له، حيث كلما كان عدد الذرات أكثر زادت صعوبة تحليل طيف الامتصاص، وذلك نظرا لزيادة وتداخل عدد الامتصاصات، يستوجب من هنا إتباع تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء ببعض طرق التحليل الأخرى لمعرفة التركيب الجزيئي للمركبات الكيميائية [9]، يتم تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء من أجل تحديد هياكل المركبات العضوية وغير العضوية، والتعرف على المجموعات الوظيفية المكونة لها [10]، يوضح الجدول (2.IV) تردد الامتصاصات لأهم المجموعات الوظيفية العضوية.

الجدول (2.IV): تردد الامتصاصات المجموعات الوظيفية العضوية.

الإمتزاز	التردد (cm ⁻¹)	الوظيفة	الرابطة
تمدد (s) stretch	2960. 2850	Alkanes	C.H
منحنى (s) bend	1000 .675	Alkenes	
تمدد (m) stretch	3020.3080	Alkynes	
تمدد (s) stretch	3333 .3267		
منحنى (b) bend	610.700	Aromatic Rings	
تمدد (m) stretch	3000.3100	Phenyl Ring Substitution Bands	
منحنى (s) bend	870.675		
(w) fingerprint region	2000.1600	Phenyl Ring Substitution Overtones	
(v) scissoring and bending	1380	CH ₃ Umbrella Deformation	
تمدد (m.w) stretch	1680.1640	Alkenes	C=C
تمدد (w) stretch	1600.1500	Aromatic Rings	C≡C
تمدد (w.sh) stretch	2260.2100	Alkynes	

(s) stretch تمدد (s)	1760.1670	Aldehydes, Ketones. Carboxylic acids, Esters	O=C
(s) stretch تمدد (s)	1260.1000	Alcohols, Ethers Carboxylic acids, Esters	C.O
(S.br) stretch تمدد (S.br)	3640.3160	Monomeric . Alcohols. Phenols	O.H
(b) stretch تمدد (b)	3600.3200	Hydrogen.bonded . Alcohols. Phenols	
(b) stretch تمدد (b)	3000.2500	Carboxylic acids	
(m) stretch تمدد (m)	3500.3300	Amines	N.H
(m) bend منحنى (m)	1650.1580		
(m) stretch تمدد (m)	1340.1020	Amines	C.N
(v) stretch تمدد (v)	2260.2220	Nitriles	$C \equiv N$
(s) asymmetrical stretch التمدد غير متناظر	1660.1500	Nitro Compounds	NO ₂
(s) symmetrical stretch التمدد المتناظر	1390.1260		

IV.5. دراسة خصائص البلاستيك الحيوي

IV.1.5. الاختبارات الميكانيكية:

تم اختيار ثلاث معاملات ميكانيكية لتوصيف وقياس البلاستيك الحيوي، وهي امتصاص الماء

ومحتوى الرطوبة واختبار الذوبان في الماء.

✓ اختبار امتصاص الماء:

تأخذ قطع صغيرة من العينات (2×2سم)، تم تسجيل الوزن الأولي للعينات، توضع بعد ذلك العينات في دورق يحتوي على 60 مل من الماء عند درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة، تسحب العينة من الماء وتمسح جيدا ثم توزن ^[11]، تم حساب مقدار امتصاص الماء باستخدام العلاقة التالية:

$$100 \times \frac{W_i - W_f}{W_f} = (\%) \text{ امتصاص الماء}$$

حيث:

W_i : وزن العينة الابتدائي (g)، W_f : وزن العينة النهائي (g).

✓ اختبار محتوى الرطوبة:

تم تقدير محتوى الرطوبة عن طريق قياس فقدان الوزن للأفلام، وذلك من خلال أخذ قطع من أفلام البلاستيك المحضر (2×2سم)، توزن العينات بدقة ثم تجفف العينات في الفرن عند 110 °C حتى الحصول على وزن جاف ثابت ^[12]، تم قياس محتوى الرطوبة بالعلاقة التالية:

$$100 \times \frac{W_f - W_i}{W_i} = (\%) \text{ محتوى الرطوبة}$$

حيث:

W_i : وزن العينة الابتدائي (g)، W_f : وزن العينة النهائي (g).

✓ اختبار الذوبان في الماء:

وزنت قطع البلاستيك المحضرة المختلفة (2 × 2 سم) بدقة، غمرت العينات في 100 مل من الماء المقطر مع التحريك 180 دورة في الدقيقة لمدة 6 ساعات عند 25 °C، بعد انقضاء المدة الزمنية رشحت

القطع ثم جففت في فرن هواء ساخن عند درجة حرارة 110°C [11] ، تم حساب النسبة المئوية للذوبان في الماء حسب العلاقة التالية:

$$100 \times \frac{W_f - W_i}{W_i} = \text{الذوبانية (\%)}$$

حيث:

W_i : وزن العينة الابتدائي (g) ، W_f : وزن العينة النهائي (g).

IV. 2.5. الاختبارات الكيميائية:

✓ تأثير القلويات:

تم وزن فيلم البلاستيك الحيوي المحضر بحجم 3 سم × 3 سم بدقة، ثم حفظ في محلول NaOH بتركيز % 40 لمدة 10 أيام، تزال العينات تغسل جيدا وتجفف ليتم تحديد النسبة المئوية لفقدان الوزن [13].

✓ تأثير الحمض:

تم تعريض أفلام البلاستيك الحيوي سابقة الترجيح بحجم 3 سم × 3 سم إلى محلول حمض الكبريتيك بنسبة % 30 لمدة 8 أيام، تم إزالة الأغشية البلاستيكية الحيوية وتجفيفها ووزنها يوميًا لمدة 8 أيام من أجل قياس النسبة المئوية لفقدان الوزن [13].

✓ تأثير الملح:

لتقدير تأثير الملح، تم خلط غشاء بلاستيك حيوي مسبق الوزن بحجم 3 سم × 3 سم مع 10 غ ملح صلب (NaCl ، FeSO_4 و $(\text{CH}_3\text{COOH})_2\text{Pb}$) في 100 مل من الماء وحضنت لمدة 10 أيام، يتم

إزالة فيلم البلاستيك الحيوي من الملح وغسله جيدًا وتجفيفه ووزنه من أجل قياس النسبة المئوية لفقدان الوزن [13]. قدرت نسبة التأثير (فقدان الوزن) بالنسبة للقلويات، الحمض أو الأملاح حسب العلاقة التالية:

$$100 \times \frac{W_f - W_i}{W_i} = (\%) \text{ معامل التأثير}$$

حيث:

W_i : وزن العينة الابتدائي (g)، W_f : وزن العينة النهائي (g).

مراجع اللغات الأجنبية:

- [1] M. Marichelvam, M. Jawaid, and M. Asim, "Corn and rice starch-based bio-plastics as alternative packaging materials," *Fibers*, vol. 7, p. 32, 2019.
- [2] A. K. Govindarajalu, M. Ponnuchamy, B. Sivasamy, M. V. Prabhu, and A. Kapoor, "A cellulosic paper-based sensor for detection of starch contamination in milk," *Bulletin of Materials Science*, vol. 42, pp. 1-6, 2019.
- [3] K. Shreedhana and R. Ilavarasi, "Fabrication of nanocrystalline cellulose from banana peel obtained from unripe plantain bananas," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, p. 012002.
- [4] N. Phusunti and B. Cheirsilp, "Integrated protein extraction with bio-oil production for microalgal biorefinery," *Algal research*, vol. 48, p. 101918, 2020.
- [5] B. Acharya, D. Pandey, and S. Nema, "EXPLORATION OF THE UNIQUE FUNGAL ASSOCIATION AND PROTEIN PROFILE OF BODA FROM BASTAR, CHHATTISGARH, INDIA".
- [6] I. B. Amor, H. Hemmami, S. E. Laouini, H. B. Temam, H. Zaoui, and A. Barhoum, "Biosynthesis MgO and ZnO nanoparticles using chitosan extracted from *Pimelia Payraudi* Latreille for antibacterial applications," *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 39, p. 19, 2023.
- [7] J. Lopes and C. Sousa, "Hyperspectral Analysis for Plant Characterization and Discrimination," *Comprehensive Analytical Chemistry*, vol. 80, pp. 281-289, 2018.
- [8] A. E. Segneanu, I. Gozescu, A. Dabici, P. Sfirloaga, and Z. Szabadai, *Organic compounds FT-IR spectroscopy* vol. 145: InTech Rijeka, Croatia, 2012.

- [9] K. B. Beć, J. Grabska, and C. W. Huck, "Biomolecular and bioanalytical applications of infrared spectroscopy–A review," *Analytica Chimica Acta*, vol. 1133, pp. 150-177, 2020.
- [10] K. B. Beć, J. Grabska, and C. W. Huck, "Physical principles of infrared spectroscopy," in *Comprehensive analytical chemistry*. vol. 98 ,ed: Elsevier, 2022, pp. 1-43.
- [11] S. M. Maulida and P. Tarigan, "Production of starch based bioplastic from cassava peel reinforced with microcrystalline cellulose avicel PH101 using sorbitol as plasticizer," in *J. Phys. Conf. Ser*, 2016.
- [12] S. N. H .M. Azmin and M. S. M. Nor, "Development and characterization of food packaging bioplastic film from cocoa pod husk cellulose incorporated with sugarcane bagasse fibre," *Journal of Bioresources and Bioproducts*, vol. 5, pp. 248-255, 2020.
- [13] S. Nigam, A .K. Das, and M. K. Patidar, "Valorization of Parthenium hysterophorus weed for cellulose extraction and its application for bioplastic preparation," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, p. 105424, 2021.

الفصل الخامس:

نتائج ومناقشة

من خلال العمل الذي قمنا به في المخبر، والذي يهدف الى استغلال مخلفات الكتلة الحية من: قشور البطاطا، أرجل الدجاج، قشور الموز ومخلفات الجمبري، من أجل تحضير النشاء، البروتين (كولاجين)، السليلوز، الكيتين والشيتوزان، حيث استغل النشاء كمادة أساسية لتحضير البلاستيك الحيوي، أيضا قمنا بتحضير أفلام بلاستيك قائمة على النشاء مدعمة بالبروتين، السليلوز، الكيتين والشيتوزان.

1.V. البوليمرات المستخلصة:

1.1.V. صور البوليمرات المستخلصة:

من خلال العمل التجريبي قمنا باستخلاص البوليمرات المختلفة (النشاء، البروتين، السليلوز، الكيتين والشيتوزان) عليها من المصادر المختلفة (قشور البطاطا، أرجل الدجاج، قشور الموز وقشور الجمبري)، كما هي موضحة في الشكل (1.V).



الشكل (1V.): البوليمرات المختلفة المستخلصة.

2.1.V. مردود البوليمرات المستخلصة:

حددت قيم المردود لمختلف البوليمرات المستخلصة اعتمادا على العلاقة التالية:

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{m_p}{m_i} \times 100$$

حيث:

m_i : كتلة المادة الخام الابتدائية، m_p : كتلة البوليمر المستخلص.

كانت قيم المردود للبوليمرات المستخلصة متوسطة ومختلفة، حيث يعود الاختلاف في قيم المردود

إلى ظروف وشروط الاستخلاص، يوضح **الجدول (1.V)** مردود البوليمرات.

الجدول (1.V): مردود البوليمرات المستخلصة.

المردود %	البوليمر	المصدر
10	النشاء	قشور البطاطا
/	البروتين (الكولاجين)	أرجل الدجاج
36	السيليلوز	قشور الموز
70	الكيتين	قشور الجمبري
85	الشيتوزان	قشور الجمبري

3.1.V. تجارب الكشف:

الكشف عن النشاء:

ظهر اللون البنفسجي عند إضافة ماء اليود الى العينة يدل على احتواء العينة على النشاء^[1]، حيث

يوضح **الشكل (2.V)** تجربة الكشف عن النشاء في العينة.

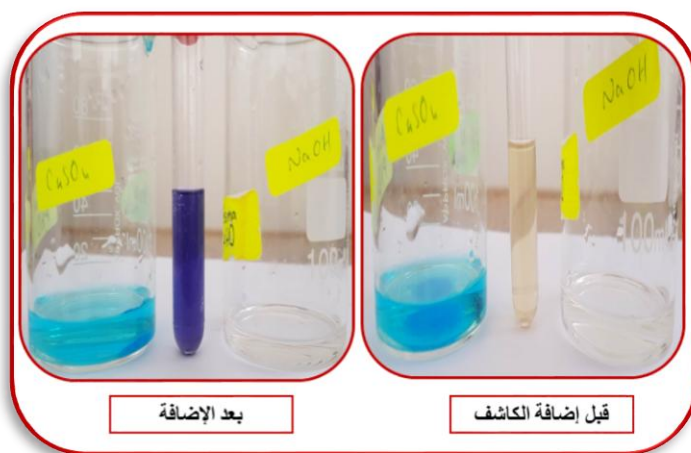


الشكل (2.V): تجربة الكشف عن النشاء.

الكشف عن البروتين:

نلاحظ عند إضافة محلول $CuSO_4$ و $NaOH$ المخفف إلى حجم من البروتين المستخلص تحول

المستخلص إلى اللون البنفسجي المزرق دليل على وجود البروتين^[2] ، كما هو موضح في الشكل (3.V).



الشكل (3.V): تجربة الكشف عن البروتين باللون.

نلاحظ عند إضافة محلول $(CH_3COOH)_2Pb$ إلى حجم معين من البروتين ظهور راسب أبيض^[3]

، دليل على وجود البروتين في العينة، كما هو موضح في الشكل (4.V).



الشكل (4.V): ترسيب البروتين بمحلول $(CH_3COOH)_2Pb$.

إذابة السليلوز في الماء، الإيثانول وحمض الأسيتيك:

نلاحظ عدم ذوبان السليلوز المستخلص في مختلف المذيبات.

إذابة الكيتين والشيتوزان في حمض الأسيتيك (1%):

نلاحظ ذوبان عينات الكيتين والشيتوزان المستخلص في محلول حمض الأسيتيك (1%) عند $40\text{ }^\circ\text{C}$

تحت التحريك.

4.1.V. تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء لعينات البوليمر:

النشاء:

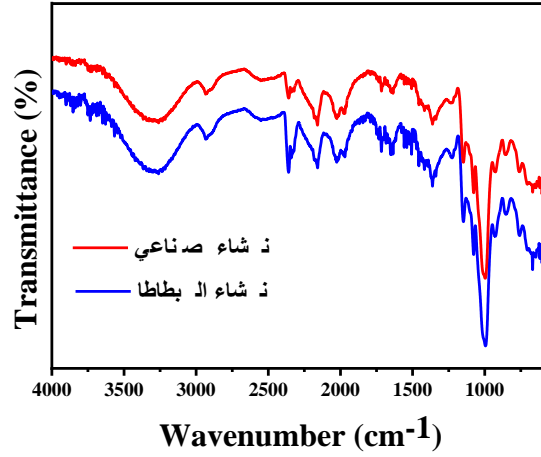
يتم عرض أطياف FTIR لنشاء البطاطا المحضر والنشاء التجاري في الشكل (5-V)، حيث يفسر

الطيف الى وجود نطاق امتصاص في حوالي 3500-3000، 2900 ~، 1150 ~، و 1100-1000 cm^{-1}

¹ في الطيفين أشارت إلى أن العينات تمتلك مجموعة وظيفية -OH و C-H و C-O-C و

C-O على التوالي، أيضا لوحظت أن ذروة ثاني أكسيد الكربون غير المألوفة (2358 cm^{-1}) في طيف

الأشعة تحت الحمراء لنشاء البطاطا، قد يكون ناتجًا عن ظروف التحليل، تتوافق هذه النتائج مع نتائج الدراسة [4].



الشكل (5.V): أطياف الأشعة تحت الحمراء للنشاء المحضر والنشاء التجاري.

البروتين، السليلوز، الكيتين والشيتوزان:

يظهر الشكل (6.V) مختلف أطياف الأشعة تحت الحمراء للبوليمرات المستخلصة.

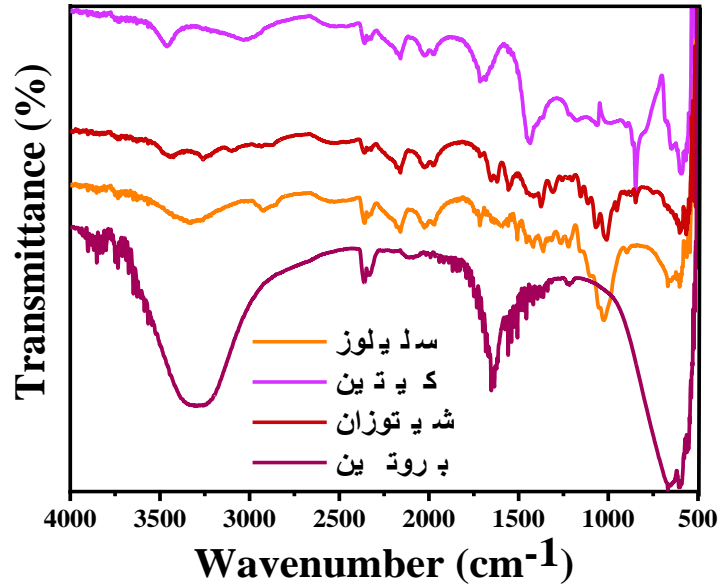
أظهر طيف FT-IR للبروتين المستخلص (الكولاجين) وجود جميع نطاقات الأמיד الثلاثة الرئيسية: الأول والثاني والثالث في منطقة $1661-1636 \text{ cm}^{-1}$ ، $1558-1549 \text{ cm}^{-1}$ و $1300-1200 \text{ cm}^{-1}$ والتي بدورها أثبتت سلامة البروتينات في تشكيل جزيئات الكولاجين، في حين أن الذروة الواقعة في حدود $670-640 \text{ cm}^{-1}$ يمكن أن تعزى إلى اهتزازات التمدد C-H، من المحتمل أن يرتبط نطاق البروتين 1450 cm^{-1} بأوضاع الانحناء C-H وقد لوحظ نطاق amide - A تمدد -NH عند 3400 cm^{-1} ، حيث يتطابق طيف البروتين المستخلص مع ما قدمته الدراسة [5].

المجموعات الوظيفية الرئيسية للسليلوز هي اهتزاز تمدد C-H و O-H المرتبط بالهيدروجين، والسليلوز على طول سلسلة β - جلوكوز، حيث أظهرت أطياف FTIR ذروة امتصاص كبيرة تتراوح ما

بين 3000-3500 cm^{-1} ، والتي تم تخصيصها لرابطة الهيدروجين لمجموعات الهيدروكسيل في السليلوز، كانت ذروة الامتصاص عند 2884 cm^{-1} ناتجة عن اهتزاز تمدد CH في السليلوز وكذلك هيموسليلوز، أيضا ظهور ذروة امتصاص لـ $\text{C} - \text{O} - \text{C}$ عند 1020 cm^{-1} ، مما يشير إلى تركيز كبير للسليلوز، حيث توافق هذه النتائج نتائج الدراسة^[5].

تظهر النطاقات الطيفية للكيتين اهتزازات تمدد لمجموعات NH_2 الحرة وجزيئات الماء مع ذرات تمدد OH و NH بين 2920.77 و 3460.15 cm^{-1} ، مع التشوه للأמיד $\text{C} = \text{O}$ عند حوالي 2369.20 cm^{-1} و تشوه لـ NH تقريباً عند 1639.00 cm^{-1} ، تشوه CN للمجموعات الأمينية بين 1160.65 و 1119.29 cm^{-1} ، أيضا نطاقات بنية عديد السكاريد في المنطقة بين 579.75 و 1021.92 cm^{-1} ، وتؤكد النتيجة أن المادة هي الكيتين وهو ما يتوافق مع الدراسة^[6].

في طيف الشيتوزان، لوحظت نطاقات مرتبطة باهتزازات تمدد لمجموعات NH_2 الحرة وجزيئات الماء مع ذرات OH و NH عند 3100 و 3500 cm^{-1} ، نلاحظ أيضا ذروة امتصاص عند ~2850-2950 cm^{-1} تعود الى تمدد $\text{C} - \text{H}$ بسبب التخلص من مجموعة الأسيتيل، مع تشوه للأמיד $\text{C} = \text{O}$ عند ~1634.03 cm^{-1} ، تشوه لـ NH عند ~1553.11 cm^{-1} ، تشوه للأמיד CN عند ~1466.90 cm^{-1} ، أيضا نلاحظ تشوه لـ CN للمجموعات الأمينية بين 1120 و 1260 cm^{-1} ، تظهر هياكل عديد السكاريد نطاقات في المنطقة بين 1000 و 1130 cm^{-1} ، توافق هذه النتائج نتائج الدراسة^[6].



الشكل (6.V): أطيف الأشعة تحت الحمراء للبوليمرات المحضرة.

2.V. أفلام البلاستيك الحيوي المصنعة:

1.2.V. صور مختلف الأفلام المحضرة: يعرض الشكل (7.V) صور الأفلام البلاستيكية المحضرة.



الشكل (7.V): مختلف الأفلام البلاستيكية المصنعة.

2.2.V. خصائص مختلف الأفلام المحضرة:

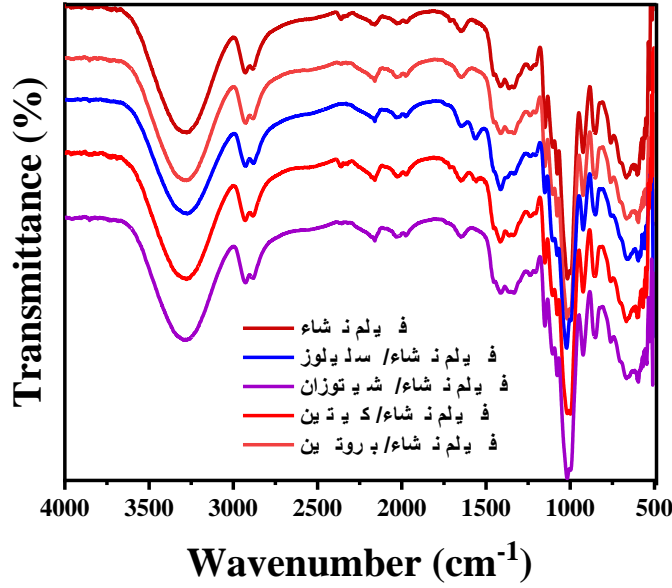
نلاحظ عدة خصائص في مظهر أفلام البلاستيك، يلخص **الجدول (2.V)** بعضها.

الجدول (2.V): خصائص المظهر لمختلف الأفلام المصنعة.

الخاصية/فيلم	نشاء	نشاء/بروتين	نشاء/سليولوز	نشاء/كيتين	نشاء/شيتوزان
اللون	أبيض	أبيض مصفر	أبيض مصفر	أبيض مصفر	أبيض مصفر
الشفافية	نصف شفاف	شفاف	شفاف	شفاف	شفاف
الإستطالة	متين	قابل	قابل	قابل	قابل
المرونة	شبه مرن	مرن	مرن	مرن	مرن
قابلية الكسر	غير قابل	غير قابل	غير قابل	غير قابل	غير قابل

3.2.V. تحليل الأشعة تحت الحمراء لمختلف الأفلام:

استنادًا إلى الأطياف المدرجة في **الشكل (8.V)**، فإن القمم التي تم الحصول عليها لكل فيلم متشابهة مع بعضها البعض، ويرجع ذلك إلى وجود مجموعة $-OH$ في بنية البوليمرات التي تشارك في تكوين رابطة الهيدروجين، حيث تم اكتشاف تقريبًا أربع قمم رئيسية موجودة في الأطياف الممثلة للأفلام المنتجة، الذروة الرئيسية المحددة في كل من الأطياف، هي قمم $C - O$ التي تم العثور عليها عند 1026 و 1118 cm^{-1} على التوالي، تم الحصول على قمم تقريبًا عند 1089 و 1020 cm^{-1} بسبب خصائص تمدد حلقة الجلوكوز $C - O$ ، توجد هذه الرابطة بشكل شائع في بنية الكربوهيدرات بسبب تمديد مجموعات $C - O - H$ ، تتوافق القمم التي لوحظت بين 3000 إلى 3500 cm^{-1} في الأطياف مع مجموعة الهيدروكسيل المرتبطة بالهيدروجين ($O - H$) بسبب التمدد الذي يحدث بشكل طبيعي في بنية الكربوهيدرات، تتوافق أطياف مختلف الأفلام المحضرة مع العديد من الدراسات^[7-19].



الشكل (8.V): أطياف الأشعة تحت الحمراء لمختلف الأفلام البلاستيكية المحضرة.

4.2.V. الخصائص الميكانيكية لمختلف الأفلام:

يتم حساب نسب امتصاص الماء، محتوى الرطوبة والذوبان في الماء للعينات المختلفة، وتظهر النتائج في الجدول (3.V)، تم العثور على زيادة في امتصاص الماء للبلاستيك الحيوي المنتج، حيث تحتوي مختلف البوليمرات على رابطة هيدروجينية قوية وخاصة يصعب الارتباط بها مع الماء، ومع ذلك، فإن الأفلام المدعمة بمختلف البوليمرات لديها القدرة على زيادة امتصاص الماء بسبب الرابطة الهيدروجينية داخل الجزيئية، حيث لا يمكن أن تكون الزيادة في امتصاص الماء متجانسة تمامًا.

يظهر أن فيلم البلاستيك القائم على النشاء أظهر أقل امتصاص للماء؛ ومع ذلك، أظهر الفيلم المدعم بالبروتين والمدعم بالكيتين محتوى رطوبة أعلى، أيضا تقريبا لوحظت نفس النتائج في ذوبان الأفلام في الماء، حيث تزيد المركبات المحبة للماء من قابلية ذوبان الأفلام، ومع ذلك، فإن المركبات الكارهة للماء تقلل منه^[10]، من هذا، يمكننا القول أن أقل قيمة لمحتوى الرطوبة (الفيلم القائم على النشاء)، مما يعزز العمر الافتراضي للبلاستيك الحيوي.

الجدول (3.V): الخصائص الميكانيكية للأفلام البلاستيكية.

فيلم	امتصاص الماء (%)	محتوى الرطوبة (%)	الذوبان في الماء (%)
النشاء	60	30	30
نشاء/ بروتين	80	60	60
نشاء/ سليولوز	61	44	44
نشاء/ كيتين	58	60	68
نشاء/ شيتوزان	64	50	60

5.2.V. الخصائص الكيميائية لمختلف الأفلام:

يلخص الجدول (4.V) نتائج الاختبارات الكيميائية لمختلف الأفلام البلاستيكية المحضرة.

الجدول (4.V): الخصائص الكيميائية للأفلام البلاستيكية.

فيلم	تأثير H_2SO_4	تأثير $NaOH$	تأثير $NaCl$	تأثير $(CH_3COOH)_2Pb$	تأثير $FeSO_4$
النشاء	65%	85%	/	/	/
نشاء/ بروتين	70%	90%	/	/	/
نشاء/ سليولوز	60%	80%	/	/	/
نشاء/ كيتين	65%	85%	/	/	/
نشاء/ شيتوزان	65%	85%	/	/	/

تأثير الحمض:

من خلال نتائج **الجدول (4.V)** زاد فقدان الوزن للبلاستيك الحيوي الناتج بوجود محلول H_2SO_4 (10%)، حيث فقدت أفلام البلاستيك الحيوي المحضر ما بين 60 - 75 % من وزنها في اليوم الثامن، يمكن أن يعزى الاختلاف في فقدان الوزن للبلاستيك المحضر إلى الاختلافات في التركيب الكيميائي للمادة الخام الأصلية، حيث أظهرت الدراسة ^[11] أنه إذا كانت مقاومة البلاستيك الحيوي جيدة جدًا اتجاه الأحماض يجعله مناسبًا للصناعات الطبية والغذائية.

تأثير القلويات

يوضح **الجدول (4.V)** فقدان الوزن لأفلام البلاستيكية الحيوية في محلول $NaOH$ (10%)، زاد فقدان الوزن للبلاستيك الحيوي مع مرور الوقت، حيث قدرت خسارة في الوزن تتراوح بين 80 - 90 % للبلاستيك الحيوي بعد 10 أيام، ومع ذلك، نظرًا لوجود روابط استر قابلة للتحلل بالماء في بنية البوليمرات المستخلصة، فإن البلاستيك القائم المنتج حساس تجاه القلويات.

تأثير الأملاح:

أظهرت النتائج أن الأملاح المختلفة ($NaCl$ ، $(CH_3COOH)_2Pb$ و $FeSO_4$) لم يكن لها تأثير سلبي على البلاستيك الحيوي المنتج، حيث لم يلاحظ أي نقص في الوزن لمدة 10 أيام، أظهر البلاستيك الحيوي المنتج مقاومة ممتازة ضد الأملاح المختلفة، حيث يمكن أن يكون بديلاً للبوليثين الذي يشيع استخدامه في تصنيع حاويات الملح.

مراجع اللغات الأجنبية

- [1] V. Balamurugan, S. Fatima, and S. Velurajan, "A guide to phytochemical analysis," *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, vol. 5, pp. 236-245, 2019.
- [2] K. Santhi and R. Sengottuvel, "Qualitative and quantitative phytochemical analysis of *Moringa concanensis* Nimmo," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 5, pp. 633-640, 2016.
- [3] T. Malik, S. Ali, M. S. Malik, and A. Naeem, "STUDY OF PHYTOCHEMICALS IN STEM AND ROOTS OF *EQUISTUMDEBILE* ROXB," *Phys Chem*, vol. 19, pp. 28-33, 2019.
- [4] A. Abdullah, S. Chalimah, I. Primadona, and M. Hanantyo, "Physical and chemical properties of corn, cassava, and potato starches," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, p. 012003.
- [5] K. O. Reddy, C. U. Maheswari, and M. Shukla, "Physico-chemical characterization of cellulose extracted from ficus leaves," *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, vol. 7, pp. 496-499, 2013.
- [6] D. B. Gachhi and B. S. Hungund, "Two-phase extraction, characterization, and biological evaluation of chitin and chitosan from *Rhizopus oryzae*," *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, vol. 8, pp. 116-122, 2018.
- [7] M. Chowdhury, "Caracterización y análisis de rendimiento de bioplásticos compuestos sintetizados mediante nanopartículas de dióxido de titanio con almidón de maíz," ed: Sciencedirect, 2019.
- [8] M. Jannah, A. Ahmad, A. Hayatun, P. Taba, and S. Chadijah, "Effect of filler and plastisizer on the mechanical properties of bioplastic cellulose from rice husk," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, p. 032019.
- [9] H. Helwati, S. Saleha, and T. Iqbalsyah, "Development of bioplastic from wheat Janeng starch for food packaging," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, p. 012015.
- [10] M. Marichelvam, M. Jawaid, and M. Asim, "Corn and rice starch-based bio-plastics as alternative packaging materials," *Fibers*, vol. 7, p. 32, 2019.
- [11] S. Nigam, A. K. Das, and M. K. Patidar, "Valorization of *Parthenium hysterophorus* weed for cellulose extraction and its application for bioplastic preparation," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, p. 105424, 2021.

۱۰۰۰

إن استخلاص النشاء، السيليلوز، البروتين، الكيتين والشيتوزان من المخلفات العضوية (نباتية وحيوانية) يمكن أن يساهم في توفير مواد أولية لصناعة البلاستيك الحيوي المدعم، في هذه الدراسة تم استغلال مخلفات قشور البطاطا لاستخلاص النشاء، قشور الموز لاستخلاص السيليلوز، أيضا أرجل الدجاج لاستخلاص البروتين وقشور الجمبري لاستخلاص الكيتين والشيتوزان، كانت قيم المردود متوسطة مقارنة بما ورد في العديد من الدراسات وهي نتائج يمكن تحسينها مستقبلا وتقليل تكلفتها.

بعد الحصول على البوليمرات المختلفة تم تصنيع أفلام بلاستيكية قائمة على النشاء ومدعمة بمختلف البوليمرات، خضعت مختلف البوليمرات وعينات البلاستيك المحضر إلى تحليل مطيافية الأشعة تحت الحمراء لتحديد المجاميع الوظيفية للمواد المستخلصة والمصنعة، درسنا أيضا بعض الخصائص الميكانيكية والكيميائية للأفلام البلاستيكية المحضرة، أظهرت مختلف الأفلام المصنعة خصائص جيدة منها: امتصاص الماء، محتوى الرطوبة والذوبان في الماء، أيضا انحلالها في الأحماض والقواعد وثباتها في الأملاح.

من خلال زيادة البحث والتحسين في خصائص البلاستيك المصنع، يمكن لهذه الأفلام الدخول في العديد من التطبيقات الصناعية كالتعبئة والتغليف الآمن والصديق للبيئة، الصناعات الطبية وصناعة الالكترونيات وغيرها.

وفي الأخير يجب أن نشجع على مواصلة مثل هذه البحوث من أجل تثمين واستغلال المخلفات العضوية ونشر ثقافة بيئة نظيفة خالية من التلوث البيئي، بلاستيك حيوي آمن وصديق للبيئة، إنسان واعي يحافظ على بيئته.

ملخص:

يهدف هذا العمل الى تميم المخلفات العضوية وذلك باستخلاص بوليمرات مختلفة، يمكن استخدامها في إنتاج مواد صديقة للبيئة، حيث اعتمدنا في هذا العمل على إنتاج أفلام بلاستيك حيوي قائم على النشاء المستخلص من قشور البطاطا، أيضا حاولنا تحسين خصائص البلاستيك المنتج، وذلك من خلال تدعيم هذه الأفلام بالسليولوز المستخلص من قشور الموز، البروتين المستخلص من أرجل الدجاج والكيوتين والشيتوزان المستخلص من قشور الجمبري، تدخل هذه الأخيرة في عدة تطبيقات مختلفة منها: التعبئة والتغليف للمنتجات الغذائية والطبية، والصناعات المختلفة. تم الحصول على عدة أفلام بلاستيكية لها خصائص مختلفة اعتمادا على مصدرها الأساسي، حيث اعتمدنا في دراستنا على مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) بشكل أساسي لتحديد المجاميع الوظيفية للمواد المستخلصة والمصنعة، الأفلام المصنعة أثبتت أن لها خصائص جيدة منها: المرونة والشفافية، محتوى الرطوبة، قدرة امتصاصها للماء وتحللها فيه، أيضا تحللها في الأحماض والأسس وثباتها في الأملاح.

من خلال هذه الدراسة يعتبر استغلال المخلفات العضوية في إنتاج البلاستيك الحيوي واحداً من الاتجاهات المستدامة المبتكرة، يحظى باتجاهات إيجابية نظرا للمزايا العديدة التي يوفرها من حيث التأثير البيئي.

الكلمات المفتاحية: المخلفات العضوية، البلاستيك الحيوي، البوليمرات الحيوية.

Abstract:

This work aims to value organic waste by extracting different polymers that can be used to produce environmentally friendly materials. In this work, we relied on the production of bioplastic films based on starch extracted from potato peels. We tried to improve the properties of the produced plastic by adding cellulose extracted from banana peels, protein removed from chicken legs, chitin, and chitosan extracted from shrimp peels as a fortifying agent. The latter is used in several applications, including packaging for food and medical products and various industries. Several plastic films were obtained with different properties depending on their primary source; where in our study, we relied on infrared spectroscopy (FTIR) mainly to determine the functional groups of the extracted and manufactured materials; the manufactured films proved to have good properties, including flexibility, transparency, moisture content, its ability to absorb water and dissolve in it, as well as its ability to dissolve into acids and bases, and its stability in salts.

Through this study, the exploitation of organic waste in the production of bioplastics is considered one of the innovative sustainable trends, with positive trends due to its many advantages in terms of environmental impact.

Keywords: organic waste, bioplastics, biopolymers.