



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان: العلوم والتكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

من اعداد الطلبة:

1- غومه سندس

2- محني عائشة

3- عقيب رجاء

الموضوع

تأمين النفايات الزراعية والغذائية لتحضير مواد كيميائية حيوية

والبلاستيك الحيوي

نوقشت في: 2025/05/28

أمام لجنة المناقشة:

جامعة الوادي.

رئيسا

د. سروطي عبد الغني

جامعة الوادي.

مناقشا

د. بوعافية عبد الرحمان

جامعة الوادي.

مشرفا

د. بن الصغير البشير

الموسم الجامعي: 2025/2024

المخلص

ملخص:

إعتمدنا هذه الدراسة على كيفية تحضير مادة ذات مصدر حيوي ألا وهي البلاستيك الحيوي الذي يعتبر حلا مستداما لمشكلة التلوث الناجمة عن البلاستيك التقليدي المشتق من البترول، يعتبر هذا النوع الجديد من البلاستيك نافذة جديدة لتجديد وتطوير التقنيات و تحدي الصعوبات، حيث إعتمد على المصادر الطبيعية المستخلصة من المخلفات الزراعية والغذائية، حيث استخدمنا في هذا العمل النشاء كمادة أساسية وأولية لتحضيره بإضافة إلى استخلاص السليلوز من قشور الفول السوداني كذلك البكتين من قشور البرتقال و الراتينج المستخلص من اللبان، فقمنا بإختيار النشاء المستخلص من البطاطا فإنطلقنا في تليين النشاء بواسطة الجلسيرين مع حمض الخل إلى الحصول في الاخير على عينات بلاستيكية حيوية، والتي تتميز بخصائص كيميائية وفيزيائية جيدة وللتعرف عليها قمنا ببعض الدراسات كدراسة تأثير الوسط، و نسبة تأثرها بالماء بحساب نسبة الرطوبة ومؤشر الإنتفاخ، كما استخدمنا مطيافية الاشعة السينية XRD لمعرفة البنية البلورية المكونة للمادة، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء FTIR لمعرفة السلاسل والوظائف الكيميائية المكونة للمادة كما قمنا باختبار مدى تحللها في التربة ومن هذه الدراسات والنتائج أثبتنا أن هذه العينات البلاستيكية الحيوية لها خصائص جيدة.

الكلمات المفتاحية: البلاستيك الحيوي-المخلفات الزراعية-النشاء-السليلوز-الراتينج.

Abstract:

This study focused on how to prepare a bio-based material, namely bioplastic, which is considered a sustainable solution to the problem of pollution and diseases caused by conventional petroleum-derived plastic. This new type of plastic represents a new window for renewing and developing technologies and challenging difficulties, as it relies on natural sources extracted from agricultural and food waste. In this work, we used starch as a primary and basic material for its preparation, in addition to extracting cellulose from peanut shells, pectin from orange peels, and finally resin extracted from frankincense. We chose starch extracted from potatoes and began by gelatinizing the starch using glycerin and other reactions such as the reaction with acetic acid, until we finally obtained bioplastic samples. These samples are characterized by good chemical, physical, and mechanical resistance properties. To study them, we carried out some tests, such as studying the effect of bases, and the degree of their exposure to air and water by calculating the moisture content and swelling index. We also used X-ray diffraction (XRD) to determine the crystalline structure of the material and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) to identify the chemical chains and functional groups that make up the material. We also tested their biodegradability in soil. Based on these studies and results, it was proven that these bioplastic samples have good properties.

Keywords: Bioplastics, Agricultural waste, Starch, Cellulose, Resin.

الإهداء

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة بفضل هلالا تعالى واخص إلى من أفضلها على نفسي ولم ال فلقد ضحت من اجلي ولم تدخر جهدا في سبيل إسعادي على الدوام) أمي الحبيبة (نسير في دروب الحياة ويبقى يسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه صاحب الوجه الطيب والافعال الحسنة فلم يبخل علي طيلة حياتي) والدي العزيز (إلى أهلي وأصدقائي وجميع من وقفوا بجواري وساندوني بكل ما يملكون وفي أصعدة كثيرة أقدم لكم بحث تخرجي وأتمنى أن يجوز على رضاكم.

سندس غومه

هدي تخرجي إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب إلى من حصد الاشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم "أبي وأمي.

عائشة محني

بسم الله الرحمان الرحيم «يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين اوتوا العلم درجات».

اهدي هذا النجاح الى من احمل اسمه بكل فخر الى من حصد الاشواك على دربي ليمهد لي طريق العلم الى ابي الغالي ' نصر عقيب ' الى من كان بدعائها سر نجاحي الى من حاكت سعادتي بخيوط مسنوجة من قلبها الى بسمه الحياة وسر الوجود الى أغلي الحبايب أمي ' فضيلة عطاء الله ' الى من وقف بجانبني وساندني واخذ بيدي في كل خطوة زوجي الغالي ' محمد السعيد بوذينة'.

وكذلك اهدي هذا العمل بكل اعتزاز لابنتي ' جيهان ' واختي ' مروة وزوجها عبد السميع كانوا اكبر سندا لاتمام مشواري دراسي.

رجاء عقيب

شكر وعرفان

الحمد والشكر لله الذي رزقنا العقل وحسن التوكل عليه سبحانه وتعالى
وألهمنا الصبر ووفقنا إلى إتمام هذا العمل، والصلاة والسلام على نبيه
محمد وعلى آله وصحبه أجمعين وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر
والإمتنان والتقدير والمحبة إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة
وسهروا من أجل ارتقائنا وفي مقدمتهم الدكتور الفاضل **بن الصغير البشير**
الذي أشرف على إنجاز هذا العمل، وكان نورا يضيء الظلمة التي تقف أحيانا
في طريقنا، ونشكره على مجهوداته ونصائحه القيمة وتوجيهاته السديدة
التي كانت عوناً لنا في إتمام هذا العمل كله فله منا فائق الشكر والتقدير.

كما أشكر أعضاء اللجنة المناقشة قبولها لمناقشة هذا العمل بداية
برئيسها والمناقشين.

الصفحة	الجدول
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول المخلفات الزراعية والغذائية	
2	الجدول(1-I) انتاج النفايات في بعض الدول في السنوات السابقة.
الفصل الثاني: البلاستيك الحيوي	
18	الجدول(1-II) الانتاج العالمي للبلاستيك الحيوي لبعض الدول.
30	الجدول(2- II) الفرق بين البلاستيك الحيوي والبلاستيك التقليدي.
الجزء العملي	
الفصل الثالث: المواد والطرق	
37	الجدول(1-III) الشركة المنتجة للمواد الكيميائية المستعملة في هذه الدراسة.
الفصل الرابع: تحليل النتائج	
64	الجدول(1-IV) يوضح الجدول مردود المواد المستخلصة
65	الجدول(2-IV) يوضح نسبة الرطوبة والانتفاخ لعينات البلاستيك

الصفحة	الشكل
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول المخلفات الزراعية والغذائية	
2	الشكل (1-I) مراحل إدارة النفايات.
3	الشكل (2-I) استخدامات المخلفات الزراعية والغذائية.
4	الشكل (3-I) وسائل التخلص من المخلفات الزراعية.
5	الشكل (4-I) الأنواع المختلفة للمخلفات النباتية.
6	الشكل (5-I) الأنواع المختلفة للمخلفات الحيوانية.
8	الشكل (6-I) طرق تدوير المخلفات الزراعية.
9	الشكل (7-I) التركيبة الكيميائية للليمونين.
10	الشكل (8-I) التركيبة الكيميائية للنشاء.
11	الشكل (9-I) التركيبة الكيميائية للسيليلوز.
12	الشكل (10-I) التركيبة الكيميائية للبكتين.
13	الشكل (11-I) التركيبة الكيميائية للجنين.
الفصل الثاني: البلاستيك الحيوي	
22	الشكل (1-II) أصناف البلاستيك الحيوي.
25	الشكل (2-II) استخدامات البلاستيك الحيوي في التغليف.
26	الشكل (3-II) استخدامات البلاستيك الحيوي في الطب.
27	الشكل (4-II) الادوات الزراعية المصنعة من البلاستيك الحيوي.
28	الشكل (5-II) اهم قطع السيارات المصنعة من البلاستيك الحيوي.
29	الشكل (6-II) اهم الالكترونيات المصنعة من البلاستيك الحيوي.
الجزء العملي	
الفصل الثالث: المواد والطرق	

38	مراحل استخلاص النشاء من درنات البطاطا.	الشكل (III-1)
42	مراحل استخلاص السيليلوز من الفول السوداني.	الشكل (III-2)
43	مراحل استخلاص البكتين من قشور البرتقال.	الشكل (III-3)
44	مراحل انتاج البلاستيك الحيوي القائم على النشاء.	الشكل (III-4)
45	مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالسيليلوز.	الشكل (III-5)
46	مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالبكتين.	الشكل (III-6)
47	مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بقشور الموز.	الشكل (III-7)
49	مراحل استخلاص الراتينج.	الشكل (III-8)
38	مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالراتينج.	الشكل (III-9)
42	مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالاملاح.	الشكل (III-10)
43	جهاز مطيافية الاشعة تحت الحمراء.	الشكل (III-11)
الفصل الرابع: تحليل النتائج		
57	يوضح منحنى تحليل مطيافية الاشعة تحت الحمراء لبلاستيك النشاء.	الشكل (IV-1)
59	يوضح منحنى تحليل مطيافية الاشعة تحت الحمراء لبلاستيك البكتين.	الشكل (IV-2)
60	يوضح منحنى تحليل مطيافية الاشعة تحت الحمراء لبلاستيك الراتينج.	الشكل (IV-3)
61	يوضح المنحنى تحليل مطيافية الاشعة تحت الحمراء لبلاستيك السيليلوز.	الشكل (IV-4)
62	يوضح منحنيات تحليل الأشعة السينية X لمختلف عينات البلاستيك الحيوي.	الشكل (IV-5)
65	صورة توضح نتائج اختبار التربة والوسط القلوي.	الشكل (IV-6)

فهرس الرموز

الرمز	المعنى
g	الغرام وحدة قياس الكتلة
pH	درجة الحموضة
IR	الأشعة تحت الحمراء
ml	وحدة قياس الحجم
°C	وحدة قياس درجة الحرارة
M	المولارية
FTIR	تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء
IUPAC	الاتحاد الدولي للكيمياء التطبيقية
PE	بولي إيثيلين
PVC	كلوريد البولي فينيل
PC	بولي ستارين
PP	بولي بروبيلين
PET	بولي إيثيلين تيريفثاليت
PCL _s	بولي كابرولكتونات
PHA	بولي هيدروكسي الكانات
PHB	بولي هيدروكسي بوتيرات
PLA	بولي حمض لاكتيك
PHA _s	بولي هيدروكسي الكانات
cm^{-1}	وحدة سنتمتر ⁻¹
DRX	X حيود الأشعة السينية

فهرس المحتويات

الملخص	
	الاهداء
	الشكر والعرفان
	قائمة الجداول
	قائمة الاشكال
	قائمة الرموز
	الفهرس
	المقدمة العامة
	مراجع المقدمة العامة
	المقدمة العامة
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول المخلفات الزراعية و الغذائية	
1	مقدمة
1	I. تعريف المخلفات الزراعية و الغذائية
1	1.I. تعريف المخلفات
2	I. 1.1. تعريف المخلفات الزراعية و الغذائية
2	I. 2.1. استخدامات المخلفات الزراعية و الغذائية
3	I. 3.1. وسائل التخلص من المخلفات الزراعية و الغذائية
5	2.I. أنواع ومصادر المخلفات
5	1.2.I. أنواع و مصادر المخلفات الزراعية
5	1.1.2.I. مخلفات حقلية من اصل نباتي
5	2.1.2.I. مخلفات حقلية من اصل حيوان
6	2.2.I. المخلفات الغذائية
6	1.2.2.I. المخلفات الصناعية
7	2.2.2.I. المخلفات المنزلية

8	I.3.إعادة التدوير
8	I.3.1.تعريف إعادة التدوير
8	I.3.2.أهمية إعادة التدوير
9	I.4.المواد الحيوية المستخرجة من النفايات
9	I.4.1.الليومنين
10	I.4.2.النشاء
10	I.4.3.السيليلوز
11	I.4.4.البكتين
12	I.4.5.اللجنين
13	الخلاصة
14	مراجع الفصل الاول
	الفصل الثاني: البلاستيك الحيوي
17	مقدمة
17	II.تاريخ تطوير البلاستيك الحيوي
18	II.1.تعريف البلاستيك الحيوي
19	II.2.أهمية البلاستيك الحيوي
19	II.3.خصائص البلاستيك الحيوي
19	II.3.1.الذوبانية
19	II.3.2.النفاذية لبخار الماء
19	II.3.3.الكثافة
20	II.4.الاستقرار الحراري والتحلل البيولوجي
20	II.4.اصناف البلاستيك الحيوي
20	II.4.1.البلاستيك الحيوي القابل لتحلل
20	II.4.2.البلاستيك الحيوي المشتق من مصادر طبيعية
21	II.4.3.البلاستيك الحيوي المشتق من مصادر احفورية
21	II.4.2.البلاستيك الحيوي الغيل قابل لتحلل

21	II.1.2.4.المشتق من مصادر طبيعية
21	II.2.2.4.المشتق من مصادر احفورية
23	II.5.انواع البلاستيك الحيوي
23	II.1.5.البلاستيك الحيوي القابل للتحلل بالكامل
23	II.2.5.البلاستيك الحيوي النصف متحلل
23	II.3.5.البلاستيك المتحلل ضوئيا
23	II.6.طرق تحضير البلاستيك الحيوي
23	II.1.6.البلاستيك الحيوي القائم على النشاء
24	II.2.6.البلاستيك الحيوي القائم على السيليلوز
24	II.3.6.البلاستيك الحيوي القائم على البكتين
25	II.7.تطبيقات البلاستيك الحيوي
25	II.1.7.تغليف المواد الغذائية
25	II.2.7.في المجال الطبي
26	II.3.7.في مجال الزراعة
27	II.4.7.في مجال صناعة السيارات
28	II.5.7.في مجال الالكترونيات
29	II.8.مزايا وعيوب البلاستيك الحيوي
29	II.1.8.المزايا
29	II.2.8.العيوب
30	II.9.الفرق بين البلاستيك التقليدي والحيوي
31	II.10.تحديات التقنية و الاقتصادية لتطوير البلاستيك الحيوي
31	II.12.مراجع الفصل الثاني
	الفصل الثالث: المواد والطرق
36	المقدمة
36	III.المواد و الطرق
36	III.1.الأجهزة المستعملة

36	III.2.المواد المستعملة
37	III.3.استخلاص المواد الحيوية
37	III.3.1.استخلاص النشاء
39	III.3.2.استخلاص السيليلوز
40	III.3.3.استخلاص البكتين
41	III.4.تحضير البلاستيك الحيوي
41	III.4.1.التجربة الاولى
42	III.4.2.التجربة الثانية
43	III.4.3.التجربة الثالثة
44	III.4.4.التجربة الرابعة
45	III.4.5.التجربة الخامسة
48	III.4.6.التجربة السادسة
48	III.5.تقنيات التحليل الكيميائي
49	III.5.1.مطيافية الاشعة تحت الحمراء
50	III.5.2.مبدأ
50	III.5.3.مطيافية الاشعة السينية X
51	III.5.4.مبدأ
51	III.6.الاختبارات
51	III.6.1.اختبار امتصاص الماء
52	III.6.2.تأثير القلويات
52	III.6.3.التحلل في التربة
52	III.6.4.حساب نسبة الانتفاخ
53	III.6.5.حساب نسبة الرطوبة
53	III.7.المردود
54	خلاصة
36	مراجع الفصل الثالث

	الفصل الرابع: تحليل النتائج
57	IV. تمهيد
57	IV. دراسة خصائص العينات
57	1.IV. تحليل بواسطة الاشعة تحت الحمراء FTIR
58	1.1.IV. بلاستيك النشاء
59	2.1.IV. بلاستيك النشاء مع البكتين
60	3.1.IV. بلاستيك النشاء مع الراتينج
61	4.1.IV. بلاستيك النشاء مع السيليلوز
62	2.IV. تحليل بواسطة حيود الاشعة السينية X
63	1.2.IV. البلاستيك المدعم بالنشاء
63	2.2.IV. البلاستيك المدعم بالبكتين
63	3.2.IV. البلاستيك المدعم بالراتينج
64	4.2.IV. البلاستيك المدعم بالسيليلوز
64	3.IV. المردود
64	4.IV. نسبة الرطوبة والانتفاخ
65	5.IV. نتائج اختبار التربة و الوسط القلوي
65	6.IV. الخلاصة
66	مراجع الفصل الرابع
69	الخاتمة

المقدمة العامة

أدى الاهتمام المتزايد تجاه المشكلات البيئية الناتجة عن المنتجات القائمة على النفط إلى التوجّه نحو تطوير مواد خضراء. وتتمثل المبادئ التوجيهية لإنتاج هذه المواد في تحقيق الاستدامة البيئية [1] وخلال السنوات الماضية، ساهمت الزيادة المستمرة في عدد سكان العالم ونشاطاته في زيادة الانتاج الغذائي والزراعي على مستوى العالم، وبالتالي زيادة النفايات الغذائية بكميات كبيرة، وقد أصبحت هذه الزيادة الكبيرة في إنتاج النفايات الغذائية مسألة عالمية [2]، ونضرا لتفاقم هذه المشكلة ولأن المخلفات الزراعية غنية بالمواد السليلوزية و كذا النشوية يمكن استخدامها في عدة صناعات منها صناعة الورق و التغليف، و كذا صناعة البلاستيك الحيوي و كلها منتجات صديقة للبيئة و قابلة للتحلل و تمتلك خصائص مميزة تؤهلها لتكون بديل للمنتجات التقليدية كالبلاستيك المصنع من المواد البترولية[3].

تعتبر المواد البلاستيكية من أهم المواد التي يتم تصنيعها ومتابعة تطويرها بواسطة الإنسان، وأصبحت من أهم المواد الصناعية الرئيسية في عصرنا الحالي و بفضل التقدم العلمي والتكنولوجي الذي تحقق اليوم[4]، مما أدى إلى إنتاجه من مصادر طبيعية متجددة نباتية وحيوانية، كما يعتبر حلا بديلا محتملاً للبلاستيك التقليدي، يتميز بقابلية للتحلل البيولوجي [5]، وعلى هذا الأساس يجرى البحث الدائم لاستخدام مواد متجددة لإنتاج البلاستيك الحيوي وتقليل الانعكاسات البيئية لإنتاجه حيث يعد استغلال المخلفات لإنتاجه بالطرق المستدامة لتقليل النفايات، ومن المهم أيضا تطوير تقنيات فعالة واقتصادية لتحويل هذه المخلفات إلى مواد قابلة للتحلل بشكل طبيعي، وذلك من خلال تحويلها إلى بوليمرات قابلة للتحلل [6]، حيث تضمنت هذه المذكرة أربعة فصول تدرج تحت العناوين التالية:

✓ الفصل الاول: تناول الفصل عموميات حول المخلفات تعريفها ومصادرها والإنتاج العالمي

للمخلفات وكذلك المواد المستخلصة منها.

✓ الفصل الثاني: تطرقنا إلى البلاستيك الحيوي: مفهومه، تصنيفه، مزاياه وعيوبه، مجالات

استعماله وإنتاجه العالمي.

✓ الفصل الثالث: تطرقنا فيه إلى المواد والطرق المستخدمة في هذه الدراسة.

✓ الفصل الرابع: تناولنا فيه إلى النتائج المتوصل إليها ومناقشتها.

وأخيرا ختمنا الدراسة بملخص حول أهمية المخلفات الغذائية والزراعية وكيفية استغلالها لتشكيل

أنواع مختلفة من البوليمرات الحيوية.

المراجع باللغة العربية:

[1] س. ا. دياب، "تقييم إدارة النفايات الصلبة المنزلية بمدينة بورتسودان-ولاية البحر الأحمر - السودان"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 2023، vol. 4, pp. 720-730.

[4] ع. الغامدي، "تحليل كتب العلوم للصف الثاني المتوسط في ضوء مبادئ وتطبيقات الكيمياء الخضراء"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، 2024، vol. 5, pp. 94-110.

المراجع باللغة اللاتينية:

- [2] H. RECHAM and D. G. de GS1 Algeria, "Le marché des industries alimentaires en Algerie," *Revue agroligne*, 2015.
- [3] B. Tjahjono and D. Cao, "Advancing bioplastic packaging products through co-innovation: A conceptual framework for supplier-customer collaboration," *Journal of Cleaner Production*, vol. 252, p. 119861, 2020.
- [5] K. Chauhan, R. Kaur, and I. Chauhan, "Sustainable bioplastic: a comprehensive review on sources, methods, advantages, and applications of bioplastics," *Polymer-Plastics Technology and Materials*, vol. 63, pp. 913-938, 2024.
- [6] A. I. Adetunji and M. Erasmus, "Green Synthesis of Bioplastics from Microalgae: A State-of-the-Art Review," *Polymers*, vol. 16, p. 1322, 2024.

الجزء النظري

الفصل الأول

عموميات حول المخلفات الزراعية والغذائية

المقدمة:

تعتبر المخلفات الزراعية والغذائية في المرحلة الراهنة عبئاً ثقيلاً على البيئة ، خاصة وان التخلص الغير سليم من هذه المخلفات يعكس ممارسة خاطئة تتمثل في إهدار عنصر إنتاجي ثمين [1]، حيث في العقود الاخيرة، أدت الانشطة المحلية الزراعية والغذائية المتزايدة في جميع أنحاء العالم إلى إطلاق ملوثات مختلفة [1]، لهذا يتم خفض التأثيرات السلبية لعمليات الانتاج الزراعي والغذائي، من خلال الاستفادة من المخرجات الجانبية ومخلفات الانتاج الزراعي وتحويلها إلى أشكال ومنتجات ذات قيم اقتصادية وبيئية وصحية ويتم ربط المعارف للتعرف على نوعيات وخصائص المخلفات الزراعية وتقسيماتها كمدخلات لعمليات التصنيع والتعرف الى معدات والوسائل معالجة المخلفات [2] وينبغي استغلالها لتحقيق فوائد متعددة. يمكن تحويلها إلى أسمدة عضوية، أعلاف، مصادر طاقة نظيفة، أو مواد غذائية، ومواد قابلة لتحلل مما يعزز الزراعة المستدامة، يقلل من التلوث البيئي، ويحسن جودة المنتجات الزراعية والغذائية [3].

I. تعريف المخلفات الزراعية والغذائية:

I.1. تعريف المخلفات:

تُعرف البقايا الناتجة عن عمليات الإنتاج أو التحويل أو الاستخدام، وكذلك المواد والأشياء المنقولة التي يتخلص منها صاحبها أو ينوي التخلص منها أو يجب التخلص منها بطريقة تضمن حماية صحة الإنسان والبيئة، بأنها مواد يجب التخلص منها وفق إجراءات محددة [3].

يمكن تعريفها أيضاً على أنها المواد أو الأشياء المرتبطة بمختلف الأنشطة البشرية، والتي يجب التخلص منها عند انتهاء الحاجة إليها.

يُقدم الجدول (1-I) توزيع نسب النفايات المختلفة، في بعض دول الاتحاد الأوروبي لفهم مصادرها وإمكانات معالجتها بطرق مستدامة.

الجدول (1-I): يوضح انتاج النفايات في بعض الدول في السنوات السابقة [3].

الدولة	هولندا	المانيا	ايرلندا	بريطانيا	بلجيكا	فرنسا
كمية النفايات كغ/شخص	527	450	489	350	231	792



الشكل (1- I): مراحل ادارة النفايات.

1.1.I. تعريف المخلفات الزراعية والغذائية:

النفايات الزراعية والغذائية هي المخلفات الناتجة عن الزراعة أو معالجة المنتجات الزراعية مثل الفواكه والخضروات واللحوم، وتشمل أيضًا بقايا المنتجات النباتية والحيوانية أو السمكية التي تُنتج أثناء مراحل التحضير للاستهلاك. قد تحتوي بعض هذه المخلفات على قيمة اقتصادية إذا استُخدمت في إنتاج مصادر الطاقة أو الاسمدة أو الأعلاف ويمكن استغلال المخلفات الزراعية لتحقيق فوائد متعددة، مثل تعزيز الزراعة المستدامة وتقليل التلوث البيئي [4].

2.1.I. استخدامات المخلفات الزراعية والغذائية:

- ✓ انتاج وقود نظيف من المخلفات الزراعية مثل قش الارز وبذور النباتات.
- ✓ تحويل بقايا الخضراوات والفواكه الى اعلاف غنية بالعناصر الغذائية.
- ✓ انتاج الكربون المنشط من المخلفات الزراعية لاستخدامها في تقنية المياه والهواء.

✓ استخلاص المواد الكيميائية كالأحماض العضوية والانزيمات للصناعات الدوائية والغذائية.

✓ استخدام قشور الفواكه وبقايا المحاصيل في انتاج اسمدة لتحسين جودة التربة [4].

يوضح المخطط التالي استخدامات المخلفات الزراعية:



الشكل (I-2): استخدامات المخلفات الزراعية والغذائية.

3.1.I. وسائل التخلص من المخلفات الزراعية:

هناك وسائل متعددة من المخلفات الزراعية ومنها الحرق (الصورة 1) الا ان هناك طرق امناه وصديقة للبيئة وتحقق في ذات الوقت عائدا اقتصاديا وتعود بالنفع على الوطن والمواطن نذكر بعضا منها في النقاط التالية:

- اعادة تدوير المخلفات وانتاج منتجات خشبية صديقة للبيئة وامنة وذات قيمة عالية وتستخدم في كثير من الاغراض التي تتناسب مع البيئة مثل الواح الخشب الاسمنتي أو الخشب الحبيبي البلاستيكي أو الخشب الحبيبي أو الخشب الليفي أو عجينة لب الورق وغير ذلك.
- استخدمتها كحطب للتدفئة بالحرق المباشر (الصورة 2).
- انتاج حطب الوقود كمصدر من مصادر الطاقة.
- تباع لاجراض مختلفة تبعا لنوع المخلف ما بين استخدامها كعلف أو في صناعة الاعلاف أو كمحسن للتربة أو العمل الكمبوست وغير ذلك من الاستخدامات (الصورة 3، 4).
- تصنيع لب الورق والورق [3].



الصورة 2: استخدام المخلفات للتدفئة.



الصورة 1: حرق المخلفات الزراعية



الصورة 4: الكمبوست من مخلفات الزراعية.



الصورة 3: انتاج الاعلاف.

الشكل (I-3): وسائل لتخلص من المخلفات الزراعية.

2.I. أنواع ومصادر المخلفات:

1.2.I. أنواع ومصادر المخلفات الزراعية:

1.1.2.I. مخلفات حقلية من أصل نباتي:

المخلفات الزراعية تشمل جميع النفايات الناتجة أثناء حصاد أو جمع أو تجهيز المحاصيل الحقلية للتسويق. يتم إنتاج معظم هذه المخلفات في الحقول أو على مستوى المزارعين، وتشكل الجزء الأكبر من إجمالي المخلفات الزراعية. عادةً ما تكون هذه المخلفات منخفضة في محتواها من البروتين وضعيفة القيمة الغذائية إذا استُخدمت بشكلها الخام في تغذية الحيوانات. من أمثلة هذه المخلفات: قش الأرز، تبن القمح والشعير والفول والعدس والبرسيم والحمص، حطب الذرة، وعروش نباتات المحاصيل البستانية مثل الموز والخضروات كالبطاطا، بالإضافة إلى المخلفات الناتجة عن تقليم الأشجار [4].

تمثل الشكل التالي مختلف أنواع المخلفات النباتية.



الشكل (I - 4): صورة توضح مختلف أنواع المخلفات النباتية.

2.1.2.I. مخلفات حقلية من أصل حيواني:

تتكون هذه المخلفات من فضلات الحيوانات والدواجن الناتجة عن وجودها في المزارع أو محطات الإنتاج، وتشمل روث الحيوانات، زرق الطيور، وفراش الدواجن المكون من التربة، القش، أو بقايا بعض المحاصيل، بالإضافة إلى مخلفات الطيور والدواجن.

تتميز هذه المخلفات بارتفاع محتواها من البروتين الخام الذي يصل إلى حوالي 20%. ومع ذلك، فإن أكثر من نصف العناصر المكونة لهذه المخلفات هي مواد غير بروتينية، مما يحد من إمكانية استخدامها كأعلاف للدواجن. ومع ذلك، يمكن الاستفادة منها بشكل أفضل في أعلاف المجترات [4].

يمثل الشكل التالي الأنواع المختلفة للمخلفات الحيوانية.



الشكل (I-5): مختلف المخلفات الحيوانية.

2.2.I. المخلفات الغذائية :

1.2.2.I. المخلفات الصناعية :

تشمل أنواعًا متعددة من النفايات الناتجة عن مختلف العمليات الصناعية والخدمية، من بين هذه المخلفات نجد النفايات المتعلقة بالخدمات والتنظيف، والتي قد تحتوي على مواد خطرة إضافة إلى نفايات التغليف التي تساهم بشكل كبير في التلوث البلاستيكي، تشمل القائمة أيضًا نفايات المواد الغذائية التي يمكن معالجتها لاستخدامها في إنتاج الأسمدة العضوية، ونفايات مواد البناء والهدم التي يمكن إعادة تدويرها لتقليل استنزاف الموارد الطبيعية [5].

إلى جانب ذلك، هناك النفايات الخطيرة التي تتطلب طرق معالجة متخصصة لضمان عدم تأثيرها على البيئة والصحة العامة، والنفايات الخاصة التي تشمل مواد مثل الرماد ومخلفات الذبح، والتي تحتاج إلى عناية خاصة في التخلص منها أما المنتجات غير المطابقة للمواصفات ومخلفات العمليات المعالجة، فتتطلب استراتيجيات إعادة الاستخدام أو التحويل لتقليل الفاقد الصناعي وأخيراً، يمكن الاستفادة من مواد الخردة كموارد قابلة للتدوير، مما يساهم في تحسين كفاءة استخدام المواد وتقليل الأثر البيئي [6].

I 2.2.2. المخلفات المنزلية:

المخلفات المنزلية تشمل أنواعاً متعددة من النفايات التي يمكن تصنيفها بناءً على طبيعتها ومصدرها، من بين هذه النفايات نجد نفايات المواد الغذائية التي تتكون من بقايا الطعام والمواد العضوية القابلة للتحلل، والأوراق بما في ذلك الورق العادي والمعالج والبلاستيك الذي يشمل الزجاجات والأكياس كذلك، تشمل النفايات المنزلية المنسوجات مثل الملابس القديمة والزجاج المتمثل في القوارير والعبوات والمعادن كالعلب والقطع المعدنية [7].

إضافةً إلى ذلك، نجد نفايات الحدائق مثل الأوراق والأغصان والخشب المستخدم في الأثاث من جهة أخرى، هناك النفايات الخاصة التي تتطلب عناية خاصة في التعامل، مثل المواد كبيرة الحجم (الأجهزة المنزلية الكبيرة)، والإلكترونيات الاستهلاكية (الهواتف والحواسيب)، والبطاريات، والزيوت المستخدمة، والإطارات، والنفايات المنزلية الخطرة التي تشمل المواد الكيميائية السامة [7].

التعامل مع هذه النفايات بطرق صديقة للبيئة يساهم في تقليل التلوث، تعزيز إعادة التدوير، والحفاظ على الموارد الطبيعية.

3.I. إعادة التدوير :

1.3.I. تعريف إعادة التدوير:

إعادة التدوير هي عملية تحويل المخلفات المنزلية أو الصناعية أو الزراعية إلى مواد قابلة للاستخدام مرة أخرى. على سبيل المثال، يمكن تحويل الجرائد القديمة إلى أطباق كرتونية، وإعادة تصنيع العلب المعدنية لإنتاج علب جديدة، ومعالجة المعادن الخردة للحصول على سبائك يمكن استخدامها في صناعات متنوعة. أيضا إعادة التدوير هي تحويل النفايات إلى منتجات جديدة قابلة للاستخدام لتقليل التلوث والحفاظ على الموارد الطبيعية[8].

يمثل الشكل التالي طرق تدوير المخلفات الزراعية.



الشكل (I - 6): طرق تدوير المخلفات الزراعية.

2.3. I. اهمية إعادة التدوير:

- ❖ إنتاج سماذ عضوي داخل المزرعة سواء كان سماذ نباتي او حيواني.
- ❖ انها ذات محتويات مختلفة من البروتين والطاقة.
- ❖ تستخدم تلك المخلفات النباتية كوسط يمكن زراعة بعض المحاصيل.
- ❖ يمكن استخدامها في انتا البيو غاز.

❖ يمكن استخدامها لتدفئة.

❖ إعادة استخدام بعض المخلفات في صناعة بعض الأثاث.

❖ تكوين وإنتاج أعلاف لتغذية الحيوانات من المخلفات الزراعية [9].

4.I. المواد الحيوية المستخرجة من النفايات الزراعية والغذائية:

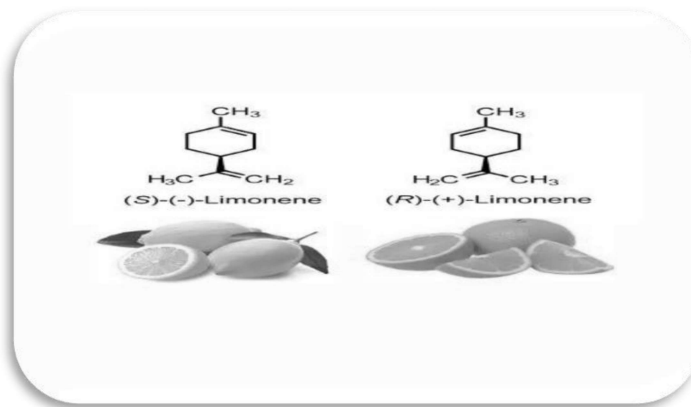
1.4.I. الليمونين:

الليمونين هو مركب هيدروكربوني طبيعي ينتمي إلى المونوتربينات الحلقية، ويُرمز له بالصيغة الجزيئية $C_{10}H_{16}$ ، يتواجد بكثرة في قشور الفواكه الحمضية مثل البرتقال، والجريب فروت، والليمون، حيث يشكل ما يصل إلى 98% من الزيت العطري المستخلص من قشور البرتقال كما يوجد أيضًا في بذور نباتات مثل الكراوية والشبث [10].

الاسم الكيميائي للليمونين وفق نظام IUPAC هو 1-ميثيل-4-بروب-1-ين-2-يل

سيكلوهكسين. يمثل الشكل 4 التركيبة الكيميائية للليموني.

ويمثل الشكل التالي التركيبة الكيميائية للليمونين.

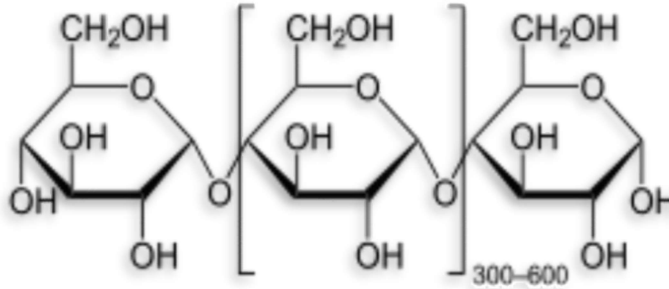


الشكل (I - 7): التركيبة الكيميائية للليمونين.

I. 2.4. النشاء :

النشاء هو نوع من الكربوهيدرات البوليمرية التي تتكون من وحدات الأنهيدرو جلوكوز، ويستخرج بشكل حبيبي من أجزاء معينة في النباتات. يعتقد أن أصل كلمة "النشاء" يأتي من الكلمة الأنجلو ساكسونية "stearc"، التي تشير إلى القوة أو الصلابة. تتراكم حبيبات النشاء في البذور، الدرنات، الجذور، وأجواف السيقان في النباتات، حيث تعمل كمصدر غذائي احتياطي خلال فترات السكون، الإنبات والنمو، يُستخدم النشاء في تحضير الطعام إما في صورته النقية (مثل نشاء الأروروت، نشاء الذرة) أو كدقيق الحبوب الممزوج مع مكونات أخرى (مثل دقيق القمح، دقيق الأرز، دقيق الذرة، دقيق الباجرا) [11، 12].

- يحتوي دقيق الحبوب على النشاء بالإضافة إلى البروتين، الدهون، والألياف.
- يشكل النشاء حوالي 60-70% من الدقيق ويمثل الشكل التالي التركيبة الكيميائية لنشاء.
- يمثل الشكل التالي التركيبة الكيميائية لنشاء [13].



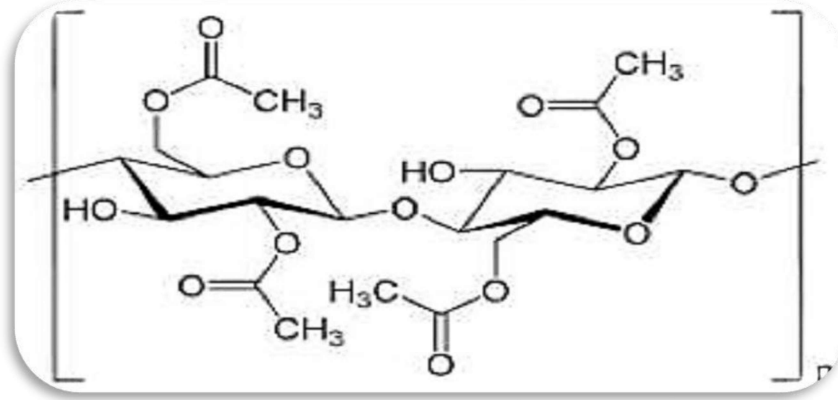
الشكل (8-I): التركيبة الكيميائية للنشاء.

I. 3.4. السليلوز :

السليلوز هو بوليمر حيوي خطي متجانس كربوهيدراتي، يتكون من وحدات بنائية β -D-anhydroglucopyranose المرتبطة ببعضها بروابط β -glycosidiques (1-4)، تتكون الجزيئة

الكبيرة للسليولوز، تحتوي إحدى النهايات على وظيفة ألدهيد تُسمى الوحدة الطرفية المختزلة نظرًا لسهولة أكسدتها، بينما تحتوي النهاية الأخرى فقط على وظائف هيدروكسيل [14، 15].

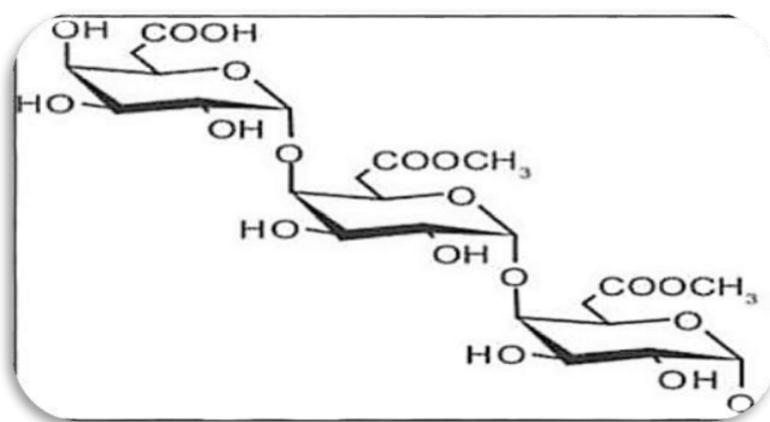
يمثل الشكل المقابل التركيبة الكيميائية لسليولوز.



الشكل (I-9): التركيبة الكيميائية لسليولوز.

4.4.I. البكتين:

البكتين هو عديد سكر خطي ومثل العديد من عديدات السكاريد النباتية فهو يتميز بالتنوع في التوزيع الجزيئي والكتلي ويتكوّن البكتين من أحماض D-جالاكتورونيك (GalpA) مرتبطة بروابط α - (1,4) لتكوين العمود الفقري للجزيء، والذي يُقاطع بروابط (1,2) من الرامونوز (β -L (Rhap)، هناك تصنيف توافقي للبكتين يعتمد على ثلاثة مجالات هيكلية رئيسية: الهوموغالاكتورونان (HGA)، ويتناوب مع نوعين من مناطق الرامونوغالاكتورونان المتفرعة بشكل كبير والمعروفة باسم RG-I و RG-II، وتشمل الفئات الهيكلية الأخرى من عديدات السكريد البكتينية كل من: زيلوجالاكتورونان، أبيوجالاكتورونان، أرابينان، غالاكتان، وأرابينوغالاكتان، و تتمثل الصيغ الكيميائية للبكتين في الصورة التالية [16-18].



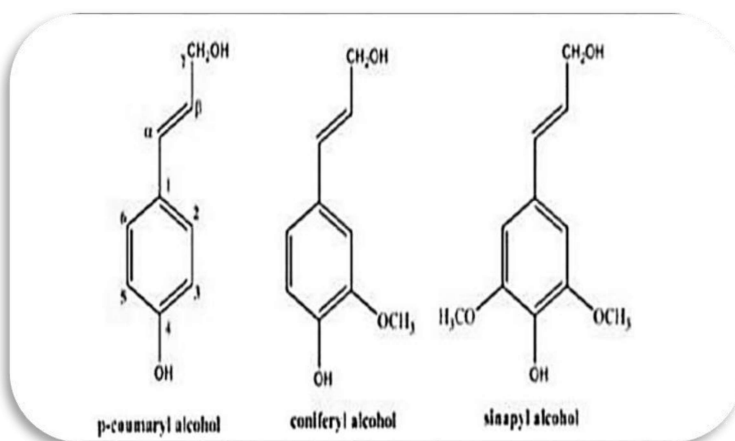
الشكل (10-I): تمثل الصيغة الكيميائية للبكتين.

✓ مصادر البكتين:

تُعتبر قشور الحمضيات ومخلفات التفاح من أهم المصادر المستخدمة لاستخلاص البكتين، خاصة وأنها تُعد من المخلفات الصناعية مثل بقايا التفاح الناتج عن تصنيع عصير التفاح (السيدر)، وغالبًا ما يتم الاعتماد على قشور الحمضيات كمادة أولية لأنها تحتوي على نسبة عالية من البكتين، ولأن لونها مناسب ومن بين هذه القشور يُفضل استخدام قشور البرتقال والليمون خصوصًا عندما تكون غير معالجة بالجير أو الإنزيمات، لأن المعالجة بالجير تؤدي إلى تكسير البكتين وتحويله إلى حمض البكتيك، في حين أن المعالجة بالإنزيمات تؤثر على الوزن الجزيئي للبكتين وتقلله [19].

5.4.I. اللجنين:

اللجنين هو بوليمر معقد يتميز ببنية متفرعة بشكل كبير وطبيعته العطرية. يتكون من كحولات هيدروكسي سيناميل، مثل كحول الكو نيفيريل (lignin-G)، كحول السيناييل (lignin-S)، وكحول p-كوماريل (lignin-H). يتميز هذا البوليمر بمقاومته العالية للتحلل الميكروبي، حيث تمنحه بنيته ثلاثية الأبعاد المعقدة، المكونة من وحدات الفينيل بروبانونيد غير الفينولية المرتبطة بواسطة روابط إيثر وروابط كربونية، صلابة وقوة مقاومة عالية ويمثل الشكل التالي التركيبة الكيميائية لوحدات البنائية لللجنين [20]، [21].



الشكل (I-11): التركيبة الكيميائية للوحدات البنائية للجنين.

الخلاصة:

في هذا الفصل تعرفنا على المخلفات و، تبيّن أنها ليست مجرد نفايات تُطرح جانباً، بل هي مصدر متجدد يمكن استثماره بطرق متعددة تعود بالنفع على البيئة والبشرية معاً. وقد تطرقنا من خلال هذا الفصل الى تعريف هذه المخلفات، وأهميتها، وأنواعها المختلفة، ومصادرها، ما يبرز ضرورة اعتماد حلول مستدامة تضمن حسن إدارتها والاستفادة منها بأفضل شكل ممكن وفي الفصل الثاني سنتعرف على اهم حل مستدام يمكن استغلال هذه النفايات به.

المراجع

المراجع باللغة العربية:

- [2] ع. ر. س. الجعافرة، "إدارة المخلفات وأهميتها في حماية البيئة لدى البلديات"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، vol. 5, pp. 829-845, 2024.
- [3] الكوافي and م. محمد، "إعادة تدوير النفايات كأحد أساليب الاقتصاد الدائري وأهميته في تعزيز التنمية المستدامة"، مجلة بحوث الأعمال، vol. 1, pp. 402-417, 2024.
- [4] ف. الشوابكة، علي، م. قاسم، جهاد، س. مزاهرة and أيمن، "تحسين نوعية الحبيبات البلاستيكية المنتجة من عمليات إعادة تدوير البلاستيك في الأردن"، مجلة بحوث التربية النوعية، vol. 2009, pp. 357-376, 2009.
- [5] ز. ا. ع. ا. هرهار، "النفايات المنزلية بالدول النامية: التحديات السوسيو-اقتصادية والمخاطر البيئية"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، vol. 4, pp. 16-26, 2023.
- [6] عيسى، علي، أ. افتان and سارة، "المبادئ العامة لتسيير النفايات الصلبة الحضرية في التشريع الجزائري The general principles of urban solid waste management in the Algerian legislation," vol. 9, pp. 21-45, 2019.
- [7] نويشي، وردة، حليلو and نبيل، "النفايات المنزلية وانعكاسات انتشارها على الأسرة الحضرية"، مجلة العلوم الانسانية، vol. 22, pp. 815-828, 2022.
- [8] سليمان and كمال، "تدوير النفايات اثارها على البيئة و دورها تحقيق التنمية المستدامة"، مجلة التحولات الاقتصادية، vol. 3, pp. 31-41, 2023.
- [9] م. م. أ. ع. الزغول، "الكيمياء الخضراء واستخدامها في مشاريع المجتمع المحلي والبلديات"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، vol. 4, pp. 703-714, 2023.

المراجع باللغة اللاتينية:

- [1] A. El Mahdaoui, S. Radi, A. Elidrissi, M. A. F. Faustino, M. G. P. Neves, and N. M. Moura, "Progress in the modification of cellulose-based adsorbents for the removal of toxic heavy metal ions," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 12, p. 113870, 2024.
- [10] A. Gupta, E. Jeyakumar, and R. Lawrence, "Journey of limonene as an antimicrobial agent," *Journal of Pure & Applied Microbiology*, vol. 15, 2021.
- [11] A. Apriyanto, J. Compart, and J. Fettke, "A review of starch, a unique biopolymer—Structure, metabolism and in planta modifications," *Plant science*, vol. 318, p. 111223, 2022.
- [12] I. A. Appelqvist and M. R. Debet, "Starch-biopolymer interactions—a review," *Food Reviews International*, vol. 13, pp. 163-224, 1997.
- [13] L. J. Stal, "Biopolymer," in *Encyclopedia of Astrobiology*, ed: Springer, 2023, pp. 400-402.
- [14] D. Klemm, B. Heublein, H. P. Fink, and A. Bohn, "Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material," *Angewandte chemie international edition*, vol. 44, pp. 3358-3393, 2005.
- [15] V. Sasikanth, B. Meganathan, T. Rathinavel, S. Seshachalam, H. Nallappa, and B. Gopi, "General overview of biopolymers: structure and properties," *Physical Sciences Reviews*, vol. 9, pp. 1857-1883, 2024.
- [16] C. M. P. Freitas, J. S. R. Coimbra, V. G. L. Souza, and R. C. S. Sousa, "Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review," *Coatings*, vol. 11, p. 922, 2021.
- [17] B. R. Thakur, R. K. Singh, A. K. Handa, and M. Rao, "Chemistry and uses of pectin—A review," *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, vol. 37, pp. 47-73, 1997.
- [18] S. Drusch, M. Eichhorn, S. Heinert, J. Weißbrodt, and R. Morales-Medina, "Review on the impact of the molecular structure of pectin on the associative phase separation with proteins," *Food Hydrocolloids*, p. 110289, 2024.
- [19] M. C. N. Picot-Allain and V. S. Neergheen, "Pectin a multifaceted biopolymer in the management of cancer: A review," *Heliyon*, vol. 9, 2023.
- [20] F. Vásquez-Garay, I. Carrillo-Varela, C. Vidal, P. Reyes-Contreras, M. Faccini, and R. Teixeira Mendonça, "A review on the lignin biopolymer and its integration in the elaboration of sustainable materials," *Sustainability*, vol. 13, p. 2697, 2021.
- [21] H. Hatakeyama and T. Hatakeyama, "Lignin structure, properties, and applications," in *Biopolymers: lignin, proteins, bioactive nanocomposites*, ed: Springer, 2009, pp. 1-63.

الفصل الثاني

البلاستيك الحيوي

مقدمة:

تشكّل المواد الكيميائية، بما في ذلك البوليمرات، جزءاً لا يتجزأ من جميع المواد والمنتجات البلاستيكية. تُستخدم أكثر من 13000 مادة كيميائية في البلاستيك، منها أكثر من 3200 مادة مصنفة على أنها خطرة [1]. ونظراً للتلوث الذي تعاني منه جميع مجالات الحياة والناج عن تصنيع واستخدام البلاستيك التقليدي، سعى العلماء خلال العقدين الماضيين إلى إيجاد طريقة لتصنيع مادة بديلة تحل محل البلاستيك وتكون أقل ضرراً منه، اعتماداً على استخدام المخلفات الزراعية والغذائية بدلاً من النفط، حيث يطلق على هذا النوع من البلاستيك الحيوي فالطلب يزداد على البلاستيك الحيوي، مما يؤدي إلى نمو وتنوع أسواقه [2، 3].

يُظهر البلاستيك الحيوي متانة مماثلة لتلك الموجودة في البلاستيك القائم على البترول، مثل البولي إيثيلين جلايكول والبولي إيثيلين تيريفثالات. ويمكن تعديل خصائصه كيميائياً ليحاكي خصائص البلاستيك لعدة استخدامات [4] فهذا الأخير، يتمتع بالعديد من الخيارات في نهاية دورة حياته، مثل إعادة الاستخدام، وإعادة التدوير الميكانيكي والكيميائي، واستعادة الطاقة. وبالتالي، تُساهم المواد البلاستيكية الحيوية في زيادة حصص إعادة التدوير [5].

II. تاريخ تطور البلاستيك الحيوي:

بدأ تطوير البلاستيك الحيوي عام 1941 عندما قام هنري فورد بتصنيع البلاستيك من فول الصويا خلال الحرب العالمية الثانية، مما ساهم في تعزيز البحث في هذا المجال. وفي عام 1992، قدمت شركة Metabolix للحلول البيولوجية تقنيات جديدة لتلبية احتياجات قطاعات البلاستيك والمنتجات الكيميائية والطاقة. استمرت التطورات في عام 2000، حيث أطلقت الشركة نفسها برامج بحثية تهدف إلى تطوير محاصيل صناعية هندسية لإنتاج البلاستيك الحيوي. وفي 2005، بدأت تويوتا في بناء مصنع تجريبي

بمدينة تويوتا هيروسي في اليابان لاختبار جدوى إنتاج البلاستيك الحيوي. بعد ذلك، وفي عام 2006، قامت شركة LONDON-NEC Corporation بتطوير مادة بلاستيكية حيوية مدعمة بالألياف لتقليل التأثير البيئي للهواتف المحمولة. وأخيراً، شهد عام 2010 تطوراً مهماً عندما قامت شركة Cardia Bioplastics CBMM Fabrication في ماليزيا بتطوير إنتاج منتجات البلاستيك الحيوي، مما عزز انتشار هذه التكنولوجيا الصديقة للبيئة [6].

1.II. تعريف البلاستيك الحيوي:

البلاستيك الحيوي (Bioplastics) هو نوع من البلاستيك يصنع جزئياً أو كلياً من بوليمرات ذات مصدر بيولوجي أو مواد طبيعية مثل النشاء، السيليلوز، والبروتينات، يتميز هذا النوع من البلاستيك بمفاهيم مختلفة تماماً عن البلاستيك التقليدي، حيث يعتمد على التحلل البيولوجي والتجدد، نظراً لكونه صحياً وامنًا فإنه يتحلل إلى ماء وثنائي أكسيد الكربون، مما يجعله خياراً مستداماً وصديقاً للبيئة مقارنة بالبلاستيك العادي.

يمكن تعريف البلاستيك الحيوي أيضاً على أنه مادة شبيهة بالبلاستيك، تكون إما مستمدة من مصادر حيوية أو قابلة للتحلل الحيوي، يمكن أن يحتوي على إضافات مثل المثبتات والملدنات ومثبطات اللهب [7، 8].

يمثل الجدول التالي الإنتاج العالمي للبلاستيك الحيوي لبعض الدول لسنة 2021.

الجدول (1-II): الإنتاج العالمي للبلاستيك الحيوي لبعض الدول.

الدولة	آسيا	أوروبا	أمريكا الجنوبية	أمريكا الشمالية	آسيا
الإنتاج مليون طن/سنوياً	1.104	0.624	0.408	0.240	0.024

II.2. أهمية البلاستيك الحيوي في الصناعة والبيئة:

يُعتبر البلاستيك القابل للتحلل الحيوي أحد الحلول الفعالة لتقليل تراكم النفايات البلاستيكية، خاصة عند انتهاء عمره الافتراضي، حيث يساهم في الحد من التلوث الناتج عن سوء إدارة النفايات. كما يساعد في خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، مثل ثاني أكسيد الكربون، من خلال التكامل مع استراتيجيات الاستدامة الأخرى، مثل إعادة التدوير الميكانيكي والكيميائي، وعمليات التحلل الحراري، مما يعزز الوصول إلى الحياد الكربوني [9، 10].

II.3. خصائص البلاستيك الحيوي:

II.3.1. الذوبانية:

تُعد الذوبانية من العوامل المهمة التي تؤثر على تحلل المواد الحيوية واستخدامها في التطبيقات المختلفة، خاصة في مجال حفظ الأغذية. تتميز بعض البوليمرات الطبيعية، مثل النشاء بقابليتها للذوبان في الماء والمذيبات الأخرى [11].

II.3.2. النفاذية لبخار الماء:

تتميز معظم المواد الحيوية، مثل النشاء، السليلوز، والبروتينات، بقدرتها على امتصاص الماء، مما يجعلها قابلة لنفاذية بخار الماء. يعود ذلك بشكل أساسي إلى احتوائها على مجموعات وظيفية قطبية، مثل الهيدروكسيل والأمين، التي ترتبط بقوة مع جزيئات الماء من خلال تكوين روابط هيدروجينية [12].

II.3.3. الكثافة:

الكتلة لكل وحدة حجم من المادة وتختلف حسب نوع البوليمر، لكنها غالباً أقل من البلاستيك التقليدي.

II. 4.3. الاستقرار الحراري والتحلل البيولوجي:

يملك درجة انصهار تتراوح بين 170 و 180 درجة مئوية، ودرجة انتقال زجاجي تقع بين 55 و 65 درجة مئوية. عند تسخينه إلى نقطة انصهاره ثم تبريده ببطء، يمكن أن يتبلور ضمن نطاق درجة حرارة يتراوح بين 80 و 130 درجة مئوية[12].

يتأثر معدل تحلل اللدائن الحيوية بشكل كبير بمساحة سطح البوليمر، حيث تؤدي زيادة المساحة إلى تسريع التفاعل مع الإنزيمات المحفزة للتحلل. ويعتمد هذا التحلل على التوازن بين سرعة تفكك سلاسل البوليمر بفعل التحلل المائي ومدى انتشار الماء داخل المادة. كما تلعب عدة عوامل دورًا رئيسيًا في هذه العملية، مثل درجة التبلور، التكوين البنيوي، ودرجة الحرارة[12].

II. 4. أنصاف البلاستيك الحيوي:

II. 1.4. البلاستيك الحيوي القابل للتحلل:

II. 1.1.4. البلاستيك الحيوي المشتق من مصادر طبيعية:

البوليمرات القابلة للتحلل والمشتقة من مصادر طبيعية تعد خيارًا مستدامًا لمواجهة التحديات البيئية الناجمة عن تلوث البلاستيك، تعتمد هذه الفئة على مواد طبيعية مستخرجة من مصادر متجددة، مثل النباتات والميكروبات، وتتميز بقدرتها على التحلل الحيوي بفعل الكائنات الحية الدقيقة إلى مكونات بسيطة غير ضارة بالبيئة، وحمض البوليلاكتيك، والبولي هيدروكسي الكانوات، والتي تستخدم في العديد من التطبيقات الصديقة للبيئة كبداية للبلاستيك التقليدي[13].

II.2.1.4. البلاستيك الحيوي المشتق من مصادر احفورية:

البوليمرات القابلة للتحلل و المشتقة من مصادر احفورية تمثل فئة من المواد التي تجمع بين الخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للبوليمرات التقليدية و بين القدرة على التحلل الحيوي، مما يجعلها بديلا محملا للمواد البلاستيكية غير القابلة للتحلل ، يتم تصنيع هذه البوليمرات من مشتقات البترول او الغاز الطبيعي ، لكنها مصممة بتركيب كيميائي يسمح للكائنات الحية الدقيقة ، مثل البكتيريا و الفطريات ، بتكسيرها الى مكونات ايسر ، مثل الماء و ثاني أكسيد الكربون و الكتلة الحيوية ، تحت ظروف بيئية معينة ، من امثلة هذه البوليمرات البولي بيوتيلين سكسينات ، والبولي فينيل كحول ، اديبات ، والتي تتميز بقدرتها على التحلل الحيوي مع الحفاظ على خصائصها الوظيفية اثناء الاستخدام [14].

II.2.4. البلاستيك الحيوي الغير قابل للتحلل:

II.1.2.4. المشتق من مصادر طبيعية:

تشمل هذه الفئة من البوليمرات مشتقات طبيعية لكنها غير قابلة للتحلل الحيوي، مثل المطاط الطبيعي المستخدم في الإطارات ، والبولي يوريثانات في العزل و الرغويات ، البولي اميدات كالنايلون في الانسجة ، البولي ايثيلين تيريفثاليت (PET) في الزجاجات ، و البولي اوليفينات في التغليف ، و رغم انها مستدامة من حيث الموارد ، الا انها تحتاج الى حلول بيئية لاعادة التدوير وتقليل تأثيرها السلبي [15].

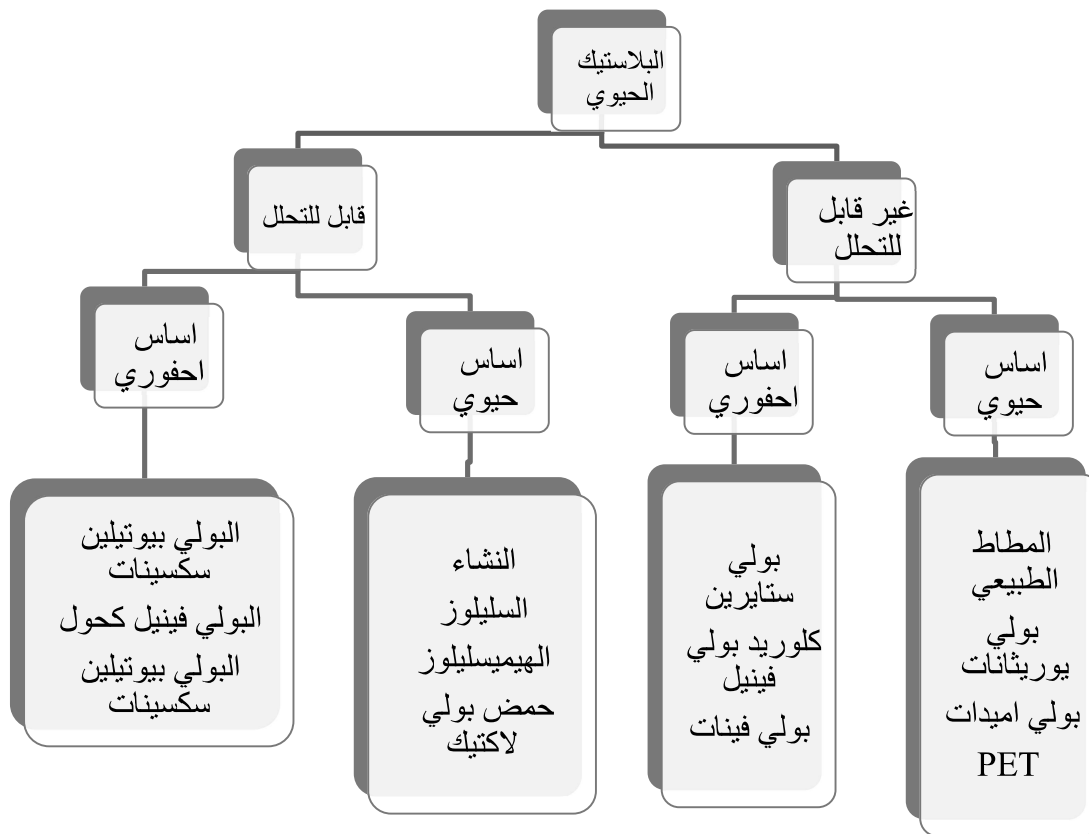
II.2.2.4. المشتق من مصادر احفورية:

البوليمرات الغير قابلة للتحلل و المشتقة من مصادر احفورية هي مواد بلاستيكية تصنع من النفط و الغاز الطبيعي، و تتميز بمقاومتها العالية لكنها تشكل تحديا بيئيا بسبب صعوبة تحللها، تشمل هذه الفئة البولي ستايرين (PS) المستخدم في العبوات و العزل، و كلوريد البولي فينيل (PVC) الشائع في

مواد البناء، إضافة الى البولي اوليفينات مثل البولي ايثيلين (PE) و البولي بروبيلين (PP) المستخدمة في التغليف، و البولي ايثيلين تيريفثاليت (PET) في زجاجات المشروبات، لمواجهة تأثيرها البيئي، تجري أبحاث لتحسين إعادة تدويرها و تطوير بدائل مستدامة [15، 16].

• البوليمرات الغير قابلة للتحلل والمشتقة من مصادر احفورية:

تتضمن هذه الفئة أنواعا من البوليمرات التي تصنع أيضا من مصادر احفورية ولكنها غير قابلة للتحلل الحيوي، ومن ابرز امثلتها البولي ستايرين، و كلوريد البولي فينيل، و البوليوفينات، و البولي ايثيلين تيريفثاليت.



الشكل (II-1): اصناف البلاستيك الحيوي.

II.5. أصناف البلاستيك الحيوي:

II.5.1. البلاستيك القابل للتحلل بالكامل:

يعد هذا النوع من البلاستيك الحيوي من المواد التي تتحلل بشكل كامل، ويتم تصنيعه اعتمادا على مواد طبيعية مثل بعض أنواع النباتات بالإضافة الى بعض الكائنات الدقيقة، ومنها الفطريات والبكتيريا ومن ابرز انواعه: البولي استر، البولي لاكتيات، والبلاستيك متعدد السكريات[17].

II.5.2. البلاستيك نصف المتحلل:

هو نوع من البلاستيك الحيوي يتم تصنيعه من خلال دمج البلاستيك التقليدي مع النشاء، حيث يستخدم البولي ايثيلين والبولي بروبيلين مع النشاء، هذا الخليط يسمح للكائنات الحية الدقيقة بتحلل الجزء الطبيعي المحتوي على النشاء، مما يساهم في تقليل كمية النفايات البلاستيكية وعلى الرغم من انه لا يتحلل بالكامل مثل البلاستيك الحيوي العضوي، الا انه يعد خيارا اكثر استدامة مقارنة بالبلاستيك التقليدي[18].

II.5.3. البلاستيك المتحلل ضوئيا:

هو نوع من البلاستيك الحساس للضوء خصوصا للأشعة فوق البنفسجية، حيث تتفكك الروابط الكيميائية الموجودة فيه تدريجيا عند التعرض للضوء، مما يجعله يتحلل تماما خلال عدة اشهر، ويعتبر هذا النوع من البلاستيك الضوئي من البدائل الصديقة للبيئة، حيث انه لا يؤدي الى تراكم النفايات البلاستيكية بل يتلاشى و يختفي تدريجيا دون ان يترك اثرا بيئيا كبيرا[18].

II.6. طرق تحضير البلاستيك الحيوي:

II.6.1. البلاستيك القائم على النشاء:

يعد النشاء من اهم البوليمرات المستخدمة في تصنيع البلاستيك الحيوي القابل للتحلل، حيث يتكون من الاميلوز و الاميلوبكتين ، مما يجعله بديلا مستداما للمواد البلاستيكية التقليدية ، تدرج البوليمرات المحتوية على النشاء سواء كانت اصلية او معدلة ضمن بوليمرات النشاء، و تشمل الدائن الطبيعية او الصناعية الممزوجة به، اضافة الى البوليمرات الناتجة عن تخميره و تشكل هذه المجموعة نحو 50% من البوليمرات المشتقة من النشاء مما يعكس أهميتها في التطبيقات البيئية و الصناعية، مثل التعبئة و التغليف والمنتجات الصحية و الزراعية [19].

كما تتميز الافلام النشوية التي تحتوي على نسبة مرتفعة من الاميلوز بقدرتها على تكوين افلام ذات خصائص ميكانيكية جيدة، مثل الاستطالة والقوة الميكانيكية والقدرة على منع نفاذية الغازات.

II.2.6. البلاستيك القائم على السيليلوز:

يعد البلاستيك الحيوي القائم على السيليلوز بديلا مستداما للبلاستيك التقليدي، حيث يشق من السيليلوز وهو بوليمر مكون جزئيا من جزيئات الجلوكوز المرتبط برابطة $(\beta-1.4)$ ، من ابرز مشتقاته اسيتات السيليلوز التي تنتج عبر تفاعل السيليلوز مع انهيدريد الاسيتيك وحمض الاسيتيك، تستخدم هذه البوليمرات في صناعة الاقمشة والأفلام البلاستيكية و الالياف، مما يساعد في تقليل الاعتماد على البلاستيك التقليدي [20].

II.3.6. البلاستيك القائم على البكتين:

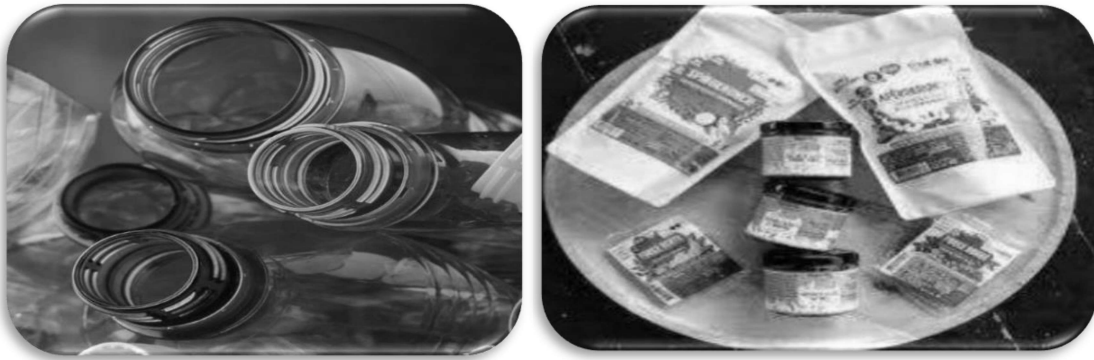
تسمح سلسلة (4-1) حمض الجالاكتورونيك الخطية الموجودة في البكتين بان يكون فيلما حيويا بلاستيكا متينا ومرنا وشفافا ويمكن تحسين هذه الخصائص من خلال إضافة الملدنات والعوامل الرابطة، حيث تساهم الملدنات في تعزيز الخصائص الميكانيكية، بينما تعمل العوامل الرابطة في تعديل الروابط داخل الجزيئات مما يحسن من خواصه الهيكلية [21].

II.7. تطبيقات البلاستيك الحيوي:

II.7.1. تغليف المواد الغذائية:

يعد استخدام البلاستيكيات الحيوية عنصراً أساسياً في صناعة الأغذية حيث تمنع تحلل طعام وتحافظ على قيمته الغذائية وتسهل نقله وتطيل مدة صلاحيته، تستخدم في تغليف المنتجات قصيرة وطويلة العمر التخزيني، خاصة الأطعمة التي تتطلب كميات محدودة من الأكسجين والماء، كما تستخدم الأفلام الحيوية لأغراض تجارية وفي لتغليف القاسي، مثل التعبئة في أجواء معدلة ويعتبر حمض البولي لاكتيك (PLA) الأكثر استخداماً في هذا المجال [22].

والصور التالية توضح استخدامات البلاستيك الحيوي في مواد التعبئة والتغليف.



الشكل (II-2): استخدامات البلاستيك الحيوي في مواد التغليف.

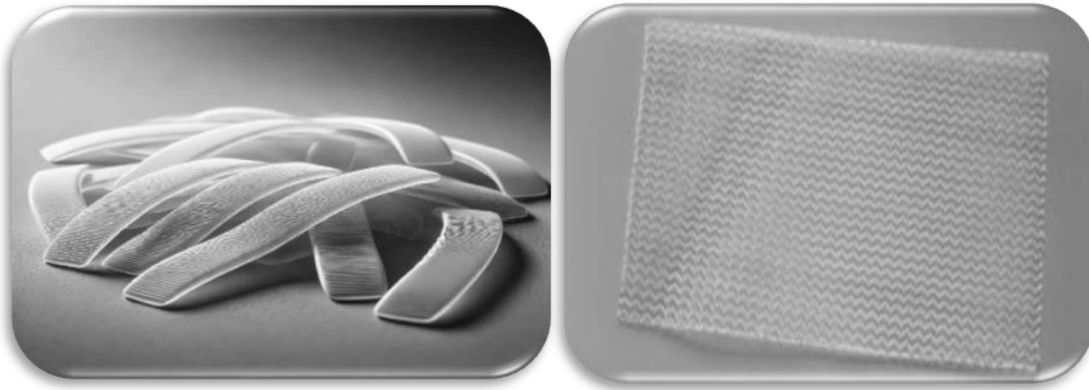
II.7.2. في المجال الطبي:

تعد البلاستيكيات الحيوية بدائل واعدة للبلاستيك التقليدي في المجال الطبي، حيث يمكنها التحلل داخل الجسم دون تأثير سلبي، يستخدم PHA في تطوير الأجهزة مثل إصلاح الفتق، الأوتار، والأعصاب بفضل توافقه الحيوي، أما PHB فيتحلل داخل الجسم إلى D L-β-hydroxybutyrate، مما يمنع

موت الخلايا المبرمج ويستخدم في الأدوات الجراحية مثل الدبابيس والغرز، إضافة الى هندسة الانسجة واستبدال العظام والاعوية الدموية وتوصيل الادوية [23، 24].

تستخدم الضمادات المصنوعة من الكتان في علاجات تكاثر الخلايا، كما ان دمج البلاستيك الحيوي مع الجسيمات النانوية يعزز تطبيقاته في علوم الحياة والهندسة الطبية الحيوية وتقنية النانو [24].

تمثل الصور المرافقه اهم المعدات الطبية المصنعة من البلاستيك الحيوي.



الشكل (II-3): استخدامات البلاستيك الحيوي في الطب.

II.3.7. في مجال الزراعة:

يُستخدم البلاستيك الحيوي والبوليمرات الحيوية في الزراعة لتحسين الإنتاجية والاستدامة، مثل أشربة البذور القابلة للتحلل والأغطية الزراعية التي تحافظ على الرطوبة ودرجة حرارة التربة، كما تُستخدم الشباك والرقائق في زراعة الفطر، والخيوط الحيوية لمنع تآكل التربة، في البستنة، تحمي أغشية Solaplast المحاصيل مثل كروم العنب وأشجار الموز [23].

تشمل الاستخدامات الأخرى التوابيت القابلة للتحلل في المقابر لفوائد بيئية واقتصادية، وكرات الجولف المصنوعة من PLA، المفضلة لكونها غير سامة وقابلة للتحلل تمامًا [25].

تمثل الصور التالية: اهم الادوات الزراعية المصنعة من البلاستيك الحيوي.



الشكل (II-4): الادوات الزراعية المصنعة من البلاستيك الحيوي.

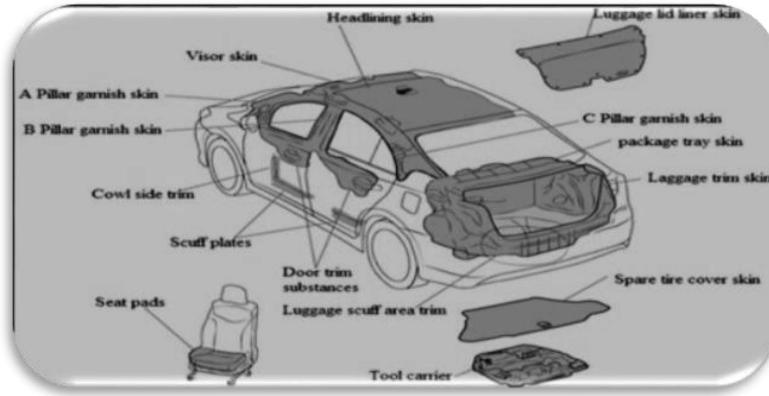
II.4.7. صناعة السيارات:

تركز صناعة السيارات على تجسين تقنيات الانتاج، مما يتيح اعادة تدوير المواد تركز صناعة السيارات على تحسين تقنيات الإنتاج، مما يتيح إعادة تدوير الموارد ويمنع الأضرار البيئية، ووفقاً لدراسة، فإن المواد البلاستيكية الحيوية مناسبة للعديد من تطبيقات السيارات، حيث توفر أداءً عاليًا وإمكانية فريدة لتقليل التأثير البيئي للمنتج تُستخدم البوليسترات الحيوية، والبولي أميدات، والبولي بروبيلين الحيوي في تصنيع مكونات السيارات مثل لوحات القيادة، وأغطية المقاعد والوسائد الهوائية، وعجلات القيادة وغيرها.

تشمل المواد البلاستيكية الحيوية الأكثر استخدامًا في صناعة السيارات كلاً من PLA، والبولي

أميدات، وPHAs، وحمض السكسينيك، وPCLs[26].

الصور التالية: تمثل اهم قطع السيارات المصنعة من البلاستيك الحيوي.



الشكل (II-5): أهم قطع السيارات المصنعة من البلاستيك الحيوي.

II.5.7. في مجال الإلكترونيات:

تستخدم كبرى شركات الإلكترونيات، مثل سيمنز، فيليبس، سوني، آبل، وسامسونج، البلاستيك الحيوي في تصنيع أجهزتها، حيث يسهم في تعزيز أدائها وزيادة متانتها، يُوظَّف هذا النوع من البلاستيك في مجموعة واسعة من المنتجات، بما في ذلك أجهزة الكمبيوتر، البطاريات، الشواحن، الهواتف المحمولة، شاشات اللمس، الفأرة، ولوحات المفاتيح.

كما طورت شركة SUPLA مركبات PLA المقاومة للحرارة العالية لتلبية احتياجات قطاع الإلكترونيات، كما تعاونت مع Kuender لإنتاج أول كمبيوتر بشاشة لمس مصنوع من البلاستيك الحيوي. بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم خلطات PLA في تصنيع أجهزة الألعاب، الأجهزة اللوحية، وسماعات الأذن كما يمثل الشكل التالي [27]:



الشكل (II-6): اهم الالكترونيات المصنعة من البلاستيك الحيوي.

II.8. مزايا وعيوب البلاستيك الحيوي:

II.8.1. المزايا:

- تمتلك المواد البلاستيكية الحيوية العديد من المزايا ومن ابرزها:
- تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، فضلا عن خلوها من المواد السامة.
- المساهمة في خفض البصمة الكربونية.
- قابليتها للتجديد والتحلل الحيوي، مما يساعد في الحد من التلوث البيئي.
- تشابه بعض أنواعها، مثل البولي ايثيلين تيريفثاليت الحيوي (Bio-PET)، مع البلاستيك التقليدي، مما يسمح بإعادة تدويرها بنفس الطريقة.
- امكانية الاستفادة منها في انتاج الطاقة المتجددة او تحويلها الى وقود حيوي عند انتهاء عمرها الافتراضي وعدم توفر خيار إعادة التدوير [28].

II.8.2. العيوب:

- ارتفاع التكاليف: يعتبر البلاستيك الحيوي أكثر تكلفة من البلاستيك التقليدي، حيث تبلغ تكلفته ضعف السعر تقريبا ومع ذلك يمكن ان يؤدي الإنتاج الصناعي واسع النطاق الى خفض التكاليف مستقبلا.

- مشاكل إعادة التدوير: عند خلط البلاستيك الحيوي مع البلاستيك التقليدي اثناء عمليات إعادة التدوير، قد يتسبب ذلك في تلوث المواد المعاد تدويرها، مما يعقد العملية ويقلل من كفاءتها.
- استنزاف الموارد: يعتمد انتاج البلاستيك الحيوي على مصادر متجددة، مما قد يؤدي الى استهلاك بعض المواد الخام الأساسية، كما قد يؤثر على توافر الموارد الزراعية المستخدمة لانتاج الغذاء.
- الاعلان التسويقي المظلل: تلجا بعض الشركات الى استخدام مصطلحات مثل "صديق للبيئة" و"قابل للتحلل" للترويج لمنتجاتها، رغم ان بعض أنواع البلاستيك الحيوي لا تتحلل بسهولة في الظروف الطبيعية.
- مشكلة التعبئة والتغليف: تواجه مواد التعبئة والتغليف المصنوعة من النشاء او البلاستيك المعتمد علو السليلوز تحديات مثل هشاشتها وقابليتها العالية للتحلل، وضعف خصائصها الميكانيكية، بالإضافة الى استقرار محدود على المدى الطويل، وذلك بسبب تاثرها الكبير بالرطوبة[29].

9.II. الفرق بين البلاستيك التقليدي والبلاستيك الحيوي:

لا شك هناك اختلاف بين البلاستيك التقليدي والبلاستيك الحيوي والجدول ادناه يبين الاختلاف المتواجد بينهم.

الجدول: يمثل الفرق بين البلاستيك التقليدي والبلاستيك الحيوي:

الجدول (II-2): الفرق بين البلاستيك التقليدي والبلاستيك الحيوي[30].

البلاستيك الحيوي	البلاستيك التقليدي	معايير الفرق
كلياً او جزئياً	غير قابل	قابلية التجديد
نعم	لا	الاستدامة
قابل للتحلل البيولوجي او	قابل للتحلل بواسطة	التفكك في البيئة

التحلل الى سماد	اكسدة	
محدود السلسلة لكنها تنمو	البوليمر الواسع	مجموعة البوليمر
عادة ما تكون منخفضة	مرتفع نسبيا	انبعاثات غازات الاحتباس الحراري
عادة ما تكون منخفضة	مرتفع نسبيا	استخدام الوقود الاحفوري في تصنيعه
هي مصدره	لا علاقة به	استخدام الاراضي الصالحة للزراعة

10.II. التحديات التقنية والاقتصادية لتطوير البلاستيك الحيوي:

تشمل التحديات الاقتصادية لإنتاج البلاستيك الحيوي ارتفاع تكاليف الإنتاج، مما يجعل انتشاره على نطاق واسع أمراً صعباً كما أن عدم توافقه التام مع خصائص البلاستيك التقليدي يقلل من جدواه التجارية بالإضافة إلى ذلك، فإن تطوير تقنيات متقدمة لتحسين جودته يزيد من التكاليف، مما قد يؤدي إلى تراجع العوائد الاقتصادية مقارنة بالبلاستيك التقليدي[31].

الخلاصة:

المراجع:

- [1] R. Weber, N. Ashta, N. Aurisano, Z. Wang, M. Outters, K. Miguel, *et al.*, "United Nations Environment Programme and Secretariat of the Basel Rotterdam and Stockholm Conventions," *Chemicals in plastics: a technical report. Geneva*, pp. 9339-9351, 2023.
- [2] M. Schwentenwein and J. Homa, "Additive manufacturing of dense alumina ceramics," *International Journal of Applied Ceramic Technology*, vol. 12, pp. 1-7, 2015.
- [3] U. Cvelbar, J. L. Walsh, M. Černák, H. W. de Vries, S. Reuter, T. Belmonte, *et al.*, "White paper on the future of plasma science and technology in plastics and textiles," *Plasma Processes and Polymers*, vol. 16, p. 1700228, 2019.
- [4] I. Experts, "Bioplastics—A global market overview," *Industrial Biotechnology*, vol. 8, pp. 62-65, 2012.
- [5] L. Bartolucci, S. Cordiner, E. De Maina, G. Kumar, P. Mele, V. Mulone, *et al.*, "Sustainable valorization of bioplastic waste: A review on effective recycling routes for the most widely used biopolymers," *International Journal of molecular sciences*, vol. 24, p.2023 ,7696 .
- [6] E. B. Arikan and H. D. Ozsoy, "A review: investigation of bioplastics," *J. Civ. Eng. Arch*, vol. 9, pp. 188-192, 2015.
- [7] N. Rajendran, S. Puppala, M. Sneha Raj, B. Ruth Angeeleena, and C. Rajam, "Seaweeds can be a new source for bioplastics," *J. Pharm. Res*, vol. 5, pp. 1476-1479, 2012.
- [8] R. Gade, M. S. Tulasi, and V. A. Bhai, "Seaweeds: a novel biomaterial," *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol. 5, pp. 975-1491, 2013.
- [9] E. Shlush and M. Davidovich-Pinhas, "Bioplastics for food packaging," *Trends in food science & technology*, vol. 125, pp. 66-80, 2022.
- [10] J. C. Philp, A. Bartsev, R. J. Ritchie, M.-A. Baucher, and K. Guy, "Bioplastics science from a policy vantage point," *New biotechnology*, vol. 30, pp.2013 ,646-635 .
- [11] A. Jayakumar, S. Radoor, S. Siengchin, G. H. Shin, and J. T. Kim, "Recent progress of bioplastics in their properties, standards, certifications and regulations: A review," *Science of the Total Environment*, vol. 878, p. 163156, 2023.
- [12] N. Jabeen, I. Majid, and G. A. Nayik, "Bioplastics and food packaging: A review," *Cogent Food & Agriculture*, vol. 1, p. 1117749, 2015.
- [13] X. Zhao, Y. Wang, X. Chen, X. Yu, W. Li, S. Zhang, *et al.*, "Sustainable bioplastics derived from renewable natural resources for food packaging," *Matter*, vol. 6, pp. 97-127, 2023.
- [14] M. M. Abe, J. R. Martins, P. B. Sanvezzo, J. V. Macedo, M. C. Branciforti, P. Halley, *et al.*, "Advantages and disadvantages of bioplastics production from starch and lignocellulosic components," *Polymers*, vol. 13, p. 2484, 2021.
- [15] P. Amritkumar, "Classification of Bioplastics Based on Sources".

- [16] A. Nandakumar, "Bioplastics Classification and Properties," in *Second and Third Generation Bioplastics*, ed: CRC Press, 2023, pp. 15.28-
- [17] H. Younis, F. Abdelrahman, M. Samer, and H. Abdellatif, "An Overview of Biodegradable Polymers and Types of Bioplastics: Properties and Applications," 2024.
- [18] W. A. Ahsan, A. Hussain, C. Lin, and M. K. Nguyen, "Biodegradation of different types of bioplastics through composting—a recent trend in green recycling," *Catalysts*, vol. 13, p. 294, 2023.
- [19] O. Vilpoux and L. Averous, "Starch-based plastics," *Technology, use and potentialities of Latin American starch tubers*, vol. 3, pp. 521-553, 2.004
- [20] B. Tajeddin, "Cellulose-based polymers for packaging applications," *Lignocellulosic polymer composites: Processing, characterization, and properties*, pp. 477-498, 2014.
- [21] A. Arooj and M. Khan, "Starch/pectin as emerging renewable materials for fabrication of sustainable bioplastics for food packaging applications," 2023.
- [22] S. Jayarathna, M. Andersson, and R. Andersson, "Recent advances in starch-based blends and composites for bioplastics applications," *Polymers*, vol. 14, p. 4557, 2022.
- [23] N. Peelman, P. Ragaert, B. De Meulenaer, D. Adons, R. Peeters, L. Cardon, *et al.*, "Application of bioplastics for food packaging," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 32, pp. 128-141, 2013.
- [24] M. Meenakshi, N. Gunasheela, and M. Kaviyalakshmi, "Production of starch based bioplastics and their applications in food packaging," *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, vol. 24, pp. 268-298, 2022.
- [25] L. Behera, M. Mohanta, and A. Thirugnanam, "Intensification of yam-starch based biodegradable bioplastic film with bentonite for food packaging application," *Environmental Technology & Innovation*, vol. 25, p. 102180, 2022.
- [26] R. Lapointe, "Bioplastiques biodégradables, compostables et biosourcés pour les emballages alimentaires «distinctions subtiles mais significatives," Université de Sherbrooke., 2012.
- [27] S. El Harche, "Développement des méthodes d'extraction des bioplastiques issues des boues papetières par les liquides ioniques," Université du Québec à Trois-Rivières, 2015.
- [28] G. Fredi and A. Dorigato, "Recycling of bioplastic waste: a review. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research," ed, 2021.
- [29] R. Rahman, M. Sood, N. Gupta, J. D. Bandral, F. Hameed, and S. Ashraf, "Bioplastics for food packaging: a review," *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, vol. 8, pp. 2311-2321, 2019.
- [30] V. K. Thakur, M. K. Thakur, and M. R. Kessler, *Handbook of composites from renewable materials, functionalization* vol. 4: John Wiley & Sons, 2017.
- [31] R. Jain and A. Tiwari, "Bioplastics for use in medical industry," *Asian Journal of Pharmaceutics*, p. 139, 2014.

الجزء العملي

الفصل الثالث

المواد والطرق

المقدمة:

يهدف هذا الجزء إلى استكشاف وتطوير طرق مبتكرة لتحضير بوليمرات حيوية باستخدام مصادر طبيعية ومتجددة، تشمل نشاء البطاطا، والبكتين المستخلص من قشور البرتقال، بالإضافة إلى السليلوز المستخرج من قشور الفول السوداني. ويُرَاد من خلال هذا تحضير البلاستيك الحيوي يتميز هذا الأخير بسهولة التحلل الحيوي، وانخفاض التكلفة، وسهولة عمليات التحضير، مما يجعله خياراً صديقاً للبيئة وذا جدوى اقتصادية.

III. الطرق و المواد:

III.1. الأجهزة:

✓ مخلاط مغناطيسي

✓ pH متر

✓ بيشر

✓ ميزان حساس

✓ ابرة للحقن

✓ ملعقة

✓ فرن للتجفيف

✓ قوالب التشكيل

✓ هاون للطحن

III.2. المواد المستعملة:

استخدمنا مواد كيميائية تم اخذها من المختبر البيداغوجي في الكلية في جامعة الوادي والتي تتمثل

في:

هيدروكسيد الصوديوم والذي تركزه (99.98) وتتمثل صيغته الكيميائية في NaOH، وايضا حمض كلور الماء وكان تركيته (37) وتتمثل صيغته الكيميائية فـHCl، و حمض الخل تركيته (17.5) وصيغته الكيميائية CH₃COOH، و كلوريد الصوديوم و تركيزه (99.98) وصيغته الكيميائية NaCl، وايضا الايثانول تركيزه (96) وصيغته C₂H₅OH، و بيكاربونات الصوديوم و يتمثل تركيزه (98.99) وصيغته NaHCO₃، و كلوريد الكالسيوم الذي صيغته الكيميائية (CaCl₂) وتركيزه (98.99)، وايضا مادة الجافيل و صيغته الكيميائية (NaClO) وتركيزه (12)، واستخدمنا ايضا في هذه التجارب الهكسان بتركيز (99.98) وصيغته الكيميائية C₆H₁₄، وايضا الجلسرين بتركيز (100) وصيغته الكيميائية C₃H₈O₃، وحمض الكبريتيك وتتمثل صيغته في H₂SO₄ بتركيز (98.33).

الجدول (III-1): الشركة المنتجة للمواد الكيميائية المستعملة في هذه الدراسة.

المواد الكيميائية	الشركة المنتجة
هيدروكسيد الصوديوم	Bioche mchemopharma
حمض كلور الماء	Anolar Normapur
حمض الخل	Gpr Rectapur
كلوريد الصوديوم	Scharlau
ايثانول	Vwr Prolaboechemicals
بيكاربونات الصوديوم	Biochemchemopharma
كلوريد الكالسيوم	Biochemchemopharma
جافيل	تجاري
هكسان	Anolar Normapur
جلسرين	Wilmar Internationel
حمض الكبريتيك	Anolar Normapur

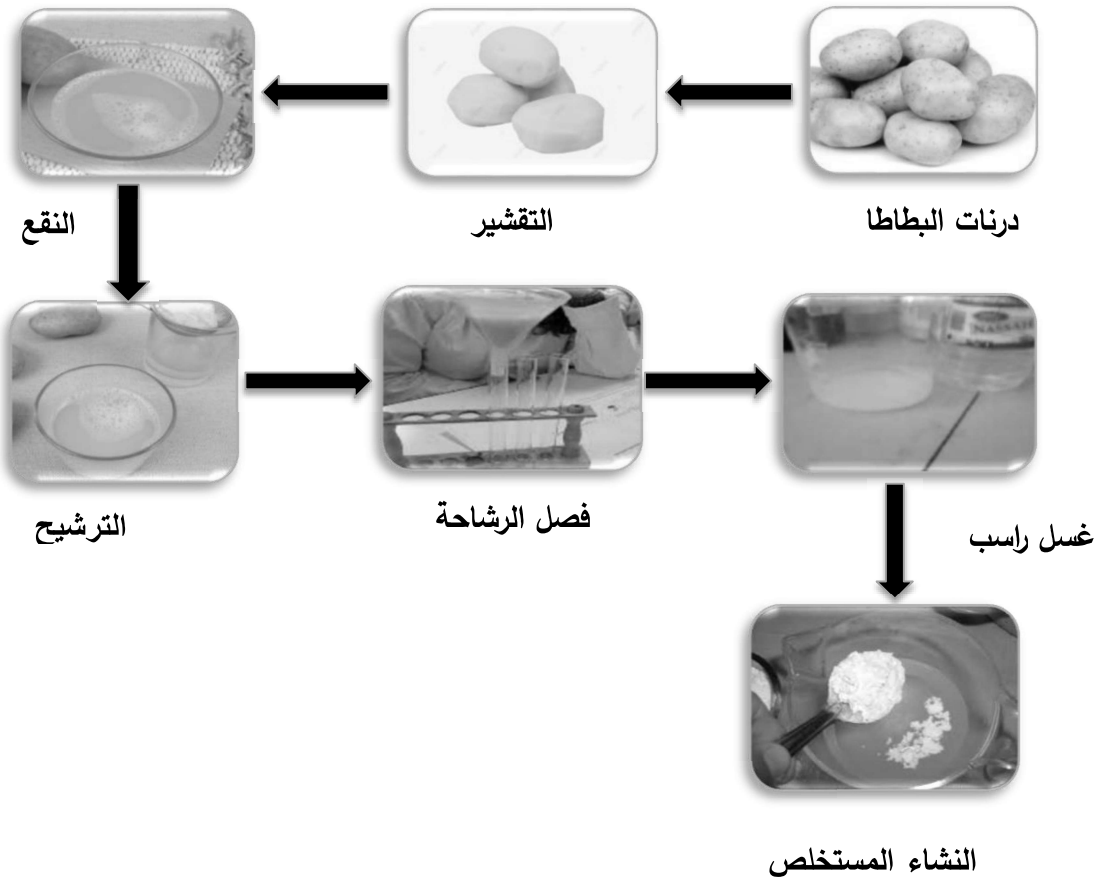
3.III. استخلاص المواد الحيوية:

1.3.III. النشاء:

تم اخذ 500 غ من درنات البطاطا (Solanum tuberosum) ثم قشرت يدويا بعد ذالك بشرت بواسطة مبشرة ميكانيكية ثم نقعت في ماء مقطر داخل وعاء محكم الاغلاق لمدة ساعة واحدة، ثم تم

ترشيحها باستخدام ورق الترشيح وقمع، ليتم جمع السائل الناتج في ارلن بسعة 100 مل. بعد ذلك تم التخلص من السائل الفائض مع الاحتفاظ بالراسب، والذي خضع لعدة عمليات غسيل بالماء المقطر لازالة أي شوائب متبقية [1-3].

اخيرا وضع الراسب في فرن بدرجة حرارة لا تتجاوز 60°C حتى جف تماما ليصبح جاهزا للاستخدام.



الشكل (III-1): يوضح مراحل استخلاص النشاء من درنات البطاطا.

III.2.3. استخلاص السيليلوز:

✓ تجميع قشور الفول السوداني:

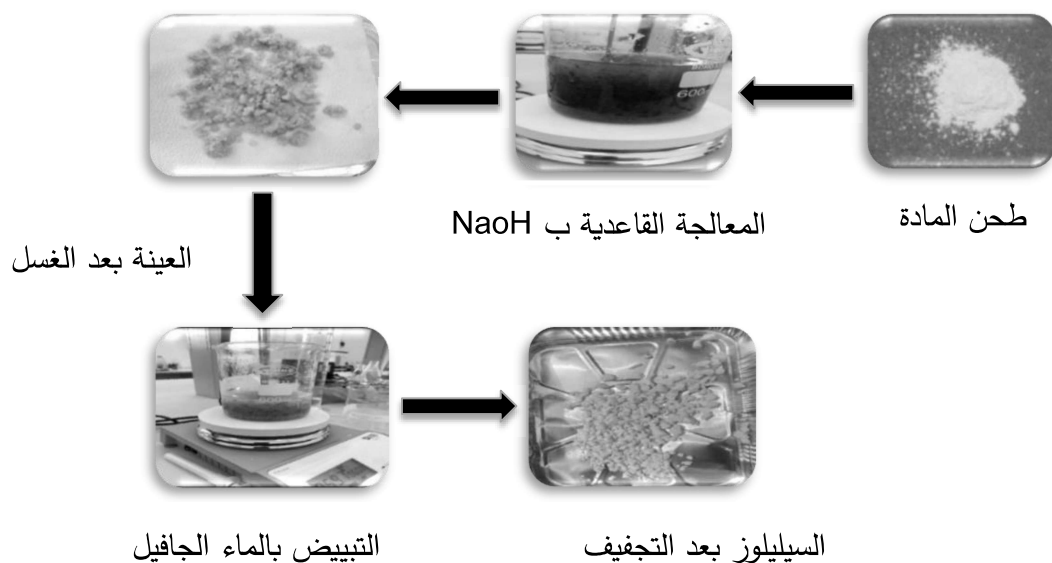
تم جمع قشور الفول السوداني (*Arachis hypogaea*) وتجفيفها بتعرضها للهواء، ومن ثم تقطيعها إلى أجزاء صغيرة ثم الطحن، وفصل المسحوق الناتج تمت غربلته بغربال مسامي للحصول على عينة متساوية في السمك حتى تعالج.

✓ المعالجة الكيميائية:

وضعنا 30 غراماً من مسحوق قشور الفول السوداني إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بتركيز 6%، وذلك بإذابة 18 غراماً من المادة الصلبة في 300 مل من الماء المقطر داخل بيشر سعة 500 مل، مع التحريك المستمر باستخدام قضيب مغناطيسي. بعد ذلك، تضاف القشور إلى المحلول، ويُستمر في التحريك والتسخين لتعزيز عملية الاستخلاص، لمدة ساعة عند درجة حرارة 60°C، وتُكرر العملية باستخدام محلول NaOH حسب الحاجة. تُغسل الرشاحة الناتجة بالماء المقطر حتى يصبح (pH) متعادلاً، ثم تُجفف العينة باستخدام مجفف كهربائي عند 60°C لضمان الحصول على المادة المطلوبة بشكل نهائي [4، 5].

✓ مرحلة التبييض:

نضع المادة الجافة الناتجة من المعالجة القاعدية في بيشر، ثم نضيف 100 مل من ماء الجافيل (NaClO) إلى 100 مل من الماء المقطر، بعد ذلك، نقوم بالتحريك باستخدام قضيب مغناطيسي مع التسخين 60°C لمدة ساعة، نقوم بترشيح العينة، تُكرر العملية باستخدام محلول ماء الجافيل حتى يتم الحصول على مستخلص أبيض [6، 7].

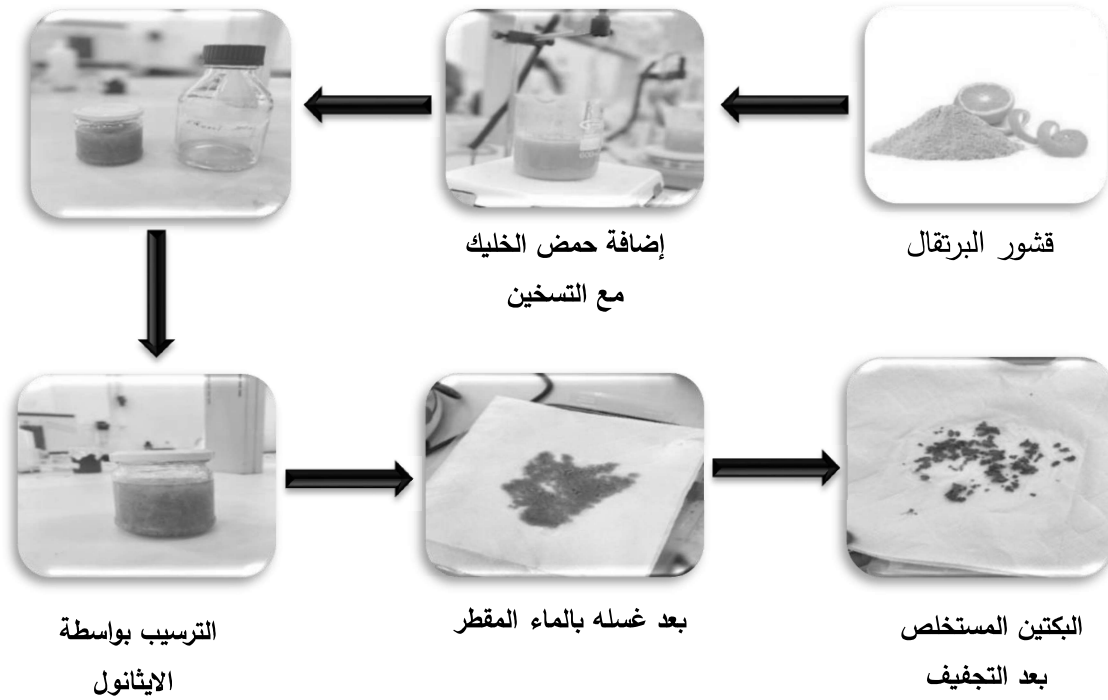


الشكل (III-2): مراحل استخلاص السيليلوز من قشور الفول السوداني.

III.3.3. استخلاص البكتين:

تمت إضافة 10 غ من مسحوق قشور البرتقال (*Citrus sinensis*) إلى 300 مل من الماء المقطر، ثم أضفنا حمض الخليك بتركيز 1 مولاري، حيث تم تعديل الرقم الهيدروجيني إلى 2. بعد ذلك، خضع الخليط لعملية تقليب مستمرة وتسخين عند 80 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة حتى أصبح متجانساً. ساعد استخدام حمض الخليك المخفف مع التسخين على تحلل البروتوبكتين إلى بكتين، مما عزز عملية ترسيبه، قسم المزيج إلى نصفين، حيث وضع النصف الأول في عبوة، بينما خضع النصف الآخر للترشيح. وغسل بالماء المقطر ثم أضيف 75 مل من الإيثانول إلى الجزء الأول وترك في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة، مما أدى إلى ترسيب البكتين [8, 9].

في المرحلة الأخيرة، جُفف البكتين في فرن عند 50 درجة مئوية لمدة 24 ساعة، ثم سُحق وحُفظ في مكان جاف لضمان استقراره.



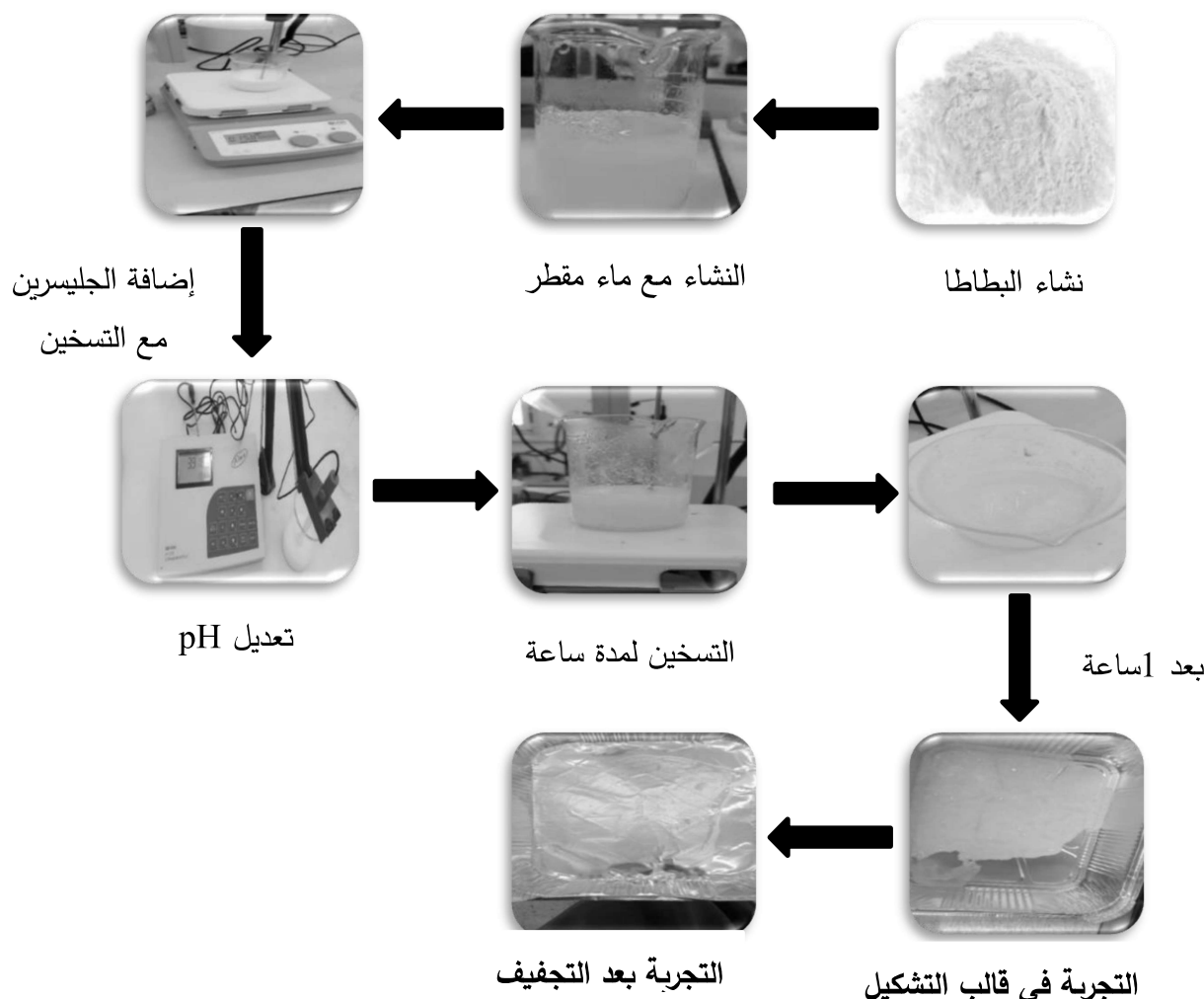
الشكل (III-3): مراحل استخلاص البكتين من قشور البرتقال.

4.III. تجارب تحضير البلاستيك الحيوي:

1.4.III. التجربة الأولى:

تم إذابة 10 غ من نشاء البطاطا في 250 مل من الماء المقطر، مع إضافة 90 مل من الماء وتحريكه جيدا، بعد ذلك تم تسخين الخليط عند درجة حرارة 60 درجة مئوية لمدة 15 دقيقة مع التحريك المستمر، ثم أضيف 3 غ من الجلسرين، واستمر التحريك لمدة 15 دقيقة أخرى، بعد ذلك تم تعديل درجة الحموضة تدريجياً بإضافة حمض الخل حتى وصلت إلى pH=4 [10].

بعد ضبط الحموضة ثم رفع درجة الحرارة إلى 70 درجة مئوية، وترك الخليط لمدة ساعة حتى أصبح ذا قوام هلامي. أخيراً تم صب المزيج في قالب وترك ليحفظ في المجفف عند 60 درجة مئوية لمدة 24 ساعة.



الشكل (III-4): مراحل انتاج البلاستيك الحيوي القائم على نشاء.

III.2.4. التجربة الثانية:

تم اذابة 10 غ من النشا في 90 مل من الماء المقطر داخل بيشر سعة 250 مل مع التحريك المستمر حتى تمام الذوبان، ثم يُسخّن المحلول عند 60°C مع التحريك لمدة 15 دقيقة، في هذه الأثناء يُضاف 1 غ من السليلوز إلى حمض الخليك حتى الوصول إلى $\text{pH} = 4$ ، ويترك في تحريك لمدة 5 دقائق، ثم يُضاف إلى خليط النشاء مع التحريك المستمر لمدة 15 دقيقة حتى يمتزج تماما، بعد ذلك يضاف 5 مل من الجليسرين، ثم تُرفع درجة الحرارة إلى 70°C ، ويترك الخليط لمدة ساعة لضمان استقرار القوام [11].

أخيرًا يُسكب الخليط في طبق بتري ويوضع في المجفف عند 60°C لمدة 24 ساعة حتى يجف

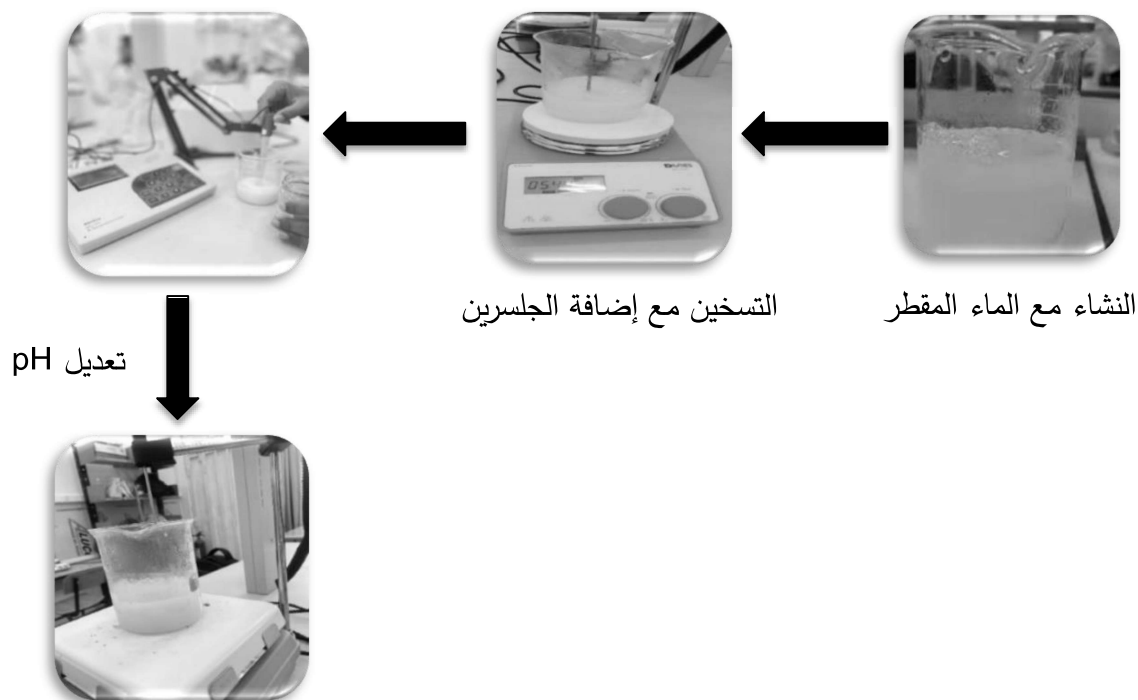
تمامًا.



الشكل (III-5): مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالسيليلوز.

III.3.4. التجربة الثالثة:

في هذه التجربة، تم إذابة 5 غ من نشاء البطاطا في 250 مل من الماء المقطر وتحريكه جيدًا ثم تسخينه إلى 60°C مع التحريك المستمر لمدة 15 دقيقة، بعد ذلك أضيف 3 غ من الجلسرين واستمر التحريك لمدة 15 دقيقة أخرى. تم تعديل درجة الحموضة تدريجيًا بإضافة مزيج من البكتين وحمض الخليك المحضر مسبقًا حتى وصلت إلى pH 4، ثم رُفعت درجة الحرارة إلى 70°C مئوية، وترك الخليط لمدة ساعة حتى أصبح ذا قوام هلامي. أخيرًا صُب الخليط في قالب وترك ليُجف في المجفف عند 60°C مئوية لمدة 24 ساعة [12].



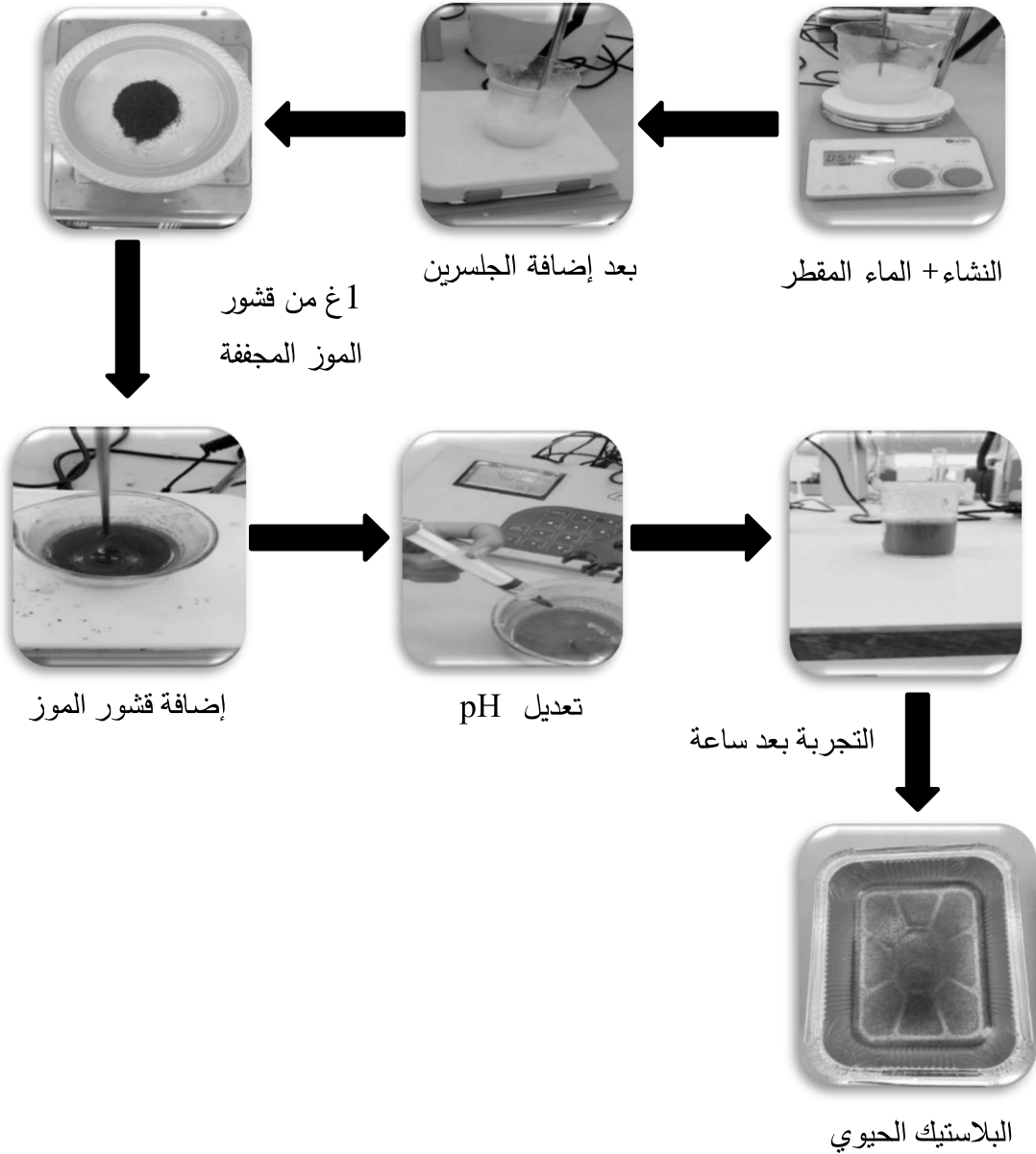
الشكل (III-6): مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالبكتين.

III.4.4. التجربة الرابعة:

يذاب 6 غ من النشاء في 100 مل من الماء المقطر داخل بيشر سعة 250 مل مع التحريك المستمر حتى تمام الذوبان. يُسخَّن المحلول إلى 60°C مع التحريك لمدة 15 دقيقة، ثم يُضاف تدريجيًا 10 مل من الجلسرين ويُترك ليمتزج جيدًا. بعد ذلك يُضاف 2 غ من قشور الموز المجففة والمطحونة في الخليط بعد 15 دقيقة يُضاف حمض الخليك لضبط الرقم الهيدروجيني إلى 4، ويُواصل التحريك وترفع درجة الحرارة إلى 70°C . ثم يُضاف 1 غ من السكر جلكوز و 2-3 قطرات من الزيت، ويُترك لمدة ساعة [13].

أخيرًا يُسكب الخليط في قالب التشكيل ويُجفف في مجفف عند 60°C لمدة 24 ساعة حتى يصبح

جاهزًا.



الشكل (III-7): مراحل انتاج البلاستيك الحيوي المدعم بقشور الموز .

III. 5.4. التجربة الخامسة:

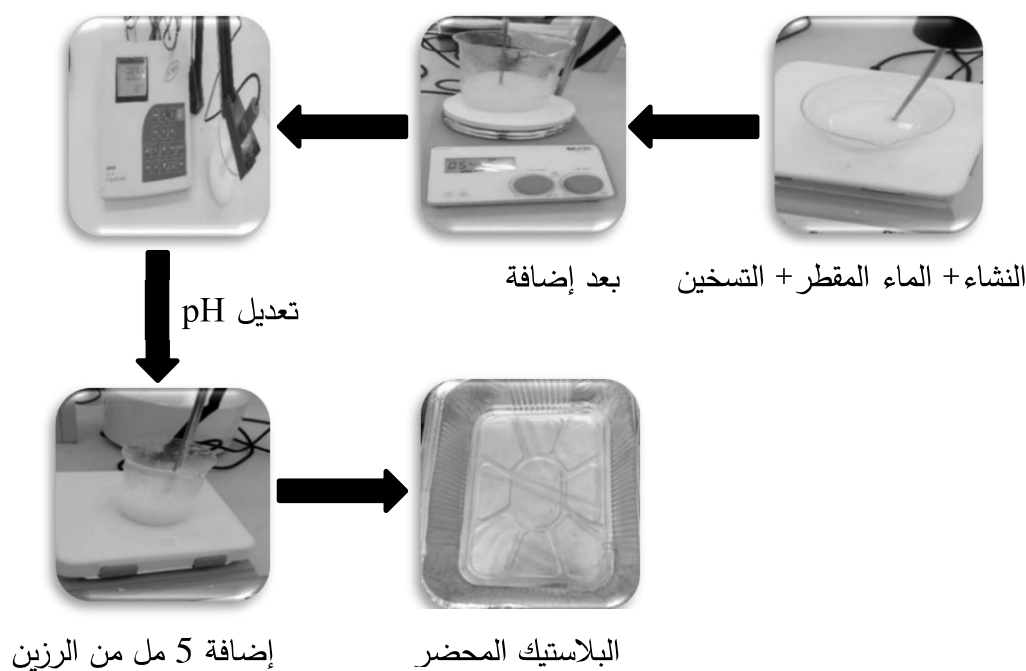
❖ استخلاص الراتينج:

❖ لإستخلاص مادة الراتينج، يتم وزن 10 غ من صمغ اللبان ووضعه في بيشر يحتوي على 50 مل وغمره بالهكسان، ثم يُترك لمدة 24 ساعة بعد انتهاء المدة، يُغسل اللبان جيّدًا بالماء المقطر

لإزالة أي بقايا غير مرغوب فيها. بعد ذلك يُضاف 30 مل من الماء المقطر إلى العينة، ثم تُسخن عند 60°C لمدة 30 دقيقة لضمان استخلاص المادة الفعالة [14].



أخيرًا يُصفى الخليط بعناية، ويُجمع السائل المستخلص لاستخدامه لاحقًا.



الشكل (III-8): مراحل استخلاص الراتينج.

يذاب 6 غ من النشا في 100 مل من الماء المقطر داخل بيشر سعة 250 مل مع التحريك المستمر حتى تمام الذوبان، يُسخن المحلول إلى 60°C مع التحريك لمدة 15 دقيقة، ثم يُضاف تدريجيًا 10 مل من الجلوسرين ويُترك ليمتزج جيدًا. بعد ذلك، يُضاف حمض الخليك لضبط الرقم الهيدروجيني

إلى 4 ، بعد 15 دقيقة، يضاف السائل المستخلص من صمغ اللبان وترفع درجة الحرارة إلى 70°C . ثم يُضاف 1 غرام من السكر و2-3 قطرات من الزيت، ويُترك لمدة 45 دقيقة [15، 16].

أخيرًا يُسكب الخليط في طبق ويُجفف في مجفف عند 60°C لمدة 24 ساعة حتى يصبح جاهزًا.



الشكل (III-9): مراحل إنتاج البلاستيك الحيوي المدعم بالراتينج.

III. 6.4. التجربة السادسة:

يذاب 10 غ من النشاء في 100 مل من الماء المقطر داخل بيشر بسعة 250 مل، مع التحريك المستمر حتى الذوبان الكامل. يُسخَّن المحلول إلى 60°C مع التحريك لمدة 15 دقيقة لضمان الامتزاج التام، يُضاف بعد ذلك 6 مل من الجليسرين، يذاب 3 غ من البكتين المجفف في حمض الخل حتى الذوبان التام، ثم يُضاف هذا المحلول إلى خليط النشاء ويُخلط جيدًا. يلي ذلك إضافة 1 غ من بيكربونات الصوديوم و1 غرام من كلوريد الكالسيوم، ثم تُرفع درجة الحرارة إلى 70°C ، ويُترك الخليط لمدة ساعة [17].

أخيرًا تُضاف 2-3 قطرات من الزيت، ويُترك الخليط حتى يتخذ قوامًا هلاميًّا، ثم يُسكب في طبق بتري ويوضع في المجفف عند 60°C لمدة 24 ساعة.

III. 5. تقنيات التحليل الكيميائي:

III. 1.5. المطيافية الأشعة تحت الحمراء:

المطيافية بالأشعة تحت الحمراء (IR) هي تقنية تحليلية تستخدم لدراسة المواد من خلال تفاعلها مع الأشعة تحت الحمراء. تعتمد هذه التقنية بشكل رئيسي على امتصاص المركبات للأشعة تحت الحمراء أطوال موجية محددة، مما يساعد في تحديد هويتها أو مكوناتها. تستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في التحليل الكيميائي.

كما تُعتبر مطيافية الأشعة تحت الحمراء من أهم وأدق الطرق الطيفية المستخدمة في تحليل وتوصيف المركبات. وتتميز بقدرتها على تحليل العينات في حالاتها الفيزيائية المختلفة. كما تتيح الأطياف الناتجة عن الأشعة تحت الحمراء استخلاص معلومات دقيقة حول المجموعات الوظيفية الموجودة في المركبات الكيميائية [18].

III.2.5. مبدأ:

غالبا ما يتم الإشارة إلى عدد الموجات للإشعاع بدلاً من ترددها أو طولها الموجي، وبالتالي يجب أن نعرف أن عدد الموجات (ν) يمثل عدد الاهتزازات للموجة في وحدة الطول ويتم تعريفه على النحو التالي $\nu = 1/\lambda$ ، حيث λ هو طول الموجة في الفراغ ويُعبر عنه بوحدات السنتيمتر، وبالتالي وحدة عدد الموجة هي سم⁻¹ [19، 20].

ونذكر الآن أن منطقة الأشعة تحت الحمراء في الطيف تشمل منطقة طول الموجة بين حوالي 0.8 و 1000 ميكرومتر (أو عدد الموجات من 12,800 إلى 10 سم⁻¹)، ومن المفيد، سواء من حيث التطبيقات أو من حيث الأدوات، تقسيم هذه المنطقة من الطيف إلى ثلاث مناطق:

- الأشعة تحت الحمراء القريبة: من 0.8 إلى 2.5 ميكرومتر (من 12,800 إلى 4000 سم⁻¹)
- الأشعة تحت الحمراء المتوسطة: من 2.5 إلى 25 ميكرومتر (من 4000 إلى 200 سم⁻¹)
- الأشعة تحت الحمراء البعيدة: من 25 إلى 1000 ميكرومتر (من 200 إلى 10 سم⁻¹)

كما يجب ملاحظة أن المنطقة الأكثر أهمية من الناحية التحليلية تقع بين 4000 و 670 سم⁻¹، تتمتع الطيفية تحت الحمراء بتطبيقات واسعة جداً من حيث التحليل سواء النوعي أو الكمي. استخدامها الأكثر شيوعاً هو التعرف على المركبات العضوية لأن الطيف الخاص بمركب عضوي [21، 22].



الشكل (III-11): مطيافية الأشعة تحت الحمراء

III.3.5. حيود الأشعة السينية X:

الأشعة السينية (X-rays) هي إشعاع كهرومغناطيسي عالي الطاقة قادر على اختراق المواد المختلفة، بما في ذلك جسم الإنسان، تستخدم في المجال الطبي لإنشاء صور تعرف بالأشعة التشخيصية (Radiographs)، والتي تساعد في كشف الكسور والمشاكل الصحية. تعتمد جودة الصورة على اختلاف امتصاص الأنسجة للأشعة، حيث تظهر العظام بيضاء، بينما تبدو الأنسجة الرخوة بدرجات رمادية [23].

III.4.5. مبدأ:

تُنتج الأشعة السينية عندما يتم تسريع الإلكترونات عبر مجال كهربائي ثم تصطدم بأنود معدني، تتسارع هذه الإلكترونات بسبب فرق الجهد بين الكاثود (المهبط) والأنود (المصعد). عند اصطدام الإلكترونات بالأنود، تتحول طاقتها إلى طاقة ضوء سيني (أشعة سينية) نتيجة لتفاعلات تحدث داخل الذرات في المادة المستهدفة، تُسبب هذه التفاعلات إطلاق فوتونات ذات طاقة عالية تُعرف بالأشعة السينية [24].

يُنتج جزء صغير فقط من الطاقة في صورة أشعة سينية، حيث أن معظم الطاقة تتحول إلى حرارة، وتُقاس كفاءة هذا التحويل باستخدام معادلة تُعطي نسبة الطاقة التي تتحول إلى أشعة سينية بالنسبة للطاقة التي يُعطيها الإلكترون. هذه الكفاءة تُعطى بالعلاقة [25]:

$$\eta \approx 1,1 \times 10^{-9} \times Z \times V$$

حيث Z هو العدد الذري للمادة المستهدفة، و V هو فرق الجهد بين الكاثود والأنود.

III.6. الاختبارات:

III.6.1. اختبار امتصاص الماء:

تم تحضير عينات من البلاستيك وتم تسجيل وزنها الابتدائي (W_i). بعد ذلك، وُضعت العينات في اكواب يحتوي 30 مل من الماء عند درجة حرارة الغرفة، وتركّت لمدة 24 ساعة [26].

عقب انتهاء المدة، أُزيلت العينات من الماء، وجففت بلطف باستخدام ورق ماص، ثم تم قياس الوزن النهائي (W_f).

تم حساب نسبة امتصاص الماء باستخدام المعادلة التالية:

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

W_i : وزن العينة الابتدائي (g).

W_f : وزن العينة النهائي (g).

المعادلة (III-1): نسبة امتصاص الماء

III.6.2. تأثير القلويات:

تم قطع فيلم البلاستيك الحيوي إلى عينات بأبعاد 3×3 سم، بعد ذلك، وُضعت العينات في محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بتركيز 2 مولاري لمدة 30 يوم. بعد انتهاء فترة المعالجة، أُزيلت العينات وغُسّلت جيّدًا بالماء المقطر، ثم جُفّفت وبعد التجفيف تم حساب النسبة المئوية لفقدان الكتلة لتقييم تأثير القلويات على الفيلم [27].

III.3.6. التحلل في التربة:

تم تحضير عينات من البلاستيك الحيوي بأبعاد 3×3 سم، وتم دفنها في اكواب تحتوي على التربة بهدف دراسة سلوكها التحللي بمرور الزمن، وقد تمت متابعة العينات بشكل دوري لتوثيق التغيرات الفيزيائية والمظاهر الدالة على بدء عملية التحلل الحيوي [27، 28].

III.4.6. حساب مؤشر الانتفاخ:

لحساب امتصاص الماء (مؤشر الانتفاخ) للعينة، تم وضع قطعة 2 cm^2 من العينات في المجفف لمدة 4 ساعات عند درجة حرارة 40°C ، ثم وزنها ثم غسلها في الماء المقطر لمدة ساعتين، وبعدها يتم وزنها مرة أخرى، حيث تم حساب نسبة التبلل بالعلاقة التالية:

$$\% = \left(\frac{mf - mi}{mi} \right) \times 100$$

mf = كتلة العينة بعد وضعها في الماء

mi = كتلة العينة قبل وضعها في الماء

المعادلة (III-1): نسبة التبلل

III.5.6. حساب نسبة الرطوبة:

تم اخذ قطعة 2 cm^2 من كل عينة ووضعتها في الفرن لمدة 4 ساعات عند درجة حرارة 40°C ، ثم وزنها تترك في درجة حرارة الجو لمدة 24 ساعة، ثم يتم قياس الوزن مرو أخرى وذلك لحساب نسبة الرطوبة لعينات فيلم البلاستيك بالعلاقة التالية:

$$\% = \left(\frac{mf - mi}{mi} \right) \times 100$$

mf = كتلة العينة بعد تركها في الجو

mi = كتلة العينة قبل تركها في الجو

المعادلة (III-1): نسبة الرطوبة.

III.7. حساب المردود:

تم حساب مردود النشاء المستخلص من درنات لباطا وهو نسبة بين كتلة النشاء المستخلص وكتلة درنات الباطا قبل الاستخلاص.

خلاصة:

تحتاج كل مادة مصنعة إلى خضوع مجموعة من الاختبارات لتحديد خصائصها الكيميائية والفيزيائية وغيرها. تمكنا هذه الاختبارات من تقييم جودة المادة، وتحديد مجالات استخدامها المناسبة، فضلاً عن قياس نجاحها في تطبيقات مختلفة.

المراجع:

- [1] L. KLAAL, I. Sonia, D. HAMMICHE, and A. BOUKERROU, "Preparation and Characterization of Starch Based Bioplastic Film from Potatoes."
- [2] I. Cepeda, E. Diaz, P. García, M. Tavera, C. P. Cervera, and A. P. Franco, "Characterization of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Starch from Two Clones and Evaluation of Its Properties for Industrial Uses," in *2016 AIChE Annual Meeting*, 2016.
- [3] M.-G. Dorantes-Fuertes, M. C. López-Méndez, G. Martínez-Castellanos, R. Á. Meléndez-Armenta, and H.-E. Jiménez-Martínez, "Starch extraction methods in tubers and roots: A systematic review," *Agronomy*, vol. 14, p. 865, 2024.
- [4] S. Magalhães, C. Fernandes, J. F. Pedrosa, L. Alves, B. Medronho, P. J. Ferreira, *et al.*, "Eco-friendly methods for extraction and modification of cellulose: an overview," *Polymers*, vol. 15, p. 3138, 2023.
- [5] P. Ganguly, S. Sengupta, P. Das, and A. Bhowal, "Valorization of food waste: Extraction of cellulose, lignin and their application in energy use and water treatment," *Fuel*, vol. 280, p. 118581, 2020.
- [6] R. Khan, R. Jolly, T. Fatima, and M. Shakir, "Extraction processes for deriving cellulose: A comprehensive review on green approaches," *Polymers for Advanced Technologies*, vol. 33, pp. 2069-2090, 2022.
- [7] P. Ganguly, S. Sengupta, P. Das, and A. Bhowal, "Synthesis of cellulose from peanut shell waste and its use in bioethanol production," *Bioresource utilization and bioprocess*, pp. 81-91, 2020.
- [8] A. K. Tiwari, S. N. Saha, V. P. Yadav, U. K. Upadhyay, D. Katiyar, and T. Mishra, "Extraction and characterization of pectin from orange peels," *International Journal of Biotechnology and Biochemistry*, vol. 13, pp. 39-47, 2017.
- [9] S. Yeoh, J. Shi, and T. Langrish, "Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels," *Desalination*, vol. 218, pp. 229-237, 2008.
- [10] V. Le, "Bio-plastics production from starch," 2020.
- [11] M. Lubis, M. B. Harahap, M. H. S. Ginting, M. Sartika, and H. Azmi, "Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers," *J. Eng. Sci. Technol*, vol. 13, pp. 381-393, 2018.
- [12] J. S. Yaradoddi, N. R. Banapurmath, S. V. Ganachari, M. E. M. Soudagar, A. M. Sajjan, S. Kamat, *et al.*, "Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 17, pp. 3186-3197, 2022.
- [13] J. Yaradoddi, V. Patil, S. Ganachari, N. Banapurmath, A. Hunashyal, A. Shettar, *et al.*, "Biodegradable plastic production from fruit waste material and its sustainable use for green applications," *Int. J. Pharm. Res. Allied Sci*, vol. 5, pp. 72-81, 2016.
- [14] J. de Souza Correa, R. R. dos Santos, and F. J. Anaissi, "Purification and Characterization of Colophony Extracted of *Pinus elliottii* (Engelm, var. *elliottii*)," *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry*, pp. 200-203, 2018.

- [15] M. Aldas, J. Ferri, J. Lopez-Martinez, M.-D. Samper, and M. P. Arrieta, "Effect of pine resin derivatives on the structural, thermal, and mechanical properties of Mater-Bi type bioplastic," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 137, p. 48236, 2020.
- [16] M. Aldas, C. Pavon, J. López-Martínez, and M. P. Arrieta, "Pine resin derivatives as sustainable additives to improve the mechanical and thermal properties of injected moulded thermoplastic starch," *Applied Sciences*, vol. 10, p. 2561, 2020.
- [17] B. R. Mose and S. M. Maranga, "A review on starch based nanocomposites for bioplastic materials," *Journal of Materials Science and Engineering. B*, vol. 1, p. 239, 2011.
- [18] C. Du and J. Zhou, "Evaluation of soil fertility using infrared spectroscopy: a review," *Environmental Chemistry Letters*, vol. 7, pp. 97-113, 2009.
- [19] 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.
- [20] J. Workman, "A review of process near infrared spectroscopy: 1980–1994," *Journal of near infrared spectroscopy*, vol. 1, pp. 221-245, 1993.
- [21] Y. Chen, C. Zou, M. Mastalerz, S. Hu, C. Gasaway, and X. Tao, "Applications of micro-fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) in the geological sciences—a review," *International journal of molecular sciences*, vol. 16, pp. 30223-30250, 2015.
- [22] C. Berthomieu and R. Hienerwadel, "Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy," *Photosynthesis research*, vol. 101, pp. 157-170, 2009.
- [23] A. Ali, Y. W. Chiang, and R. M. Santos, "X-ray diffraction techniques for mineral characterization: A review for engineers of the fundamentals, applications, and research directions," *Minerals*, vol. 12, p. 205, 2022.
- [24] H. Khan, A. S. Yerramilli, A. D'Oliveira, T. L. Alford, D. C. Boffito, and G. S. Patience, "Experimental methods in chemical engineering: X-ray diffraction spectroscopy—XRD," *The Canadian journal of chemical engineering*, vol. 98, pp. 1255-1266, 2020.
- [25] A. A. Bunaciu, E. G. Udrişţioiu, and H. Y. Aboul-Enein, "X-ray diffraction: instrumentation and applications," *Critical reviews in analytical chemistry*, vol. 45, pp. 289-299, 2015.
- [26] S. Novisa, B. B. Nugroho, H. Budiastuti, and R. Manfaati, "Characterization and production of biodegradable plastics from cassava rubber starch and old newsprint using glycerol plasticizer," in *International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2020)*, 2020, pp. 23-26.
- [27] J. T. Mitantsoa, P. H. Ravelonandro, F. A. Andrianony, and R. R. Andrianaivoravelona, "Elaboration and characterization of bioplastic films based on bitter cassava starch (*Manihot esculenta*) reinforced by chitosan extracted from crab (*Shylla seratta*) shells," *arXiv preprint arXiv:2310.15172*, 2023.
- [28] Y. S. Mostafa, S. A. Alrumman, K. A. Otaif, S. A. Alamri, M. S. Mostafa, and T. Sahlabji, "Production and characterization of bioplastic by polyhydroxybutyrate accumulating *Erythrobacter aquimaris* isolated from mangrove rhizosphere," *Molecules*, vol. 25, p. 179, 2020.

الفصل الرابع

تحليل النتائج

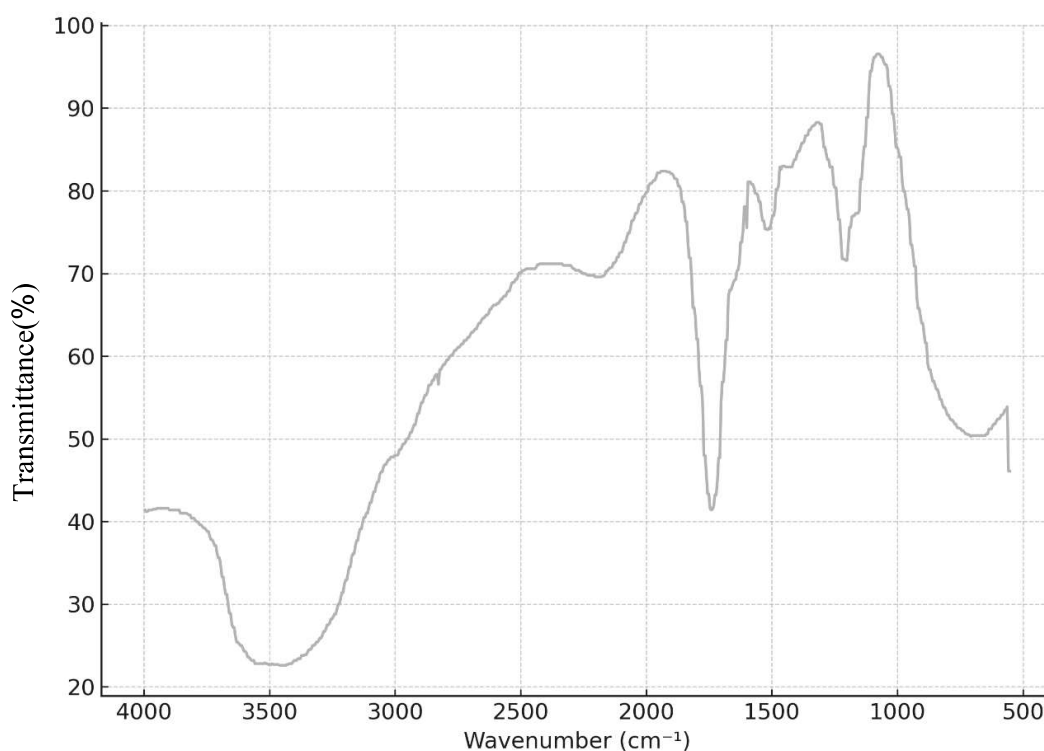
تمهيد:

لكل تجربة تحاليل ونتائج، ولكل نتائج مناقشة يتضمن هذا الجزء مناقشة التجارب وتحليلها التي قمنا بها في الجزء السابق مع تحليلها.

IV. دراسة خصائص العينات:

1.IV. تحليل بواسطة الأشعة تحت الحمراء FTIR:

لتحديد المجموعات الكيميائية الرئيسية وكذا ترابط عناصرها داخل عينة البلاستيك الحيوي من النشاء تم استخدام جهاز FTIR في درجة حرارة الغرفة كما يوضح الشكل (1-IV).



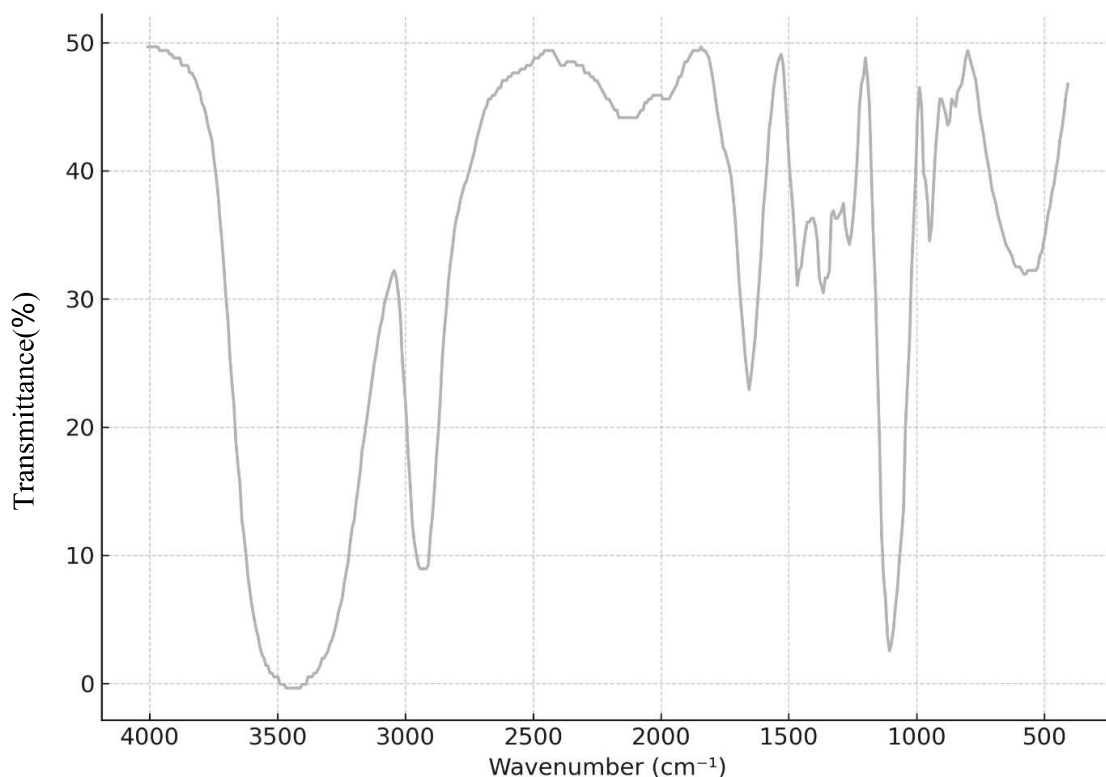
الشكل (1-IV): يوضح منحنى تحليل مطيافية الاشعة تحت الحمراء لبلاستيك النشاء.

1.1.IV. بلاستيك النشاء :

تم فحص المجموعات الوظيفية لبعض المركبات الكيميائية باستخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء، ووفقاً لنتائج دراسة تحويل فوربييه للأشعة تحت الحمراء الشكل (IV-1)، وقد ظهرت هذه القمم، مشيرةً إلى وجود مجموعات وظيفية مختلفة على البلاستيك الحيوي. توجد قمة عند 3600-3200 سم⁻¹ في منطقة الامتصاص، مما يدل على اهتزاز تمدد حمض الأسيتيك (O-H). تقع منطقة المجموعة الوظيفية C-H في نطاق الامتصاص بين 2900 و 3000 سم⁻¹، ومجموعة وظيفية C-O عند 1300-1000 سم⁻¹. علاوة على ذلك، تم تأكيد ذلك من خلال تكوين قمم مزدوجة مميزة عند 1076.06 سم⁻¹ و 1149.76 سم⁻¹ والتي تمثل اهتزازات تمدد الرابطة C-O والرابطة C-O-C في الإثيرات على التوالي. إن وجود اهتزاز تمدد الرابطة C-O والرابطة C-O-C يُحسن قوة شد البلاستيك الحيوي، وذلك بفضل الخاصية القطبية للرابطة C-O وعزمها ثنائي القطب. يزداد عزم ثنائي القطب مع زيادة طول الرابط، مما يزيد الضغط بين الجزيئات بين سلاسل البوليمر.

تتوافق المعلومات الموضحة أسبقاً مع الأبحاث التي وجدت مجموعات وظيفية O-H و C-H و C-O، وهي الهياكل التي تُكوّن صيغ المواد. وتتفق هذه النتيجة مع تقرير سابق حول تحضير البلاستيك الحيوي من النشا الطبيعي [1-3].

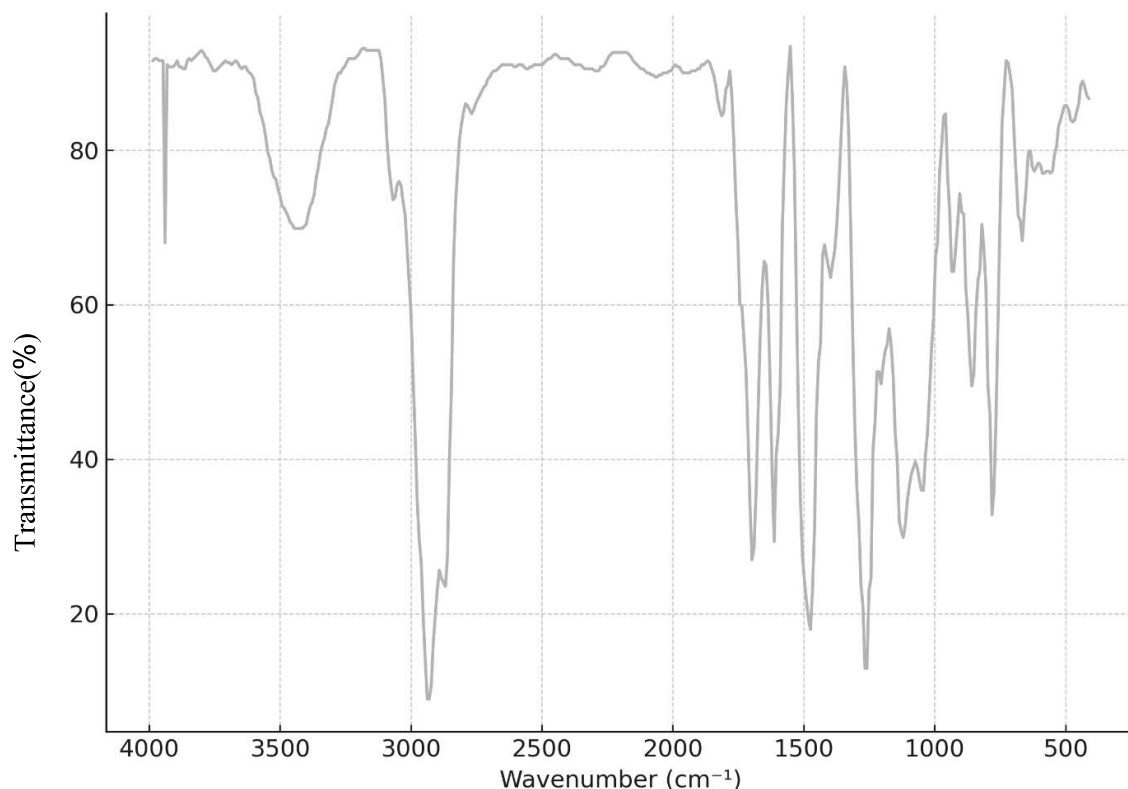
IV 2.1. النشاء مع بكتين:



الشكل (2-IV): يوضح منحنى تحليل مطيافية الاشعة تحت الحمراء لبلاستيك البكتين.

ظهر طيف FTIR للبلاستيك الحيوي المحضر من النشاء والبكتين (الشكل (2-IV))، شريط اهتزاز استطالة مجموعة الهيدروكسيل (OH) عند $3000-3700$ سم⁻¹، واهتزاز استطالة مجموعة الأليفاتية C-H عند $2800-3000$ سم⁻¹، كما ظهر تمدد اهتزاز قوي عند $1650-1750$ سم⁻¹ يعود إلى وظيفة الكربونيل (C=O-) لمجموعة إستر الميثيلين (COOCH₃-) والحمض الكربوكسيلي غير المتفكك (COOH-)، في حين أن التمدد عند $1500-1600$ سم⁻¹ يمثل اهتزاز الاستطالة غير المتماثل لأيون الكربوكسيلات (COOH-)، أما المنطقة المميزة في الطيف ضمن المجال $1000-1200$ سم⁻¹، فهي تُعزى إلى وحدة السكريات المتعددة الخاصة بالبكتين والنشاء، كما ظهر تمدد اهتزاز في المجال $1375-1450$ سم⁻¹ [4-6].

3.1.IV. النشاء مع الراتينج:



الشكل (IV-3): يوضح منحنى تحليل الأشعة تحت الحمراء لبلاستيك الراتينج.

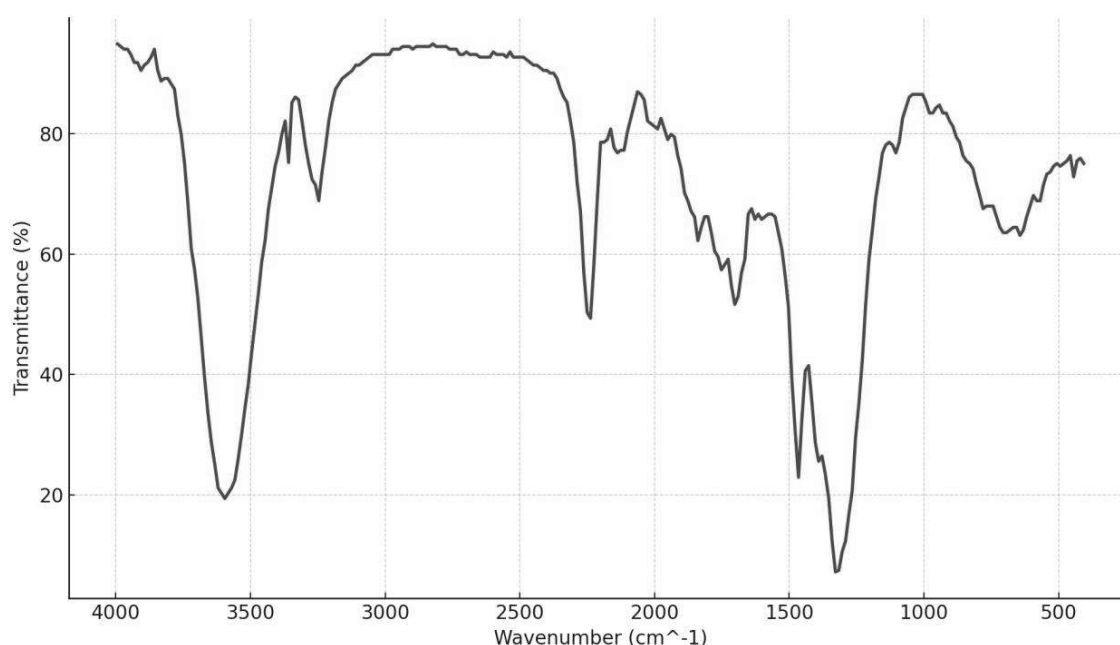
تم فحص المجموعات الوظيفية لبعض المركبات الكيميائية نوعيًا باستخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء.

ووفقًا لنتائج دراسة تحويل فورييه للأشعة تحت الحمراء الشكل (IV-3).

ظهرت هذه القمم، مشيرةً إلى وجود مجموعات وظيفية مختلفة على البلاستيك الحيوي المدعم بالراتينج توجد قمة عند 3650-3100 سم⁻¹ في منطقة الامتصاص مما يدل على اهتزاز وظيفية الهيدروكسيل O-H من حمض الأسيتيك، كما يوجد المجموعة الوظيفية H-C في نطاق الامتصاص بين 3800 و 3000 سم⁻¹ وتمثل تمدد النشاء والمجموعة الوظيفية C=O عند 1750-1700 سم⁻¹ والتي

توضح امتداد مادة الراتينج، ووجود قمة للوظيفة C-O ما بين 1000-1350 سم⁻¹ التي تؤكد وجود قمة حادة عند 1730 سم⁻¹ والتي تمثل اهتزاز الرابطة C=O المكونة من تفاعل النشاء والراتينج، هذه الرابطة المكونة تحسن من الترابط بين الجزيئات، ما يزيد من الصلابة و مقاومة الماء للبلاستيك المحضر [7].

4.1.IV. النشاء مع السيليلوز :



الشكل (4-IV): يوضح المنحنى تحليل مطيافية الأشعة تحت الحمراء لبلاستيك السيليلوز.

تم فحص باستخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء لعينة بلاستيك المدعم بالسيليلوز يوضحها الشكل

(4-IV).

ظهرت هذه التمددات، مشيرةً إلى وجود مجموعات وظيفية مختلفة و تعزى تواجد القمة عند

3650-3300 سم⁻¹ في منطقة الامتصاص، مما يدل على اهتزاز وظيفة الهيدروكسيل O-H في

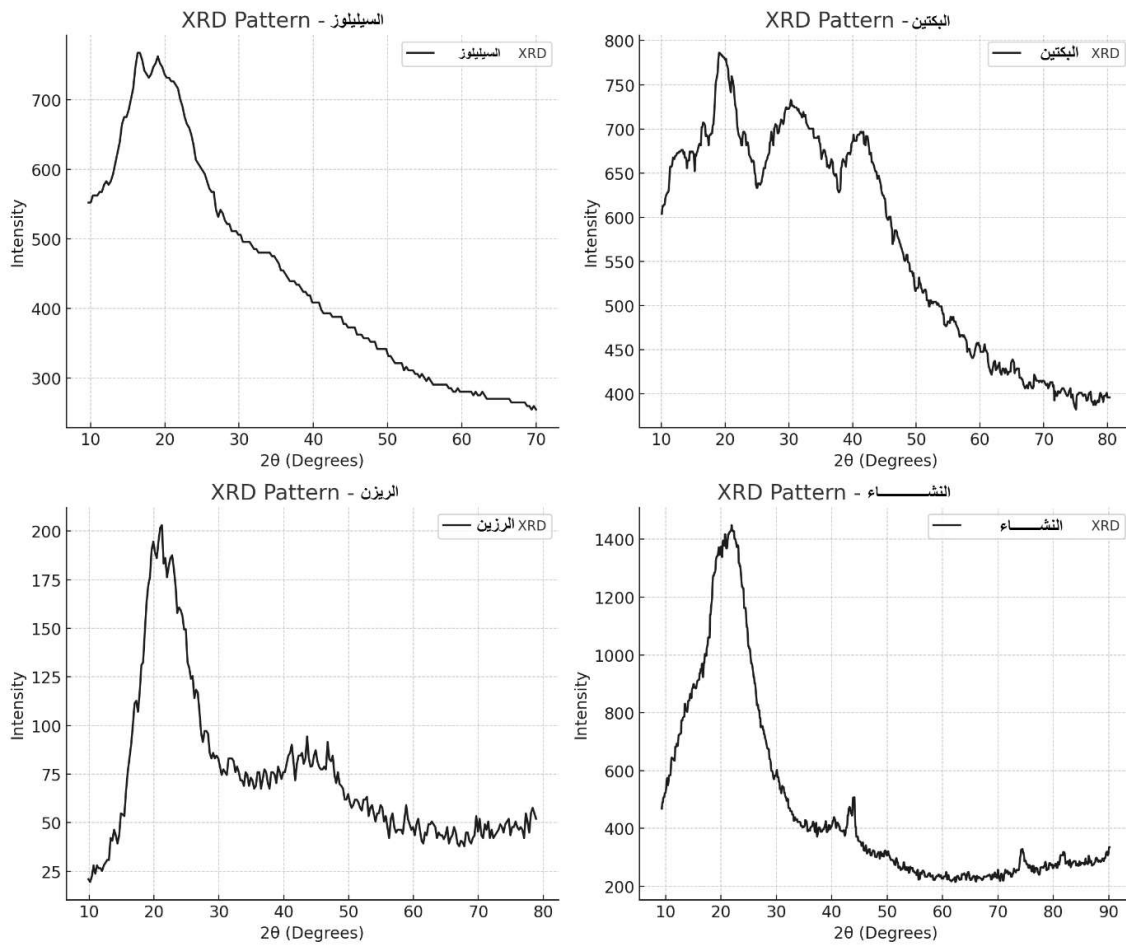
حمض الأستيك كما يوجد منطقة 1700-1400 سم⁻¹ لوظيفة C-H والتي تعبر عن تمدد

سلاسل النشاء والسليولوز كما تظهر اهتزازات امتداد C-O و C-O-C عند 1150-1000 سم⁻¹ الناتجة عن روابط الغلوكوز في النشاء والسليولوز.

هذه الرابطة المكونة تمثل الهيكل البنائي للبلاستيك كما تُحسن من الترابط بين الجزيئات، ما يزيد من مرونة واستقرار البلاستيك المحضر [8، 9].

2.IV. تحليل بواسطة حيود الأشعة السينية X:

لتحديد درجة التبلور للبلاستيك الحيوي من النشاء تم استخدام جهاز حيود الأشعة X لفحص العينات كما هو موضح في الشكل (5-IV):



الشكل (5-IV): يوضح منحنيات تحليل الأشعة السينية X لمختلف عينات البلاستيك الحيوي.

1.2.IV. البلاستيك المدعم بالنشاء :

تم فحص البنية الداخلية للمادة باستخدام مطياف الأشعة السينية X ووفقاً لنتائج الدراسة قد أظهرت قمم الذروة الحيود عند حوالي 22.6° والتي تدل إلى البنية البلورية للبلاستيك الحيوي القائم على النشاء، يُظهر البلاستيك الحيوي المنتج ذروة حيودية أكثر حدة وضيقة عند زاوية 2θ تساوي 22.6° ، مما يدل على درجة تبلور عالية [10، 11].

2.2.IV. البلاستيك المدعم بالبكتين :

أظهرت أطياف XRD لعينة البلاستيك الحيوي المدعم بالبكتين عدم وجود قمم حادة، مما يؤكد الطبيعة غير المتبلورة للعينة المحضرة ويُعزى ذلك إلى تكوّن روابط الإستر بين البوليمرات الحيوية (النشاء والبكتين) والملدنات حمض الأسيتيك والجليسيرول أثناء البلمرة مع انخفاض في تكوّن روابط الهيدروجين. هذا الانخفاض في التبلور أو في البنية شبه المتبلورة يتفق مع أبحاث سابقة [12، 13]، ويُعزى إلى التفاعلات الهيدروجينية بين الجزيئات، وهو ما تدعمه أيضاً ملاحظات FTIR. ويظهر البلاستيك المعتمد على البكتين عادة طبيعة غير متبلورة مع قمم عريضة مميزة ظهرت عند زوايا: 13° و 20° و 31° و 41° ، وهذا يشير إلى أن المعالجة الحرارية في للبلاستيك النشاء والبكتين الحيوية بوجود الملدنات أدت إلى تكوين بنية بلورية لولبية، مع انخفاض في حركة السلاسل.

3.2.IV. البلاستيك المدعم بالراتينج :

تم تحليل العينة بهدف تحديد الطبيعة البلورية والغير بلورية حيث يظهر نمط حيود الأشعة السينية في الشكل (IV-5) لعينة بلاستيك المدعم بالراتينج، وجود قمة حادة رئيسية عند حوالي 20° مما يدل على الطبيعة الشبه البلورية لنشاء مع الراتينج، كما تظهر قمم عريضة صغيرة عند 40° الى 50° التي

تدل على المرحلة الغير متبلورة للراتينج ناتجة عن التفاعلات الكيميائية والفيزيائية بين المكونات التي قد تؤثر ايجابا على الخواص الميكانيكية المتمثلة في صلابة وشدة تماسك البلاستيك [14، 15].

4.2.IV. البلاستيك المدعم بالسليولوز:

بعد خضوع العينة لتحليل حيود الأشعة السينية (XRD)، بهدف تحديد طبيعة المواد المتبلورة حيث يظهر المنحنى حيود الأشعة السينية لعينة بلاستيك النشاء المدعم بالسليولوز، ووفقاً للنتائج يظهر وجود قمم عند 20° – 17° مما يدل على وجود هيكل غير متبلور لنشاء مع السليولوز بعد ذلك نلاحظ انحدار تدريجي للمنحنى بحكم ان النشاء والسليولوز كلاهما يحتويان على مكونات غير متبلورة [16، 17].

3.IV. المردود :

الجدول (IV-1): يوضح الجدول مردود المواد المستخلصة.

المادة المستخلصة	الكتلة الاولى	الكتلة النهائية	المردود
النشاء	5000 غ	199.4 غ	3.98%
السليولوز من قشور الفول السوداني	30 غ	1.77 غ	5.9%
البكتين من قشور البرتقال	25 غ	1.43 غ	5.72%

4.IV. نسبة الرطوبة والانتفاخ:

من خلال النتائج الموضحة في الجدول ادناه نلاحظ: تباين واختلاف في نسبة الرطوبة ومؤشر الانتفاخ، وهذا يعود إلى اختلاف تركيبة وعناصر الموجودة في كل عينة من العينات الأربعة أي اختلاف في مادة المضافة للنشاء (سليولوز، بكتين، رزين) ومن ذلك نفهم ان معرفة مؤشر الانتفاخ ونسبة الرطوبة توضح لنا جودة البلاستيك الحيوي.

الجدول (IV -2): يوضح نسبة الرطوبة والانتفاخ لعينات البلاستيك.

العينات	مؤشر الانتفاخ	نسبة الرطوبة
البلاستيك -النشاء	%32.27	%0.86
البلاستيك -النشاء -البكتين	%62.44	%3.96
البلاستيك -النشاء -الراتينج	%43.25	%1.22
البلاستيك -النشاء -السيليلوز	%75.23	%2.85

5.IV. نتائج اختبار التربة و الوسط القلوي:

لقد تم وضع العينات في هذه الأوساط المختلفة، حيث تم تحليل كل العينات في الوسط القلوي بعد 30 يوم، وبعد 90 يوم تم تحليل جميع عينات البلاستيك الحيوي في التربة.



الشكل (IV -6): نتائج اختبار تحليل نتائج البلاستيك في التربة والوسط القلوي.

الخلاصة:

إن كل عينة من البلاستيك المحضر تمتلك خصائص وميزات خاصة ويعود هذا إلى أصل مكوناتها أي أصل المادة المضافة للنشاء والتي تتمثل في سليولوز، بكتين، راتينج، وغيره، حيث تختلف العينة باختلاف المادة المضافة ومنه نقول أن لكل نوع من البلاستيك له خصائص مختلفة عن الآخر.

المراجع:

- [1] A. A. Gabriel, A. Y. Rahmawati, Y. S. Taradipa, T. Enomae, R. Muhammad Nur Fauzan, K. Thangunpai, *et al.*, "Canna edulis ker. starch-based biodegradable plastic materials: mechanical and morphological properties," *Discover Materials*, vol. 4, p. 55, 2024.
- [2] S. Hidayati, U. Maulidia, W. Satyajaya, and S. Hadi, "Effect of glycerol concentration and carboxy methyl cellulose on biodegradable film characteristics of seaweed waste," *Heliyon*, vol. 7, 2021.
- [3] L. Ma'arif, U. Fitrass, and E. Sedyadi, "Bioplastic biodegradation based on ganyong umbi states with addition of sorbitol and CMC (Carboxy Methil Cellulose) in soil media," in *Proceeding International Conference on Science and Engineering*, 2020, pp. 429-435.
- [4] A. Arooj and M. Khan, "Starch/pectin as emerging renewable materials for fabrication of sustainable bioplastics for food packaging applications," 2023.
- [5] A. A. Enders, N. M. North, C. M. Fensore, J. Velez-Alvarez, and H. C. Allen, "Functional group identification for FTIR spectra using image-based machine learning models," *Analytical Chemistry*, vol. 93, pp. 9711-9718, 2021.
- [6] D. N. A. Zaidel, N. N. Zainudin, Y. M. M. Jusoh, and I. I. Muhamad, "Extraction and characterisation of pectin from sweet potato (*Ipomoea batatas*) pulp," *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 10, pp. 22-29, 2015.
- [7] E. Sahmetlioglu, H. Mart, H. Yuruk, and Y. Surme, "Synthesis and characterization of oligosacilylaldehyde-based epoxy resins," *Chemical Papers*, vol. 60, pp. 65-68, 2006.
- [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] C. Aurelia and M. Agnes, "Supriyanto and Ningrum A 2019 Effect of sodium hydroxide and sodium hypochlorite on the physicochemical characteristics of jack bean skin (*canavalia ensiformis*)," *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 18, pp. 193-200.
- [10] S. Wang and P. Guo, *Starch structure, functionality and application in foods*: Springer, 2020.
- [11] J. Kumirska, M. Czerwicka, Z. Kaczyński, A. Bychowska, K. Brzozowski, J. Thöming, *et al.*, "Application of spectroscopic methods for structural analysis of chitin and chitosan," *Marine drugs*, vol. 8, pp. 1567-1636, 2010.
- [12] D. Merino, P. Bellassi, U. C. Paul, L. Morelli, and A. Athanassiou, "Assessment of chitosan/pectin-rich vegetable waste composites for the active packaging of dry foods," *Food Hydrocolloids*, vol. 139, p. 108580, 2023.
- [13] A. F. Fracasso and C. Augusto, "Chemical modification of citrus pectin: Structural," 2017.
- [14] D. M. Mustafa, S. Rostam, and S. B. Aziz, "A Comparative Study on Structural, Morphological, and Tensile Properties of Binary and Ternary Epoxy Resin-Based Polymer Nanocomposites," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2020, p. 7914796, 2020.
- [15] M. Sharif and B. Pourabas, "Polythiophene-graphene oxide doped epoxy resin nanocomposites with enhanced electrical, mechanical and thermal properties," *RSC Advances*, vol. 6, pp. 93680-93693, 2016.
- [16] P. Florido-Moreno, J. J. Benítez, J. González-Buesa, J. M. Porras-Vázquez, J. Hierrezuelo, M. Grifé-Ruiz, *et al.*, "Plasticized cellulose bioplastics with beeswax for

- the fabrication of multifunctional, biodegradable active food packaging," *Food Hydrocolloids*, vol. 162, p. 110933, 2025.
- [17] N. Montoya-Escobar, D. Ospina-Acero, J. A. Velásquez-Cock, C. Gómez-Hoyos, A. Serpa Guerra, P. F. Gañan Rojo, *et al.*, "Use of fourier series in X-ray diffraction (XRD) analysis and fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) for estimation of crystallinity in cellulose from different sources," *Polymers*, vol. 14, p. 5199, 2022.

الخاتمة

الخاتمة

إن استغلال النشاء والسليلوز والبكتين من النباتات والمخلفات النباتية والغذائية يمكن أن يسمح لنا بتوفير مادة أو مواد أولية في إنتاج البوليمير الحيوي، حيث من خلال هذه الدراسة المقدمة قومنا باستغلال البطاطا وقشور البرتقال وقشور الفول السوداني، ومن حيث المردود النشاء 3.98% والسليلوز 5.9% والبكتين 5.72% وهي نسبة مقبولة ويمكن أن تتحسن مع مرور الوقت بابتكار طرق جديدة للاستخلاص، بعد تحضير البلاستيك الحيوي بعدة طرق و اضافات قمنا بدراسة هذه العينات من ناحية الخصائص الفيزيائية والكيميائية والتي تمثلت في تأثير هيدروكسيد الصوديوم لمعرفة مدى تأثير الوسط القاعدي والتغيرات التي تطرأ عليه كما درسنا مدى تأثير التربة على العينات لدراسة مدى تحللها في التربة، كذلك قمنا بحساب نسبة الرطوبة والانتفاخ، جهاز حيود الأشعة السينية XRD لمعرفة البنية البلورية للمواد التي تعزز تماسك البلاستيك. وكذلك التحلل الكيميائي الطيفي FTIR، تختلف الأفلام البلاستيكية باختلاف المواد المضافة إليها واختلاف خصائصها الميكانيكية كقوى الشد والمرونة مما يسمح باختلاف تطبيقاتها، فهي تستعمل في العديد من المجالات مثل التعبئة والتغليف والطب والزراعة وغيرها حيث يعتبر هذا النوع من البلاستيك آمناً وصديقاً للبيئة ولصحة البشرية.

في الأخير نطلب ونؤكد على أهمية المحافظة على البيئة والمواصلة في الأبحاث لتتضمن المخلفات الزراعية والغذائية بدراسة هذا الموضوع وفتح آفاق جديدة لتطويره.