الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الكيمياء

رقم الترتيب: .....

رقم التسلسلي: .....

مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر مهني في الكيمياء

تخصص كيمياء تحليلية

من إعداد الطالبتين:

- فرحاتي سامية

- هيبة شيماء

تحت عنوان:

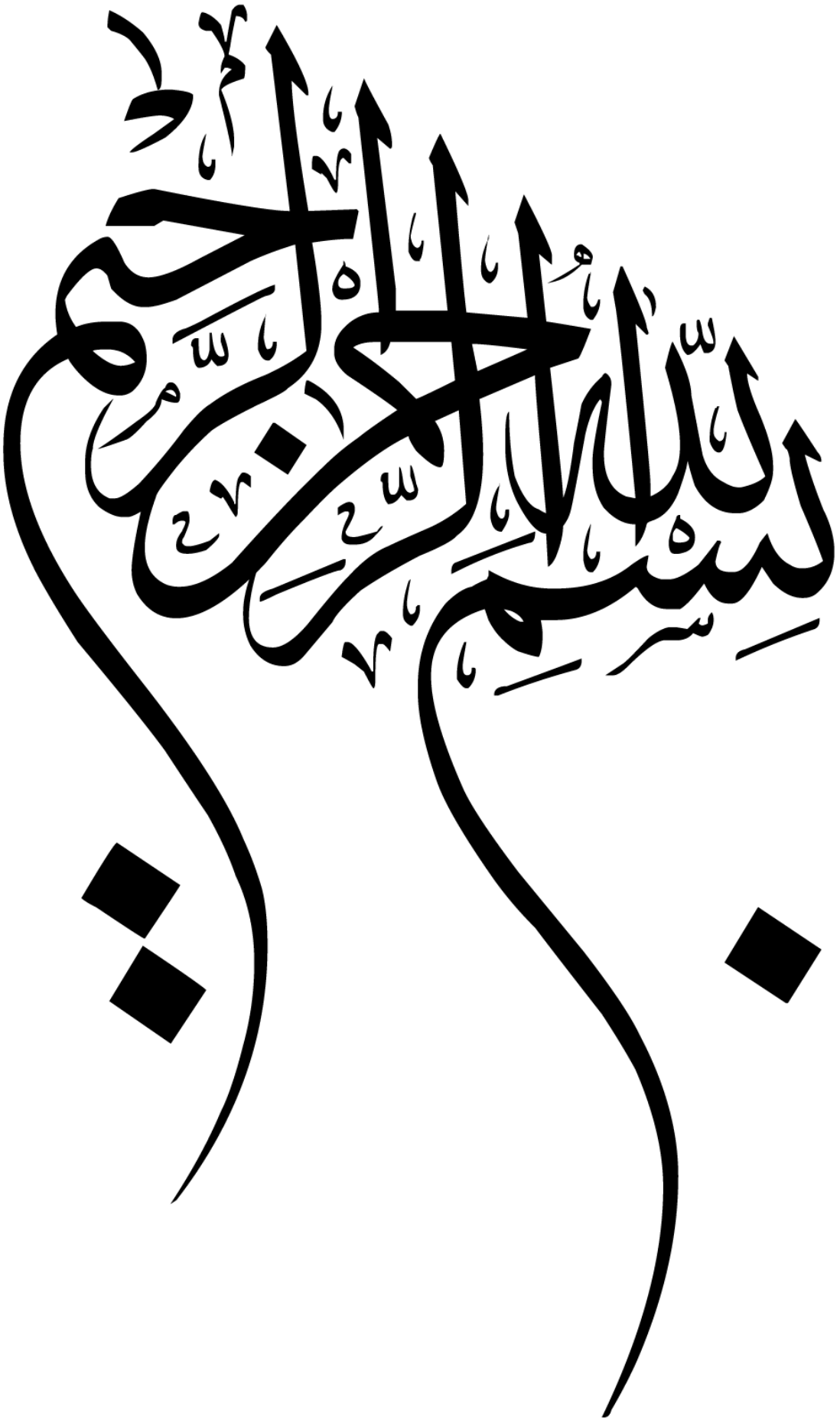
تطوير ضمادة ذكية قائمة على مستشعرات الكيميائية لتحليل الحموضة والرطوبة في بيئة الجرح

نوقشت يوم:29/ 2025/05

أمام اللجنة المكونة من:

نغموش نصر صالح	**أستاذ محاضرة "أ"**	**جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي**	**رئيس**
مصباحي محمد عادل	**أستاذ محاضرة "ب "**	**جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي**	**مقررا**
ربيعي عبد الكريم	**أستاذ تعليم عالي**	**جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي**	**مناقش**

السنة الجامعية: 2025/2024.


بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير:

قال الله تعالى: {وَلَقَدْ آتَيْنَا دَاوُودَ وَسُلَيْمَانَ عِلْماً وقَالَا الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي فَضَّلَنَا عَلَى كَثِيرٍ مِّنْ عِبَادِهِ الْمُؤْمِنِينَ} ﴿15 النمل﴾

الحمد والشكر لله الذي أعطانا من فضله ورحمته ويسر لنا أمورنا ونور دروبنا لإنجاز هذا العمل المتواضع، سائلين الله أن يوفقنا ويسدد خطانا ويبسط لنا خيرات العلم ويوفقنا فيما تبقى منه راجين من الله مزيدا من النجاح والتوفيق.

نتوجه بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى المؤطر الدكتور "**مصباحي محمد عادل** "على ما قدمه لنا من دعم وتوجيه طيلة فترة إنجاز هذا العمل.

كما نشكر أعضاء لجنة المناقشة الأساتذة من رئيس "**نصر صالح نغموش**" ومناقش "**عبد الكريم ربيعي**"

كما لا يفوتنا أن نعبر عن خالص امتناننا لمسؤول المخبر الأستاذ" **على طليبة**" ومخبريات المخابر البيداغوجية على ما قدموه لنا من تسهيلات وحرص دائم على توفير الظروف الملائمة لإتمام هذا العمل.

وأخيرا نتقدم بالشكر إلى جميع الأساتذة الأفاضل الذين رافقونا خلال سنوات دراستنا، وتركوا في نفوسنا أثرا طيبا بعلمهم وخلقهم، فلكم منا كل الاحترام والتقدير.

الإهداء

الحمد لله الذي ما تم جهد إلا بعونه.. وما ختم سعي إلا بفضله.

إلى من كلل العرق جبينه، وعلمني أن النجاح لا يأتي إلا بالعمل والإصرار، إلى الذي استدميت منه قوتي واعتزازي بذاتي "والدي العزيز "

إلى من جعل الجنة تحت أقدامها، وسهلت لي الشدائد بدعائها" أمي العزيزة "

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي إلى من شددت علضي بهم فكانوا لي ينابيع أرتوي منها، إلى خيرة أيامي وصفوتها، إلى" قرة عيني إخوتي وأخواتي "

إلى من اخترتها فما خاب الاختيار، إلى رفيقة دربي "شيماء"

إلى رفاق الخطوات الأولى والخطوة ما قبل الأخيرة، إلى من كانوا في السنوات العجاف سحابا ممطرا، إلى من لا تسعهم هذه المساحة ويسعهم قلبي: أسماء، ماريا، إكرام، مريم، سعيدة، فرح، خولة، صفاء وآسيا.

إلى كل من ساندني وكان له دور من قريب أو بعيد في إنجاز هذه المذكرة سائلة المولى أن يجزي كل واحد منكم خير الجزاء في الدنيا والاخرة.

سامية

الإهداء

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات حملت في طيلتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب، ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجي اقطف ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر، فاللهم لك الحمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفقتني على إتمام هذا العمل وتحقيق حلمي .... أهدي هذا النجاح

إلى الذي زين اسمي بأجمل الألقاب من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل

إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة إلى من غرس في روحي مكارم الاخلاق داعمي الأول في مسيرتي وسندي وقوتي وملاذي بعد الله ... إلى فخري واعتزازي (والدي)

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضنني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعواتها ...الى القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات سر قوتي ونجاحي ومصباح دربي الي وهج حياتي (والدتي)

إلى ضلعي الثابت وأمان ايامي الى ملهمي نجاحي ومن شددت عضدي بهم فكانوا لي ينابيع ارتويت منها إلى خيرة ايامي وصفوتها الى قرة عيني (أخوتي وأخواتي)

الى من كان حضوره الهادئ أكبر داعم لمن يفهم الصمت ويقرأ التعبير قبل الكلمات (خطيبي)

الى من رافقوني في حياتي وقضيت معظم أوقاتي معهم صديقاتي رفقات دربي الأعزاء

إلى من اخترتها فما خاب الاختيار، إلى رفيقة دربي "سامية"

لكل من كان عوناً وسنداً في هذا الطريق.. اهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته.

شيماء

الملخص:

تعد الجروح خاصة المزمنة منها تحديا صحيا يتطلب مراقبة دقيقة لتفادي المضاعفات وتأخر الشفاء. ومن هنا تبرز الحاجة إلى تطوير أنظمة مراقبة ذكية قادرة على تقديم مؤشرات فورية حول حالة الجرح. لخلق وسط خالٍ من البكتيريا في بيئة الجرح، استُخلصت المركبات النشطة من لحاء شجرة الجوز "Juglans regia " (السواك) باستخدام طريقة النقع بالماء والإيثانول ثم تم إضافة المستلخص ضمن فيلم سليلوزي. حيث تم تقدير محتوى الفينول والفلافونويد، بالإضافة إلى الاختبارات الكهروكيميائية والكيميائية لمضادات الأكسدةTAC . ثم اختُبر النشاط المضاد للبكتيريا ضد نوعين من البكتيريا الجروح للمستخلص. من جهة أخرى تم دمج كلوريد النحاس وأزرق البروميتيمول ضمن فيلم سيليلوزي لاستعمالهما كمؤشري للرطوبة والحموضة على الترتيب. ثم تم دمج الفيلمين على التوالي لتكوين الضمادة. ومن الاختبارات التي أجريت على هذه الأخيرة اختبار المحاكاة وإختبار نفاذية الهواء. أظهرت النتائج أن استخلاص لحاء الجوز في الماء أعطى عائدًا أعلى بنسبة 14% مقارنةً بالإيثانول، بينما كان محتوى الفينول والفلافونويد العكس. فيما يتعلق بالنشاط المضاد للبكتيريا أظهر المستخلص الإيثانولي تأثيرًا قاتلًا بتركيز 10 ملغ/مل، بينما بلغ التركيز القاتل للمستخلص المائي 20 ملغ/مل. هذا فيما يخص البكتيريا السطحية، أما بخصوص البكتيريا المزمنة فكانت التركيز القاتل 20ملغ/مل، و40ملغ/مل بالنسبة للمستخلص الإيثانولي والمستخلص المائي على التوالي. كما أظهر اختبار المحاكاة تغير لوني واضح بالنسبة للمؤشرين، وفي زمن لا يتجاوز 15 دقيقة. وكذلك ثبت نفاذية ومسامية الضمادة لمرور الأكسجين اللازم لالتئام الجرح. تعكس هذه النتائج إمكانية استخدام مستخلص لحاء الجوز في تطوير ضمادة طبية طبيعية ذات خصائص مضادة للبكتيريا، مما يعزز قيمته في التطبيقات الطبية الحيوية.

<u>الكلمات المفتاحية:</u> لحاء الجوز، الجروح، الضمادات الذكية، النشاط المضاد للبكتيريا، الرطوبة، الحموضة.

Abstract

Wounds, especially chronic ones, pose a significant health challenge that requires close monitoring to avoid complications and delayed healing. This highlights the need to develop smart monitoring systems capable of providing instant indicators about the wound's condition.To create a bacteria-free environment at the wound site, active compounds were extracted from walnut tree bark using a soaking method with water and ethanol, then incorporated into a cellulose film. The phenolic and flavonoid contents were evaluated, along with electrochemical and chemical antioxidant tests (TAC). The antibacterial activity of the extract was tested against two types of wound-related bacteria.On the other hand, copper chloride and bromothymol blue were integrated into a cellulose film to serve as moisture and pH indicators, respectively. Both films were then combined sequentially to form the wound dressing. This dressing underwent simulation and air permeability tests.The results showed that aqueous extraction of walnut bark yielded 14% more extract compared to ethanol. However, phenolic and flavonoid contents were higher in the ethanol extract. In terms of antibacterial activity, the ethanolic extract showed a lethal effect at a concentration of 10 mg/mL, whereas the aqueous extract required 20 mg/mL for the same effect. For chronic bacteria, the lethal concentrations were 20 mg/mL and 40 mg/mL for ethanolic and aqueous extracts, respectively.The simulation test revealed a clear color change in the indicators within no more than 15 minutes. The dressing also demonstrated adequate permeability and porosity for oxygen passage, which is essential for wound healing.These results suggest the potential use of walnut bark extract in developing a natural antibacterial medical dressing, enhancing its value in biomedical applications.

Keywords: Walnut bark, Waunds, Samart bandages, Antibacterial activity, Moisture, Acidity.

فهرس المحتويات:

	الصفحة
الملخص	I
Abstract	II
فهرس المحتويات	III
قائمة الصور	VIII
قائمة الأشكال	IX
قائمة الجداول	XI
قائمة الرموز	XII
مقدمة عامة	1
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول الضمادات	
تمهيد	4
1. تعريف الضمادات	4
2. نبذة تاريخية	4
3. خصائص الضمادة المثالية للجروح	5
4. بعض المواد المستخدمة في تحضير الضمادات	6
1.4. ذات مصادر طبيعية	6
2.4. ذات مصدر صناعي	9
5. تصنيف الضمادات	12
1.5. حسب المصدر	12
1.1.5. الضمادات ذات الأصل الحيواني	12
2.1.5. الضمادات ذات الأصل الصناعي	13
3.1.5. الضمادات ذات الأصل النباتي	14
2.5. حسب التسلسل الزمني	16
1.2.5. الضمادات التقليدية	15
2.2.5. الضمادات الحديثة	16
6. التحديات التي تواجه ضمادات الجروح الحالية	18

7.الضمادات الذكية 19

الفصل الثاني: الجروح

تمهيد 22
1. بنية الجلد 23
2. الأدوار الفيزيولوجية للجلد 23
1.2. الحماية 23
2.2. التنظيم الحراري 23
3.2. الإحساس 24
4.2. الإفراز والامتصاص 24
5.2. التجديد والإصلاح 24
6.2. الإنتاج الحيوي 24
7.2. التخزين 24
3. تعريف الجروح 24
4. أنواع الجروح 25
1.4. حسب درجة النظافة أو التلوث البكتيري: 25
2.4. من ناحية العمق 26
3.4. حسب المدة الزمنية للشفاء 26
5. الحروق 27
6. التئام الجروح 28
1.6. التئام جروح مرضى السكري 29
7. العوامل المؤثرة في التئام الجروح 29
1.7. العوامل الجهازية 29
2.7. العوامل الموضعية 30
8. استراتيجيات إدارة الجروح وربطها بتاريخ الضمادات 31
9. تصنيف الضمادات حسب نوع الجروح 32
10. دور المستخلصات النباتية في التئام الجروح 32
1.10. النباتات كمصدر للعلاجات الطبيعية 32
2.10. المستخلصات النباتية 33

3.10. آلية العمل	33
11. تعريف بكتيريا الجروح	33
12. آلية حدوث العدوى البكتيرية في الجروح	33
13. أنواع البكتيريا المسببة لالتهابات الجروح	34
14. المطهرات ودورها في مكافحة الميكروبات	36
1.14. تصنيف المطهرات وخصائصها	36
2.14. كيفية عمل المطهرات والعوامل المؤثرة على فعاليتها	36
الفصل الثالث: نبات الجوز	
تمهيد	39
1. التصنيف العلمي والتسمية	39
2. الموقع الجغرافي	39
1.2. موقعه في الجزائر	40
3. وصف النبات	40
4. التركيب الكيميائي	41
5. استعمالات النبات	42
الجزء التطبيقي	
الفصل الأول: المواد والطرق	
تمهيد	46
1. طرق أخذ العينات	46
1.1. المواد النباتية المدروسة	46
2. الأدوات والأجهزة المستعملة في الدراسة	47
3. مخطط العمل التجريبي	48
4. طرق العمل	49
1.4. الاستخلاص الايثانولي والمائي للحاء الجوز	49
3.4. التقدير الكمي للفينولات والفلافونيدات للمستخلصات	49
4.4. تقدير الفعالية المضادة للأكسدة	51
أ- تقدير الفعالية بالطرق الكيميائية	51
ب- تقدير الفعالية بالطرق الكهروكيميائية	51

5.4. النشاط المضاد للبكتيريا	55
2.المواد الداخلة في صناعة الأفلام	57
6.4. استخلاص النشاء	57
7.4. استخلاص البكتين	58
8.4. تحضير الأفلام	59
9.4. تشخيص الخصائص الفيزيوكيميائية للعينات الأفلام	61
1.9.4. الخصائص الفيزيائية	61
2.9.4. التشخيص الطيفي للأفلام	63
3.9.4. الاختبارات الكيميائية	63
الفصل الثاني: النتائج والمناقشة	
1. نتائج مردود الاستخلاص الايثانولي والماء للحاء الجوز	67
2.التقدير الكمي للفينولات والفلافونيدات	67
1.2. التقدير الكمي للفينولات	67
2.2. التقدير الكمي للفلافونيدات	68
3.2. الفعالية المضادة للأكسدة	69
4.2. الفعالية المضادة للبكتيريا	71
5.2. نتائج مردود استخلاص النشاء	73
6.2. نتائج مردود استخلاص البكتين	74
7.2. دراسة بعض الخصائص الفيزيو كيميائية للأفلام المحضرة	74
أ. الخصائص الفيزيائية للأفلام	74
ب. التشخيص الطيفي للأفلام	78
ج. الخصائص الكيميائية للأفلام	82
8.2. تصميم الضمادة	85
1.8.2. اختبار الضمادة المبتكرة في السائل المحاكي	86
الخاتمة	87
التوصيات	88
المراجع	90

قائمة الصور:

الصورة	العنوان	الصفحة
01. I	رسم تخطيطي ضمادة هيدروجيل.	14
02. I	ضمادة هيدروجيل.	14
03.I	ضمادة هيدروليك.	14
04.I	صورة لضمادة شاش.	15
05.I	ضمادة ضاغطة.	16
06.II	البنية التفصيلية للجلد وأدواره الفيزيولوجية.	23
07.II	توضح مراحل التئام الجروح.	28
08.II	بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية تحت المجهر الضوئي.	34
09.II	بكتيريا الزائفة الزنجارية تحت المجهر الالكتروني.	35
10.II	بكتيريا الاشريكية القولونية تحت المجهر الالكتروني.	35
11.III	موقع شجرة الجوز في الجزائر.	40
12.III	توضح شجرة الجوز.	41
13.IV	توضح لحاء شجرة الجوز.	46
14.IV	توضح درنات البطاطا.	46
15.IV	توضح قشور البرتقال.	47
16.IV	توضح المستخلص المائي والايثانولي للحاء شجرة الجوز بعد الترشيح.	49
17.IV	توضح تركيبة الجهاز.	53
18.IV	توضح بعض اختبار البكتيريا	56
19.IV	توضح اختبار المحاكاة.	63
20.IV	توضح اختبارات البكتيريا للأفلام.	64
21.V	صورة توضيحية للنشاء	73
22.V	صورة توضيحية للبكتين	74
23.V	توضح نتائج اختبار البكتيريا في طبق بيتري.	84
24.V	تصميم الضمادة المبتكرة للمستخلص المائي والايثانولي.	85

قائمة الأشكال:

الشكل	العنوان	الصفحة
01.I	مخطط يوضح مواصفات الضمادة المثالية.	5
02.I	السيليلوز.	6
03.I	الاميلوز.	7
04 .I	الأميلوبكتين.	7
05.I	الشيتوزان.	9
06.I	البكتين.	9
07.I	توضح الصمغ العربي.	10
08.I	مخطط يوضح أنواع المواد الاصطناعية المستخدمة في الضمادات.	11
09.I	تصميم لضمادة هيدروليك.	14
10.I	مخطط يوضح تصنيف الضمادات.	18
11.I	مخطط يوضح تغير درجة الحموضة للجرح والجلد السليم	19
12.I	توضح أصناف الهيدروجيل الذكي	20
13.II	يوضح تصنيف الجروح	27
14.II	العوامل المؤثرة في التئام الجروح.	31
15.III	يوضح مركب الجوجلون.	42
16.IV	يمثل مخطط العمل التجريبي.	48
17.IV	المنحنى العياري لحمض الغاليك لقياس الفينولات.	50
18.IV	المنحنى العياري للكرستيين لقياس الفلافونيدات.	51
19.IV	منحنى عياري لحمض الاسكوربيك.	52
20.IV	المنحنى الفولطامتري الحلقي لتراكيز متزايدة لحمض الأسكوربيك.	54
21.IV	المنحنى العياري لحمض الأسكوربيك.	55
22.V	يوضح طريقة استخلاص النشاء	58
23.V	يوضح طريقة استخلاص البكتين.	59
24.V	يوضح كمية الفينولات في المستخلصين.	67
25.V	يوضح كمية الفلافونيدات في المستخلصين.	68
26.V	يوضح مضادات الأكسدة للمستخلصين.	69

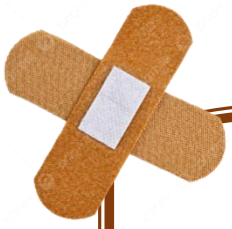
27.V	يوضح الفولطاموغرام للمستخلصين.	70
28.V	يوضح مضادات الأكسدة للمستخلصين	70
29.V	يوضح طيف FTIR للنشاء	73
30.V	يوضح طيف FTIR للبكتين	74
31.V	توضح أعمدة بيانية العتامة والكثافة.	75
32.V	يوضح أعمدة بيانية لمؤشر الانتفاخ	76
33.V	يوضح ألية التفاعل الحاصل	78
34.V	يوضح نتائج الامتصاصية بدلالة الطول الموجي	81
35.V	يوضح أعمدة بيانية لنسبة الامتصاص.	82

قائمة الجداول:

الجدول	العنوان	الصفحة
01.II	أنواع الضمادات لكل جرح	32
03.III	يوضح التسمية لنبات الجوز	39
03.III	يوضح التصنيف العلمي لنبات الجوز	41
04.IV	يوضح المواد والطرق.	47
05.IV	أنواع البكتيريا المستعملة.	55
06.V	يوضح قيم مردود الاستخلاص	67
07.V	يوضح نتائج اختبارات الفاعلية المضادة للبكتيريا للمستخلص المائي.	71
08. V	توضح تركيز الجرعة المثبطة والقاتلة لأنواع البكتيريا.	71
09. V	يوضح نتائج اختبارات الفاعلية المضادة للبكتيريا للمستخلص الإيثانولي.	72
10. V	توضح تركيز الجرعة المثبطة والقاتلة لأنواع البكتيريا.	72
11. V	يوضح مردود استخلاص النشاء	73
12. V	يوضح اختبار نفاذية الغازات للعينات.	77
13. V	يوضح نتائج FTIR للأفلام المحضرة.	79
14. V	يوضح اختبارات مؤشر الرطوبة.	82
15. V	يوضح اختبار مؤشر الحموضة.	83
16. V	يوضح نتائج اختبار نوع البكتيريا.	84
17. V	الضمادة المبتكرة قبل وبعد وضعها في السائل المحاكي.	85

قائمة الرموز:

λ	طول موجي
R%	مردود
PPM	اختبار موليبيدات الفوسفات
UV-visible	الأشعة فوق البنفسجية المرئية
AS	حمض الأسكاربيك المكافئ
AG	حمض الغاليك المكافئ
EQ	حمض الكرستين المكافئ
ECS	الكترود الكالومال المشبع
م°	درجة المئوية
SEA	المستخلص المائي للحاء الجوز
SET	المستخلص الايثانولي للحاء الجوز
T	الفيلم بدون أي مستخلص
R	فيلم مؤشر الرطوبة
pH	فيلم مؤشر الحموضة
CAT	اختبار القدرة الكلية المضادة للأكسدة
MIC	جرعة التركيز المثبط للبكتيريا
MBC	جرعة التركيز القاتل للبكتيريا
DMSO	ثنائي المثيل السلفوأميد
MHB	وسط مغذي مولر هينتون السائل المستخدم لتحديد MICوMBC
MHA	وسط مغذي مولر هينتون الصلب المستخدم لاختبار حساسية المضادات الحيوية
CLSI	المعهد الأمريكي للمعايير السريرية والمخبرية
V	الكمون
A	شدة التيار



مقدمة عامة

تُعد الجروح المزمنة تحديًا طبيًا كبيرًا بسبب تأثيرها السلبي على جودة حياة المرضى، إلى جانب العبء الاقتصادي الذي تفرضه على أنظمة الرعاية الصحية. وفقًا للإحصائيات الحديثة، يتم علاج أكثر من 2.2 مليون جرح سنويًا في المملكة المتحدة وحدها، بتكلفة تقارب 4.8 مليار جنيه إسترليني. وعلى الصعيد العالمي، يعاني أكثر من 40 مليون شخص من الجروح المزمنة [1]، بما في ذلك المرضى المصابون بداء السكري الذين يُعدون من الفئات الأكثر عرضة لتطور مثل هذه الجروح. فبسبب ضعف الدورة الدموية ومشكلات الأعصاب الطرفية، يعاني مرضى السكري من بطء كبير في التئام الجروح وزيادة خطر العدوى والمضاعفات [2].

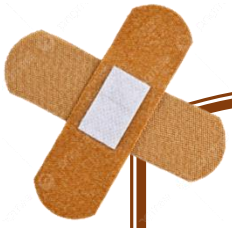
وسط هذا التحدي، تتجه الأنظار نحو الابتكار في تصميم الضمادات الطبية، خاصة تلك التي تجمع بين الذكاء الحيوي والملاءمة البيولوجية. وقد برزت **الضمادات الذكية الطبيعية القائمة على مستشعرات للرطوبة والحموضة** كحل واعد يجمع بين القدرة على حماية الجروح وتعزيز عملية الشفاء بطرق فريدة ومستدامة [3]. كما اتجهت بعض الدراسات الحديثة إلى إدماج مستخلصات نباتية في تركيب الضمادات، مستفيدةً من خصائصها المضادة للبكتيريا والمحفزة للتجدد الخلوي لتعزيز فعالية العلاج وتسريع التئام الجروح [4].

تمثل التطورات الحديثة في الضمادات الذكية وتقنيات مراقبة الجروح خطوة كبيرة نحو تحسين علاج الجروح المزمنة. ومع ذلك، يبقى فهم التفاعلات بين الميكروبات وبيئة الجرح أمرًا بالغ الأهمية لتصميم علاجات أكثر فعالية وتقليل العبء العالمي الناجم عن هذه الحالات [5].

بناءا على ما سبق، تهدف هذه الدراسة إلى تطوير ضمادة ذكية تعتمد على مستخلصات طبيعية من لحاء شجرة الجوز، حيث تم التطرق الى ثلاث فصول نظرية وفصليين عمليين حيث تناولنا في:

- ✓ الفصل الأول عموميات حول الضمادات: تاريخها وأنواعها بالإضافة الى المواد الداخلة في تركيبها وتصنيفاتها والضمادات الذكية.
- ✓ الفصل الثاني الجروح والبكتيريا: أنواعها وعملية التئامها واستراتيجيات إدارتها بالإضافة الى دور المطهرات في التئام الجرح.
- ✓ الفصل الثالث نبات شجرة الجوز: البطاقة التعريفية لهمن تسمية والموقع الجغرافي والتركيب الكيميائي له.
- ✓ الجزء العملي: الفصل الأول: المواد والطرق التي استخدمناها في القسم العملي للدراسة.
- ✓ الفصل الثاني: عرض النتائج ومناقشتها.

وفي الأخير ختمنا عملنا بحوصلة ملخصة حول أهمية تطوير ضمادات طبيعية وصديقة للبيئة.



الجزء النظري

الفصل الأول: عموميات حول الضمادات

تمهيد:

يُعد تطوير المواد الطبية من أبرز الإنجازات في تاريخ الطب، إذ ساهم بشكل كبير في تحسين طرق الرعاية وتقليل المضاعفات. ومن بين هذه المواد، احتلت الضمادات مكانة مهمة بفضل دورها في توفير بيئة مناسبة تساهم في دعم العمليات الحيوية. وقد تنوعت الضمادات عبر الزمن من حيث التركيب والوظيفة، بدءًا من المواد التقليدية البسيطة وصولًا إلى تركيبات أكثر تطورًا تعتمد على أسس علمية ومكونات فعالة، مما جعل منها عنصرًا أساسيًا في مختلف التطبيقات الطبية.

1. تعريف الضمادات (Bandage):

يُعرّف الضماد (Wound Dressing) بأنه تركيبة مصممة لتكون على اتصال مباشر مع الجرح، في حين أن الضمادة (Bandage) هي الهيكل الذي يثبت الضماد في مكانه [6].

تعمل الضمادات كحواجز تحمي الجرح وتمنع التلوث والعدوى، واختيار الضماد المناسب ضروري لضمان الحماية الكافية للجرح وتسريع عملية الشفاء [7].

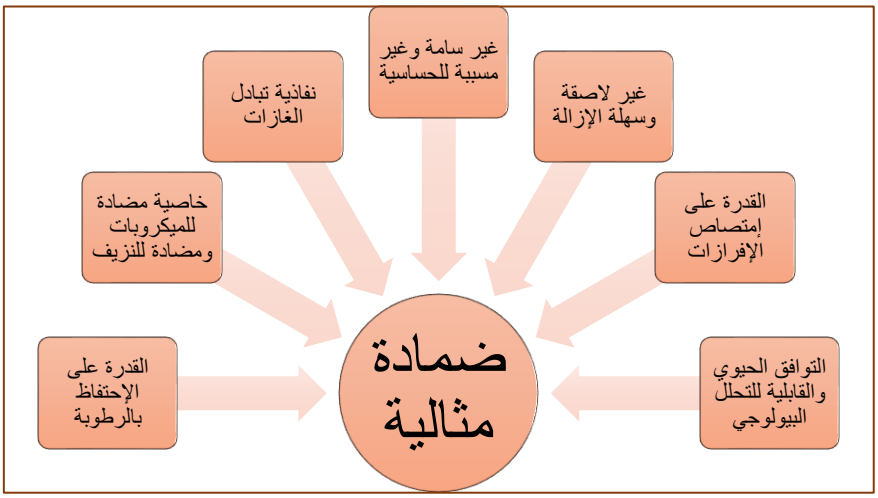
2. نبذة تاريخية:

تم تسجيل أولى ممارسات تضميد الجروح في ألواح سومرية تعود إلى عام 2100 قبل الميلاد، حيث تضمنت "ثلاث خطوات علاجية": غسل الجرح بالجعة والماء الساخن، إعداد خليط من الأعشاب والزيوت، ثم تضميد الجرح [8]. بعد ذلك استخدم المصريين القدامى (1400 ق.م) العسل والشحوم والكتان لعلاج الجروح ومنع العدوى. توالت بعدها التطورات في هذا المجال حيث وصف كورنيليوس سيلسوس الروماني (القرن الأول الميلادي) تقنيات لتنظيف الجروح ومنع النزيف، التي تمثلت في استخدام الخل والربط الجراحي للأوعية الدموية. كما شهد القرن الـ 19 نقلة نوعية في مجال العناية بالجروح، حيث أدرك جوزيف ليستر أهمية التعقيم واستخدم حمض الكربونيك كمطهر لمنع العدوى. لاحقًا، خلال الحربين العالميتين، أُدخلت الضمادات المعقمة والمضادات البكتيرية، مما أدى إلى تحسين كبير في إدارة الجروح وتقليل المضاعفات [9]. وفي منتصف القرن العشرين، ظهرت نظرية الشفاء الرطب التي اقترحها جورج وينتر، هذه النظرية أدت الى تطوير الضمادات الرغوية والهيدروجيل والهيدروكولويد التي توفر بيئة مثالية لتعزيز التئام الجروح [10].

3. خصائص الضمادة المثالية للجروح:

حتى تكون الضمادة مثالية لعلاج الجروح، يجب أن تتمتع بالخصائص التالية: [11،13]

1. يجب أن تحافظ على بيئة رطبة.
2. تسمح بالتبادل الغازي بين الأنسجة الجريحة والضمادات.
3. يجب أن تتكيف وتتوافق مع سطح الجرح.
4. لديها القدرة على امتصاص الحجم الكبير من إفرازات الجرح.
5. يجب أن تعزز هجرة الخلايا وانتشارها (شرط أساسي لتكوين الأوعية الدموية وهجرة الخلايا الظهارية وإصلاح الأنسجة).
6. يجب أن تسمح بالعزل الحراري للحفاظ على درجة حرارة الأنسجة المناسبة لتحسين تدفق الدم.
7. لديها القدرة على منع العدوى البكتيرية.
8. يجب أن تكون غير سامة وغير مسببة للحساسية ومتوافقة حيويًا مع ثبات ميكانيكي جيد.
9. يجب أن تكون سهلة الإزالة دون إتلاف الجلد.
10. يجب أن يكون متاحًا بسهولة وفعالًا من حيث التكلفة.



الشكل رقم 01. مخطط يوضح مواصفات الضمادة المثالية.

ولتحقيق هذه المتطلبات، يتم تصنيع الضمادات من مجموعة متنوعة من المواد والتي يمكن تصنيفها وفقا لمصدرها.

4. بعض المواد المستخدمة في تحضير الضمادات:

تعتمد فعالية الضمادات على المواد المستخدمة في صناعتها، والتي تختلف من حيث المصدر، والخصائص الفيزيائية والكيميائية، والتوافق الحيوي. ولفهم كيفية اختيار المواد المناسبة لصناعة الضمادات، من الضروري تصنيفها وفقًا لمصادرها وخصائصها الوظيفية. حيث نجد تصنيفين لهذه المواد ذات مصدر طبيعي وأخرى صناعية.

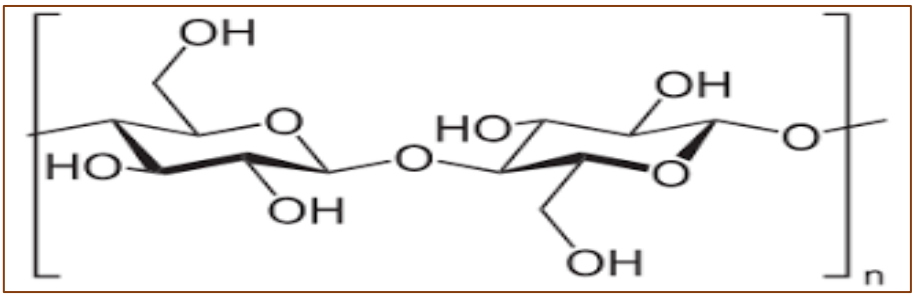
1.4. ذات مصادر طبيعية:

أ. السيليلوز $(C_6H_{10}O_5)_n$:

هو أكثر السكريات المتعددة انتشارًا ووفرة في الطبيعة، ويمكن الحصول عليه من مصادر متعددة مثل النباتات والفطريات والطحالب والبكتيريا، حيث يتكون من وحدات جلوكوزية مرتبطة بروابط غليكوسيدية (حيث يوجد **O-H** الحرة في المواضع 2 و3 و6 وربطهم معهم بروابط بلتا 1-4 غليكوسيدية) تمنحه قوة ميكانيكية وتوافقًا حيويًا عاليًا. يتميز السليلوز الطبيعي بقلة ذوبانه في المذيبات المائية، إلا أنه يمكن تعديله لتحسين خصائصه، مما يجعله أكثر ملاءمة للاستخدامات الصناعية والطبية. عند تسخينه، يتحلل السليلوز عند درجات حرارة تزيد عن 300 درجة مئوية.

من أهم أشكاله هو السليلوز البكتيري(BC) : الذي يتم إنتاجه من قبل بعض البكتيريا والفطريات عبر عمليات التخمير، ويتميز بقدرته العالية على الاحتفاظ بالماء، والنقاوة العالية، القوة. مما يجعله مناسبًا لتطبيقات الجروح.

وكذلك السيليلوز الكربوكسي مثيلي (CMC): يتميز بوفرة عالية وشفافية جيدة وتكلفة منخفضة. وهو شديد الامتصاص للماء، مما يجعله قادرًا على امتصاص الإفرازات من الجروح وتوفير بيئة رطبة تمنع فقدان الرطوبة، وهو أمر مهم لعلاج الحروق والجروح الناتجة عن مرض السكري. ومع ذلك، فإن ضعف الالتصاق بالخلايا ونقص النشاط المضاد للبكتيريا يحد من تطبيقاته في ضمادات الجروح [14].



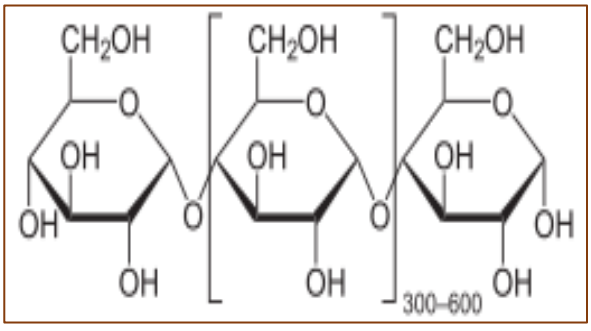
الشكل رقم 02. السيليلوز [14].

ب. النشاء $(C_6H_{10}O_5)_n$:

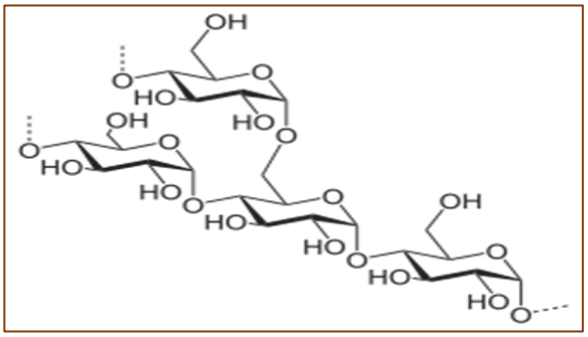
هو بوليمر كربوهيدراتي طبيعي يتكون من وحدات جلوكوز مرتبطة بروابط غليكوسيدية، وهو المصدر الرئيسي لتخزين الطاقة في النباتات. يوجد بشكل أساسي في الحبوب مثل القمح والأرز والذرة، وكذلك في البطاطا والكسافا. يتكون النشاء من مكونين رئيسيين الأميلوز، والأميلوبكتين. حيث أن الأميلوز يشكل 17 %من نشاء البطاطا فهو عبارة عن سلسلة مستقيمة من وحدات الغلوكوز عددها من 200 إلى 300 مرتبطة عن طريق الرابطة ألفا 4-1، بينما الأميلوبكتين 83% وهو عبارة عن وحدات غلوكوز مرتبطة عن طريق ألفا 1-4 في سلاسل قصيرة (25-30 وحدة غلوكوز) ترتبط هذه السلاسل ببعضها وتتشعب عن طريق الرابطة ألفا 1-6.

تُستخدم على نطاق واسع في تصنيع الهيدروجيلات القابلة للتحلل الحيوي، حيث يتميز بتكلفته المنخفضة وتوفره الواسع وتجديده الحيوي، إضافةً إلى كونه غير سام ومتوافق حيوياً. ومع ذلك، فإن قلة قوة النشاء الميكانيكية وضعف قابليته للترطيب تحدّ من استخدامه منفردًا في إنتاج الهيدروجيلات.

يُعتبر النشاء المؤكسد أحد الأنواع المعدلة المهمة، حيث يتميز بلزوجة منخفضة، وثبات عالٍ، وشفافية، وقدرة على تكوين الأفلام، مما يجعله مناسبًا للتطبيقات الطبية. عند استخدامه كعامل ربط، يمكن التحكم في زمن التجلط وحجم المسام في الهيدروجيلات القائمة على الكولاجين، مما يساهم في نمو الخلايا الجذعية الدهنية وتعزيز إفراز عوامل النمو التي تحفز تكوين الأوعية الدموية [15].



الشكل رقم 03. الاميلوز [15].



الشكل رقم 04. الأميلوبكتين[15].

في دراسة سابقة تم تحضير البلاستيك الحيوي من المخلفات الزراعية لنبات البطاطا بحيث تم العمل على دمج النشاء المستخلص من درنات البطاطا غير صالحة للاستهلاك مع السليلوز المستخرج من سيقان النبات. الهدف منه كان تحسين الخواص الميكانيكية والفيزيائية للفيلم الحيوي المنتج. تم تحضير محلول النشاء باستخدام الماء المقطر، ثم أضيف السليلوز بنسبة مدروسة، مع استعمال حمض الخل كمعدل للحموضة، والجليسرين ($C_3H_8O_3$) لزيادة مرونة الفيلم. خضع المزيج للتسخين مع التحريك المستمر

لضمان تجانس المكونات. ثم صب في قوالب خاصة وترك ليجف تدريجيا في درجة حرارة الغرفة، مما أدى الحصول على فيلم حيوي يتميز بالتجانس، الشفافية، والمرونة الجيدة [16].

ج. الكولاجين (Collagen)

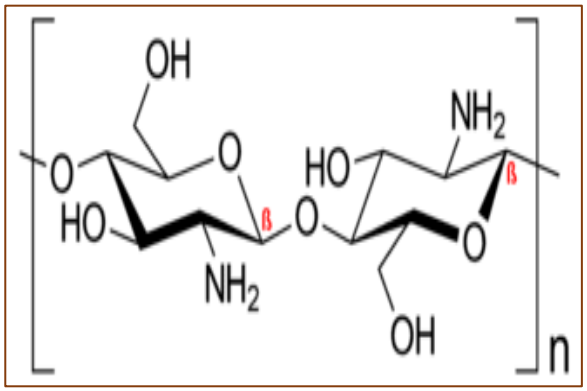
الكولاجين هو بروتين ليفي هيكلي يشكل المكون الأساسي للمصفوفة خارج الخلية في الأنسجة الضامة مثل الجلد، العظام، الأوتار، والغضاريف، حيث يمنحها القوة والمرونة اللازمة للحفاظ على بنيتها ووظيفتها. يتميز الكولاجين بتوافقه الحيوي العالي، مما يجعله غير سام ولا يسبب استجابات مناعية قوية، كما أنه قابل للتحلل الحيوي داخل الجسم، حيث يتحلل إلى أحماض أمينية تُستخدم في تجديد الأنسجة. إضافةً إلى ذلك، يمتلك قدرة عالية على امتصاص الماء، مما يساعد في الحفاظ على بيئة رطبة تسرّع عملية التئام الجروح. يلعب الكولاجين دورًا مهمًا في تحفيز نمو الخلايا من خلال توفير سقالة طبيعية تتيح التصاق الخلايا وانتشارها، مما يعزز تكوين الأنسجة الجديدة. كما أنه يحفز إنتاج الكولاجين الداخلي من الخلايا الليفية، مما يساعد في تقليل الندبات وتحسين جودة الجلد المتجدد. يتمتع أيضًا بمرونة ميكانيكية جيدة، مما يجعله مادة مثالية للاستخدام في الضمادات الطبية.

ويمكن تحسين خصائصه من خلال التعديلات الكيميائية مثل الربط المتبادل مع الجيلاتين، مما يزيد من ثباته الميكانيكي والحراري، ويقلل من احتمالية حدوث استجابات مناعية. بفضل هذه الخصائص الفريدة، يعد الكولاجين مادة حيوية واعدة في مجال التئام الجروح وهندسة الأنسجة.

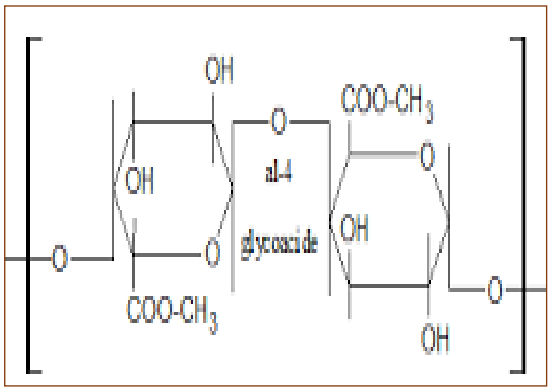
د. الشيتوزان $(C_6H_{11}O_4N)_n$:

الشيتوزان هو بوليمار متعدد السكريات (Polysaccharide) طبيعي مشتق من قشريات البحر، ويتكون من جلوكوزامين و-Nأسيتيل الجلوكوزامين المرتبطين برابطة(4-1)-β ، يتميز بشحنة كاتيونية في البيئات الحمضية، مما يجعله قابلًا للذوبان في الماء وذا أهمية في التطبيقات الطبية. بفضل خصائصه الفريدة، يتمتع الشيتوزان بقدرة عالية على التفاعل مع الأغشية الخلوية، مما يمنحه تأثيرات مضادة للبكتيريا، حيث يتفاعل كهروستاتيكيًا مع الجزيئات المشحونة سلبيًا في جدران الخلايا البكتيرية، مما يؤدي إلى اضطراب بنيتها وإيقاف نموها. كما يمتلك الشيتوزان خصائص فيزيائية وكيميائية تجعله مفيدًا في مجموعة واسعة من التطبيقات، مثل هندسة الأنسجة، توصيل الأدوية، وصناعة الضمادات الطبية، حيث يُستخدم في تحضير مواد حيوية تمتاز بالقدرة على الامتصاص والتوافق الحيوي. ورغم مزاياه العديدة، إلا أن محدودية قوته الميكانيكية تشكل تحديًا في بعض الاستخدامات، لذا يتم دمجه مع مواد نانوية أو بوليمرات أخرى لتعزيز متانته وتحسين أدائه. كما أثبتت الأفلام المصنوعة منه والممزوجة بال**بكتين**

وأكسيد الزنك فعاليتها كمضاد للبكتيريا، مما يجعلها خيارًا واعدًا في العناية بالجروح والمجالات الطبية الأخرى [17].



الشكل رقم 05. الشيتوزان[17].



الشكل رقم 06. البكتين [18].

2.4. ذات مصدر صناعي:

أ. البولي فينيل الكحول $(CH_2CH(OH))_n$ (Polyvinyl Alcohol - PVA):

هو بوليمر صناعي قابل للذوبان في الماء، شائع يتميز بـ:

- التوافق الحيوي والخواص الميكانيكية: يتمتع PVA بمرونة عالية وخصائص ميكانيكية جيدة، مما يجعله خيارًا واعدًا في صناعة الهيدروجيلات الحيوية.

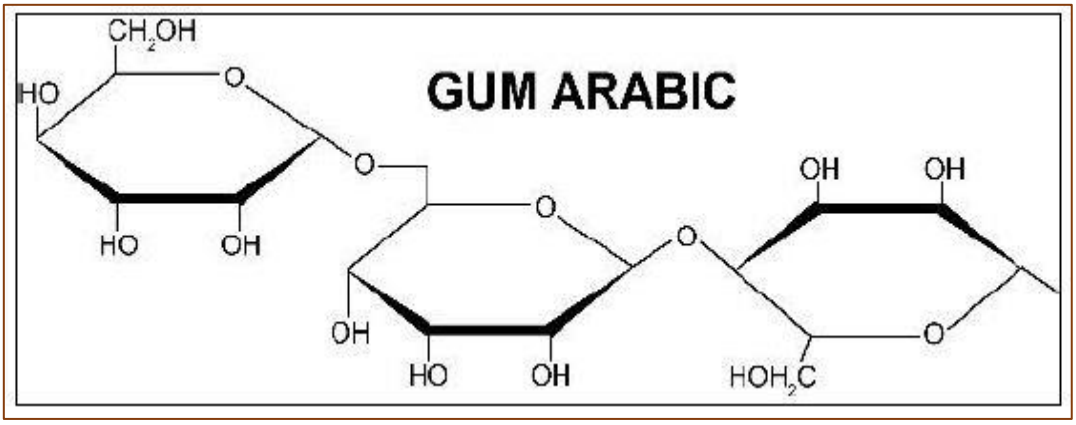
- القدرة على الامتصاص: يمكن لهيدروجيلات PVA امتصاص كميات كبيرة من الإفرازات الجرحية، مما يساعد في تسريع التئام الجروح وتقليل مخاطر العدوى.

ولكنه له محدودية النشاط الحيوي: لا يمتلك PVA في شكله النقي تأثيرات مضادة للبكتيريا أو محفزة لتخثر الدم، كما يفتقر إلى المرونة الكافية في بعض التطبيقات.

تمت معالجة أوجه القصور في PVA عبر دمجه مع مواد أخرى مثل:

✓ الشيتوزان :(CS) يعزز النشاط المضاد للبكتيريا؛

✓ الصمغ العربي (مادة طبيعية غنية بالسكريات المتعددة القابلة للذوبان)، وهي مركبات غنية بمضادات الاكسدة هذا المزيج يُساهم في تسريع عملية الالتئام عن طريق تقليل الالتهابات، ومحاربة البكتيريا، وتحفيز نمو الخلايا الجلدية الجديدة [19].



الشكل رقم 07. توضح الصمغ العربي [20].

يتم استخدام هيدروجيلات PVA في تغطية الجروح لمنع العدوى وتعزيز عملية التئام الجلد. وكذلك يساهم في تحسين نقل الأدوية الموضعية لعلاج الجروح والالتهابات الجلدية.

ب. البولي إيثيلين غليكول (Polyethylene Glycol - PEG) ($H(OCH_2CH_2)_n OH$) :

هو بوليمر أمفيباتي Amphipathic (به جزء محب للماء وجزء كاره للماء) ذو نطاق واسع من الأوزان الجزيئية. يتميز بخصائص عديدة جعلته مادة شائعة في ضمادات الجروح. والتي تتمثل في:

- التوافق الحيوي: يستخدم على نطاق واسع في صناعة الضمادات الحيوية بسبب توافقه مع الجسم البشري؛

- تحسين التئام الجروح المزمنة: تم تحضير هيدروجيلات CMC-PEG باستخدام حمض الستريك كعامل ربط، وأظهرت هذه الهيدروجيلات فوائد كبيرة في علاج الجروح المزمنة.

يستعمل هذا النوع من البوليمرات في:

- نقل الأدوية: يتم استخدام هيدروجيلات PEG كناقل للأدوية الموضعية، مما يعزز من فعاليتها في مكافحة البكتيريا؛

- التأثير المضاد للبكتيريا: أظهرت الأبحاث أن الهيدروجيلات المصنوعة من PEG والشيتوزان والمطعمة بجزيئات الفضة النانوية (Ag-NPs) تتمتع بنشاط مضاد للبكتيريا، مما يساعد على منع العدوى وتسريع التئام الجروح.

ج. البولي يوريثين (-R- NH-COO-R-) n (Polyurethane،PU) :

هو بوليمر صناعي يتكون من وحدات مرتبطة عبر روابط يوريثان (-NH-CO-O-). يتميز بمرونته العالية واستقراره الكيميائي وتوافقه الحيوي، مما يجعله مناسبًا للعديد من التطبيقات الطبية، بما في ذلك ضمادات الجروح. من خواصه:

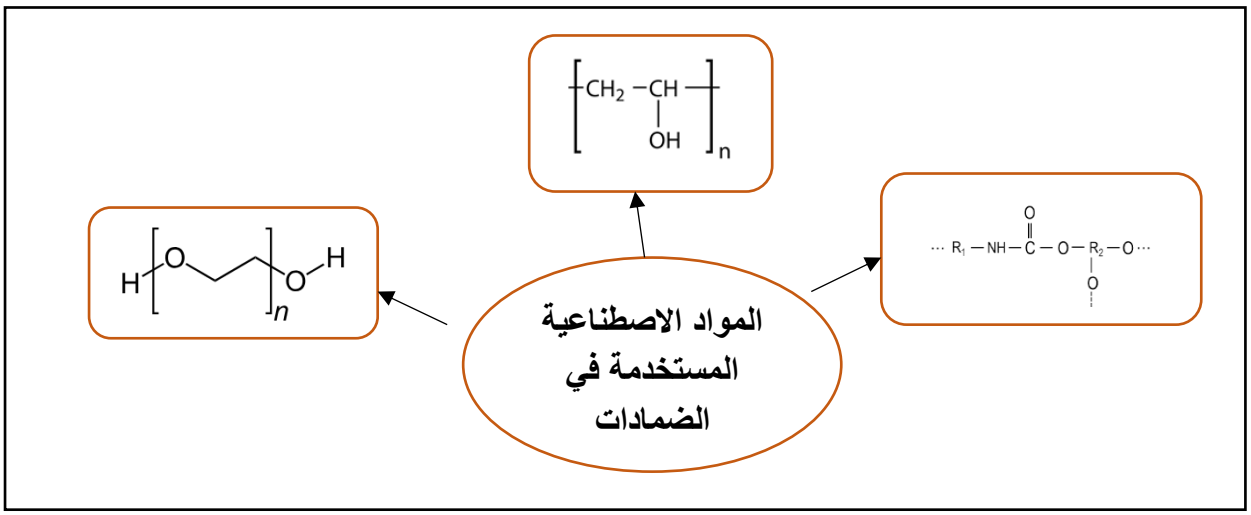
✓ التوافق الحيوي: يمكن استخدامه بأمان في التطبيقات الطبية.

✓ الميكانيكية الممتازة: يتمتع بقوة شد جيدة ومرونة عالية.

✓ مقاومة الماء والمواد الكيميائية: يجعله مناسبًا للبيئات الرطبة والتعرض لمختلف المواد.

✓ قابلية التحلل الحيوي (في بعض التركيبات): يمكن تصميمه بحيث يتحلل داخل الجسم بعد فترة زمنية معينة.

يستخدم البولي يوريثين في الهلاميات المائية (Hydrogels) والضمادات الذكية، حيث يساهم في الحفاظ على بيئة رطبة للجروح وتسريع عملية الشفاء. كما يمكن تحميله بالمواد الدوائية، مثل المضادات الحيوية أو العوامل المضادة للأكسدة، لتعزيز فعالية التئام الجروح. يمكن دمجه مع مواد أخرى، مثل البوليمرات الحيوية، لتحسين توافقه مع الأنسجة وتعزيز التئام الجروح [21].



الشكل رقم 08. مخطط يوضح أنواع المواد الاصطناعية المستخدمة في الضمادات.

5-تصنيف الضمادات:

1.5. حسب المصدر:

1.1.5. الضمادات ذات الأصل الحيواني:

الضمادات ذات الأصل الحيواني تُعتبر واحدة من الفئات المهمة في عالم ضمادات الجروح. تعتمد بشكل أساسي على الكولاجين المستخلص من مصادر حيوانية مثل الأبقار والأسماك، حيث تمتاز بقدرتها العالية على الامتصاص بفضل بنيتها المسامية، إذ يمكنها امتصاص ما بين 40 إلى 90 غرامًا من الماء لكل غرام من الضمادة. تعتبر الكولاجين مكونًا فعالًا في التئام الجروح بفضل دوره في تحفيز تكاثر الخلايا الليفية وتشكيل الأنسجة الجديدة، إضافة الى كونه مادة طبيعية موجودة في جسم الإنسان، لذا فإن هذه الضمادات تكون متوافقة حيوياً ولا تسبب ردود فعل مناعية حادة. كما أنه يعمل كعامل مساعد في تخثر الدم، مما يجعله مفيدًا في تقليل النزيف. رغم هذه الفوائد، تواجه الضمادات الحيوانية بعض التحديات، مثل ارتفاع تكلفة الإنتاج وصعوبة تخزينها لفترات طويلة.

تُستخدم هذه الضمادات بشكل أساسي في علاج الجروح المزمنة، الحروق، والتقرحات الجلدية، حيث تساعد في تسريع الشفاء وتقليل الالتهابات والعدوى.

ونجد من أهم هذه الضمادات:

- كولاجين مستخرج من قنديل البحر: يتمتع بقدرة عالية على امتصاص الماء ويستخدم في إنتاج إسفنج-ات مرقئة للجروح.
- كولاجين مشتق من الأسماك (مثل البلطي): يتم تصنيعه في صورة ألياف نانوية لتعزيز تكاثر الخلايا الجلدية وتسريع شفاء الجروح.
- ببتيدات الكولاجين البحرية: تُظهر فعالية في تسريع التئام الجروح وتحسين مقاومة العدوى [22 – 23].

2.1.5. الضمادات ذات الأصل الصناعي:

تُعد الضمادات ذات الأصل الصناعي من أكثر أنواع الضمادات شيوعًا في العناية بالجروح، حيث تُصنع من مواد بوليمرية صناعية. والتي تُستخدم على نطاق واسع بسبب خصائصها الفريدة مثل المرونة، والمتانة، وقدرتها العالية على امتصاص السوائل. كما تتميز هذه الضمادات بمسامية مرتفعة، حيث تحتوي على ما يقارب 200 إلى 300 مسام لكل سنتيمتر مربع، مما يسمح لها بنفاذية الهواء والرطوبة، وهو أمر ضروري لخلق بيئة مناسبة لتسريع عملية التئام الجروح. كما أنها مقاومة للماء وتمنع دخول البكتيريا،

مما يقلل من خطر العدوى. ورغم هذه المزايا، فإن بعض الضمادات الصناعية تعاني من مشكلة الالتصاق المحدود بالجلد، مما قد يستدعي استخدام مثبتات إضافية لضمان بقائها في مكانها. كما تحتاج إلى ظروف تخزين خاصة للحفاظ على خصائصها العلاجية.

ومن أنواعها نجد:

✓ **ضمادات البولي يوريثين(PU) :**

تُستخدم على نطاق واسع نظرًا لمقاومتها العالية للماء وقدرتها على توفير بيئة رطبة. توفر حماية فعالة ضد البكتيريا والملوثات. تُستخدم في حالات الجروح العميقة أو المزمنة، مثل قرح الفراش والجروح الجراحية.

✓ **الرغوات الصناعية(Foam Dressings) :**

مصنوعة من البولي يوريثين أو السيليكون، وتتميز بقدرتها العالية على امتصاص الإفرازات. تُستخدم للجروح ذات الإفرازات الكثيفة، مثل الحروق والجروح الملوثة.

✓ **الأغشية شبه النفاذة (Semi-Permeable Membranes):**

عبارة عن أفلام رقيقة من البولي يوريثين تسمح بمرور الأكسجين وتمنع دخول البكتيريا. تُستخدم في الجروح السطحية، مثل الجروح الجراحية والخدوش.

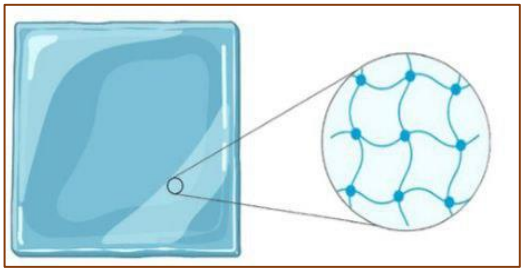
كما نجد ضمادات الهيدروجيل والهيدروكوليك، والتي تعمل على خلق بيئة رطبة تساهم في تسريع التئام الجروح من خلال تعزيز عمليات التجديد الخلوي وتقليل الألم. تتكون الضمادات الهيدروجيلية من مواد محبة للماء مثل بولي فينيل الكحول والكيتوزان، وتحتوي على نسبة عالية من الماء تتراوح بين 70-90%، مما يجعلها مناسبة للجروح الجافة أو ذات الإفرازات القليلة إلى المتوسطة، حيث تساعد في إزالة الأنسجة الميتة وتعزز التئام الجروح الحروق، وتقرحات الضغط، والجروح الجراحية.

- **أنواع الهيدروجيل المستخدمة:**

- الهيدروجيل القابل للامتصاص: يُستخدم للجروح التي تنتج كميات قليلة من الإفرازات.

- الهيدروجيل المشبع: يأتي معقّمًا ومشبعًا بمكونات علاجية مثل المضادات الحيوية أو المركبات المسكنة للألم.

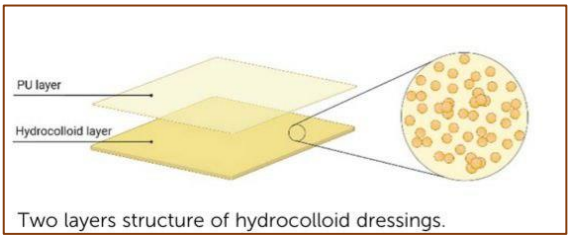
- الهيدروجيل الهجين: مزيج من البوليمرات الحيوية والمواد الاصطناعية لتحسين الأداء.



الصورة رقم 01. رسم تخطيطي ضمادة هيدروجيل [24].

الصورة رقم 02. ضمادة هيدروجيل.

من جهة أخرى، تُصنع الضمادات الهيدروكلوريك من مزيج من المواد الغروية مثل كربوكسي ميثيل السليلوز مع بوليمرات مرنة مثل البولي يوريثان، وهي ضمادات حيوية نشطة تتميز بقدرتها على امتصاص الإفرازات وتحويلها إلى مادة هلامية تعزل الجرح عن العوامل الخارجية، مما يقلل خطر العدوى ويعزز الشفاء الذاتي. كما أنها توفر حاجزًا وقائيًا يمنع تسرب السوائل إلى الخارج، مما يجعلها مناسبة للجروح السطحية، القرحات المزمنة، والحروق الطفيفة، لكنها لا تُفضل للجروح المصابة بالعدوى التي تحتاج إلى أكسجين إضافي لتعزيز الشفاء [24-25].



الشكل رقم 09. تصميم لضمادة هيدروليك [24].

الصورة رقم 03. ضمادة هيدروليك.

3.1.5. الضمادات ذات الأصل النباتي:

الضمادات ذات الأصل العشبي تمثل حلاً طبيعياً للعناية بالجروح، حيث تعتمد على النباتات الطبية المستخدمة تقليدياً في التئام الجروح وعلاج الأمراض الجلدية. هذه الضمادات تتميز بكونها غير سامة ويمكن استخدامها لفترات طويلة دون آثار جانبية تذكر، وتتميز بأنها قابلة للتحلل البيولوجي، مما يجعلها صديقة للبيئة مقارنة بالضمادات الصناعية. كما من مميزاتها قدرتها العالية على الامتصاص التي تعتمد على طبيعة المواد الأساسية ومساميتها، حيث يمكنها امتصاص ما بين 15 إلى 25 غرامًا من السوائل لكل غرام من الضمادة. بفضل طبيعتها العشبية، توفر هذه الضمادات بيئة مثالية لتعزيز التئام الجروح، كما أنها قد تحتوي على مستخلصات نباتية ذات خصائص مضادة للبكتيريا، مما يجعلها فعالة ضد العدوى. تشمل استخداماتها علاج الحروق، الجروح المزمنة، والتقرحات الجلدية، وهي تساهم في تحسين رطوبة الجرح وتقليل الألم وتسريع عملية الشفاء.

- **أمثلة على الضمادات ذات الأصل النباتي:**

✓ **ضمادات القطن والفسكوز:** تُستخدم لعلاج الجروح السطحية والحروق، وتتميز بقدرتها على الامتصاص.

✓ **ضمادات تحتوي على مستخلصات من الألياف النباتية مثل الخيزران:** تمتاز بقدرتها على السماح بمرور بخار الماء، مما يحافظ على بيئة الجرح رطبة ويساعد في التئامه.

تُعتبر الضمادات ذات الأصل النباتي خيارًا فعالًا وآمنًا، خاصةً في مجال العناية بالجروح المزمنة والحروق، حيث توفر خصائص علاجية طبيعية دون التسبب في آثار جانبية كبيرة [25-26].

ومن جهة أخرى نجد أن الضمادات تنقسم تاريخيا إلى نوعين رئيسيا: وهما الضمادات التقليدية والحديثة، والتي تختلف في طريقة عملها ومدى فعاليتها.

2.5. التصنيف حسب التسلسل الزمني:

1.2.5. الضمادات التقليدية:

تصنف الضمادات التقليدية إلى الأنواع التالية:

- **الشاش (Gauze):**

يتكون من ألياف منسوجة أو غير منسوجة مثل القطن، يوفر بعض الحماية ضد العدوى البكتيرية. يمتص الإفرازات ولكنه يحتاج إلى تغيير متكرر لمنع تضرر الأنسجة السليمة. قد يكون غير مكلف لكنه قد يلتصق بالجرح، مما يجعل إزالته مؤلمة.

الصورة رقم 04. صورة لضمادة شاش [27].

- **الضمادات القطنية والصوف القطني (Cotton Wool) :**

تُستخدم عادة كضمادات ثانوية لدعم الضمادات الأولية. توفر امتصاصًا جيدًا ولكنها قد تتشبع بسرعة بسوائل الجرح.

- **الضمادات الضاغطة (Bandages)**

تشمل الضمادات المصنوعة من الصوف القطني أو الألياف الصناعية مثل البولي أميد. تستخدم لضغط الجروح وتعزيز الشفاء، خاصة في حالات تقرحات الأوردة. تشمل الضمادات ذات الشد القصير والطويل، حيث توفر الأخيرة ضغطًا مستمرًا [28].

الصورة رقم 05. ضمادة ضاغطة[28].

2.2.5. الضمادات الحديثة:

- **الضمادات الهلامية (Hydrogels):**

مصنوعة من بوليمرات محبة للماء. تحافظ على بيئة رطبة، مما يساعد في ترطيب الأنسجة الجافة وتسريع الشفاء. كما تمتاز بخصائص مهدئة، مما يجعلها مثالية للحروق والجروح المزمنة والجروح الجافة. يمكن أن تتوفر في شكل صفائح أو جل.

- **الضمادات الهيدروكولويدية (Hydrocolloids) :**

تتكون من بوليمرات مثل الجيلاتين والبكتين والسيليلوز التي تمتص الإفرازات وتشكل جلًا واقيًا. تعزز بيئة رطبة تساعد على التئام الجروح بسرعة. غير منفذة للماء والبكتيريا، مما يقلل خطر العدوى. مناسبة للجروح ذات الإفرازات الخفيفة إلى المتوسطة، لكنها ليست مثالية للجروح المصابة بعدوى.

- **الضمادات الحيوية (Bioactive Dressings) :**

تتكون من مواد طبيعية مثل الكولاجين، والشيتوزان. تعزز عملية الشفاء عن طريق تحفيز نمو الأنسجة الجديدة وتقليل الالتهاب. قد تحتوي على عوامل نمو أو مضادات ميكروبية لتعزيز التئام الجروح. تستخدم في علاج الجروح المزمنة، مثل قرح السكري والجروح العميقة.

- **الضمادات المحتوية على الفضة (Silver-Containing Dressings) :**

تحتوي على أيونات الفضة التي تمتلك خصائص مضادة للبكتيريا والفطريات. فعالة في علاج الجروح المصابة بالعدوى والوقاية منها. تقلل من الالتهاب وتحفز التئام الأنسجة التالفة. تُستخدم غالبًا في الجروح الجراحية، الحروق، وقرح السكري[29-30].

الشكل رقم 10. مخطط يوضح تصنيف الضمادات.

5. التحديات التي تواجه ضمادات الجروح الحالية:

على الرغم من دورها الأساسي في العناية بالجروح، تعاني الضمادات التقليدية من عدة تحديات، أبرزها:

✓ الالتصاق المفرط: بعض الضمادات تلتصق بشدة بالجرح، مما يسبب ألمًا عند الإزالة ويؤدي إلى تلف الأنسجة المحيطة.

✓ عدم التكيف مع البيئة البيولوجية للجروح: لا تملك الضمادات التقليدية القدرة على مراقبة متغيرات مثل درجة الحموضة ودرجة الحرارة، وهو ما يمكن أن يؤثر على عملية الشفاء. لذا، هناك حاجة إلى دمج أجهزة استشعار بيولوجية في الضمادات لمراقبة تقدم التئام الجرح في الوقت الفعلي.

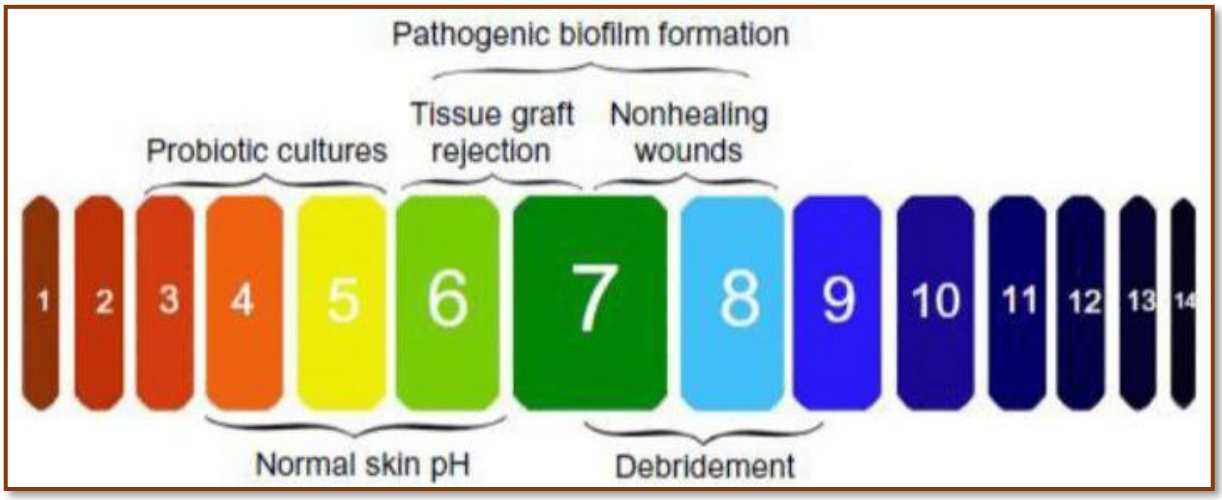
✓ التحلل السريع لبعض المواد الطبيعية: العديد من الضمادات التي تعتمد على البوليمرات الطبيعية تتحلل بسرعة، مما يقلل من فعاليتها ويستلزم استبدالها بشكل متكرر.

✓ عدم توفر وظائف متعددة: الضمادات التقليدية غالبًا ما تقتصر على وظيفة واحدة، مثل امتصاص الإفرازات أو حماية الجرح، بينما تتطلب الضمادات المثالية القدرة على تسريع الالتئام، منع العدوى، وإدارة رطوبة الجرح بفعالية.

✓ غياب التكامل مع التكنولوجيا الحديثة: من المتوقع أن تتضمن الضمادات الذكية المستقبلية خرائط ملونة لمراقبة مستوى الحموضة، ومستشعرات للكشف عن العدوى، ومؤشرات لمعرفة ما إذا كان يجب تغيير الضمادة أم لا [31].

6. الضمادات الذكية:

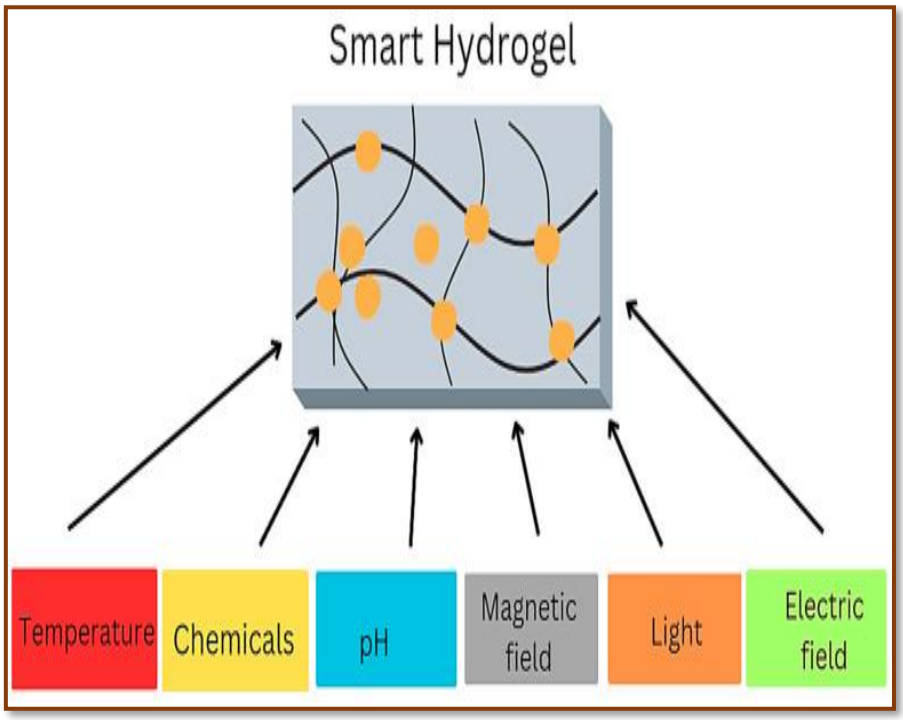
الضمادات الذكية المزودة بالمستشعرات تمثل طفرة في مجال العناية بالجروح، حيث تتيح مراقبة مستمرة لحالة الجرح من خلال قياس عوامل مثل درجة الحرارة، مستوى الرطوبة، ودرجة الحموضة (pH)، مما يساعد في الكشف المبكر عن العدوى والتهابات الجروح. تعتمد هذه الضمادات على مستشعرات متطورة، مثل تلك القادرة على قياس الحموضة، حيث يكون الجرح الصحي في بيئة حمضية، بينما يشير التحول إلى القلوية إلى احتمال حدوث التهاب.



الشكل رقم 11. مخطط يوضح تغير درجة الحموضة للجرح والجلد السليم [32].

كما تستخدم مستشعرات الحرارة لرصد أي ارتفاع غير طبيعي قد يدل على وجود عدوى، ومستشعرات الرطوبة لضمان بيئة مثالية للشفاء دون تعريض الجرح للجفاف الشديد أو الرطوبة الزائدة. بعض هذه الضمادات تمتلك القدرة على تغيير لونها استجابة لمستوى الرطوبة أو البكتيريا، في حين أن بعضها الآخر يمكنه إطلاق مضادات حيوية تلقائيًا عند اكتشاف عدوى.

على الرغم من فوائدها العديدة، مثل تقليل الحاجة إلى الفحوصات الطبية المتكررة وتسريع عملية الشفاء، فإنها تواجه تحديات، من بينها التكلفة العالية، الحاجة إلى مصادر طاقة صغيرة، وضرورة استخدام مواد حيوية متوافقة مع الجلد. ومع ذلك، فإن المستقبل يحمل آفاقًا واعدة لهذه التقنية، حيث يتم العمل على دمج الذكاء الاصطناعي لتقديم توصيات علاجية في الوقت الفعلي، بالإضافة إلى تطوير ضمادات ذاتية التكيف قادرة على الاستجابة التلقائية لحالة الجرح باستخدام تقنية النانو [32].



الشكل رقم 12. توضح أصناف الهيدروجيل الذكي [32].

الفصل الثاني: الجروح

تمهيد:

في مجال الإصابات النسيجية، تعد الجروح فئة واسعة تتضمن مجموعة متنوعة من الانتهاكات التي تطرأ على سلامة الأنسجة الحية. تتسبب هذه الانتهاكات في سلسلة من الاستجابات الفيزيولوجية المعقدة التي تهدف الى ترميم المنطقة المتضررة واستعادة وظيفتها. يتطلب فهم هذه العمليات المعقدة إدراكا شاملا لطبيعة الجروح وتصنيفاتها الأساسية، والتي تعتمد على خصائص الإصابة الأولية.

1. بنية الجلد:

يعتبر الجلد العضو الأكبر في جسم الانسان. وهو يتكون من ثلاث طبقات رئيسية. لكل منها وضائف محددة.

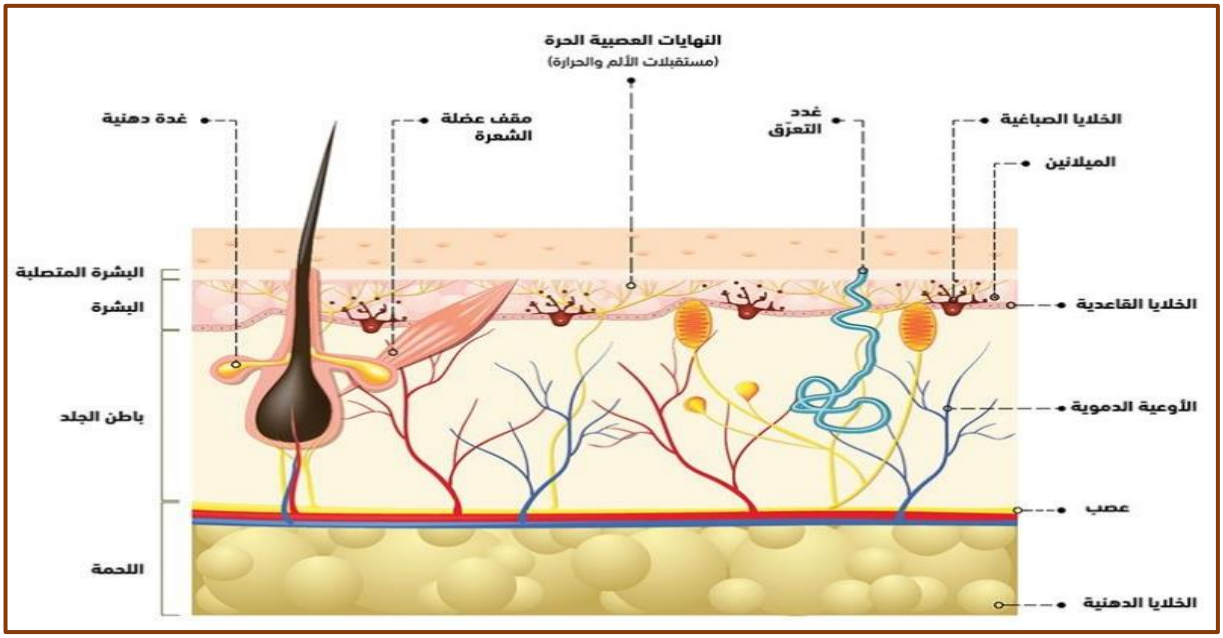
- **الطبقة الخارجية البشرة (Epidermis):** تشكل كحاجز وقائي ضد المكروبات والعوامل البيئية الضارة.
- **الأدمة (Dermis):** التي تحتوي على ألياف الكولاجين والايلاستين مما يمنح الجلد مرونته وقوته كما تضم الأوعية الدموية والغدد العرقية وبصيلات الشعر.
- **الطبقة الأعمق تحت الأدمة (Hypodermis):** فهي غنية بالأنسجة الدهنية التي تساهم في العزل الحراري وامتصاص الصدمات. تعمل هذه الطبقات معا للحفاظ على التوازن الداخلي للجسم إضافة الى دورها في الإحساس والتكيف مع البيئة المحيطة [33].

1.1.آلية امتصاص:

تعتمد قدرة الجلد على امتصاص المركبات النشطة على عدة عوامل، منها الموقع الجغرافي للمنطقة الجلدية، ومستوى الترطيب، ودرجة الحرارة، والعوامل الفسيولوجية مثل العمر والجنس. ويعد امتصاص عبر الجلد عملية ديناميكية، تتطلب انتقال الجزيئات النشطة من سطح الجلد عبر طبقاته المختلفة للوصول الى مجرى الدم أو تحقيق تأثير موضعي في الأنسجة المستهدفة.

هناك مساران رئيسيان لعبور المركبات النشطة عبر الجلد:

- **الأول**: هو المسار عبر البشرة، حيث تمر المواد عبر الخلايا القرنية أو بين المسافات البينية.
- **الثاني**: فهو المسار عبر البصيلات والغدد العرقية، حيث تستغل فتحات الشعر والقنوات العرقية كنقاط دخول المواد. يعتمد نجاح أي مادة نشطة على مجموعة من الخصائص الفيزيائية والكيميائية، مثل الوزن الجزيئي، والقدرة على الذوبان في الدهون والماء، وعدم السمية، مما يحدد فعاليتها في أنظمة التوصيل الدوائي عبر الجلد [34].



الصورة رقم 06. البنية التفصيلية للجلد وأدواره الفيزيولوجية [34].

2. الأدوار الفيزيولوجية للجلد:

1.2. الحماية (Protection):

- **حاجز ميكانيكي:** يعمل الجلد كدرع يحمي الجسم من التأثيرات الخارجية مثل المواد الكيميائية الضارة، الأشعة فوق البنفسجية، والعوامل الفيزيائية المختلفة.
- **المناعة:** تحتوي البشرة على خلايا لانجرهانز، والتي تلعب دورًا رئيسيًا في تنشيط الجهاز المناعي لمواجهة الكائنات الدقيقة الممرضة.
- **الحفاظ على الرطوبة:** تساهم الطبقة القرنية للبشرة في تقليل فقدان الماء الزائد، مما يساعد في الحفاظ على ترطيب الجسم.

2.2. التنظيم الحراري (Thermoregulation):

- **الغدد العرقية:** تسهم في تنظيم حرارة الجسم من خلال إفراز العرق الذي يتبخر من سطح الجلد، مما يؤدي إلى تبريده.
- **الأوعية الدموية:** تتكيف الأوعية الدموية مع تغيرات الحرارة، حيث تضيق عند انخفاض الحرارة للحفاظ عليها، وتتوسع عند ارتفاع الحرارة لتسريع فقدانها.

3.2. الإحساس (Sensation):

- **النهايات العصبية:** يحتوي الجلد على مستقبلات حسية تتيح الشعور باللمس والحرارة والألم، حيث تعمل هذه النهايات على نقل الإشارات العصبية إلى الدماغ لترجمتها إلى إحساسات مختلفة.

4.2. الإفراز والامتصاص (Secretion and Absorption):

- **الغدد الدهنية:** تفرز مادة دهنية تُعرف باسم "الزهم"، والتي تمنح الجلد والشعر ترطيبًا طبيعيًا، بالإضافة إلى توفير حماية مضادة للميكروبات؛
- **امتصاص المواد:** يمتلك الجلد القدرة على امتصاص بعض المواد الموضعية، مثل الكريمات والأدوية وبعض الفيتامينات.

5.2. التجديد والإصلاح (Regeneration and Repair):

- **التجديد الذاتي:** تتميز خلايا الجلد بقدرتها المستمرة على التجدد، حيث تنتج خلايا جديدة لتعويض الخلايا الميتة المتساقطة من البشرة؛
- **التئام الجروح**: يلعب الجلد دورًا حيويًا في التئام الجروح من خلال عمليات معقدة تشمل الالتهاب، تكوين الأنسجة الجديدة، وإعادة بناء الطبقات التالفة.

6.2. الإنتاج الحيوي (Biosynthesis):

✓ **فيتامين: D** يلعب الجلد دورًا أساسيًا في إنتاج فيتامين D عند تعرضه لأشعة الشمس، وهو عنصر ضروري لصحة العظام ودعم الجهاز المناعي.

7.2. التخزين (Storage):

✓ **الدهون:** تعمل الطبقة الدهنية تحت الجلد كمخزن للطاقة من خلال تخزين الدهون؛

✓ **الماء:** يحافظ الجلد على توازن السوائل في الجسم عبر تنظيم نسبة فقدان الماء، مما يساهم في استقرار التوازن المائي [3].

3. تعريف الجروح (wounds):

يُعرف الجرح بأنه تلف أو انقطاع في استمرارية أنسجة الجسم نتيجة عوامل خارجية مثل الإصابات الميكانيكية أو التأثيرات الحرارية أو الكيميائية أو العدوى. قد تتراوح الجروح بين البسيطة، التي تلتئم تلقائيا بمرور الوقت، والمعقدة التي تتطلب تدخلا طبيا لضمان شفائها بشكل صحيح. لا تؤثر الجروح فقط على سلامة الجلد، بل قد يكون لها أيضا تأثيرات صحية ونفسية على المصاب، مما يستدعي اتباع استراتيجيات علاجية مناسبة لتسريع التئامها والحد من المضاعفات المحتملة [35].

4. أنواع الجروح:

تصنّف الجروح حسب معايير مختلفة تشمل **درجة النظافة، عمق الإصابة، والمدة الزمنية لشفاء الجرح**، وكل تصنيف يساعد الأطباء والمختصين على تحديد طريقة العلاج المناسبة والوقاية من المضاعفات.

1.4. حسب درجة النظافة أو التلوث البكتيري:

تنقسم الجروح إلى أربع فئات رئيسية.

❖ **أولا:** الجروح النظيفة (Clean wounds) :

وهي تلك التي تحدث غالبًا أثناء العمليات الجراحية في بيئة معقمة دون اختراق لأي من القنوات المليئة بالبكتيريا مثل الجهاز الهضمي أو التنفسي، ولا تظهر عليها أي علامات للالتهاب أو العدوى، مثل جراحة الفتق أو القلب المفتوح، ويُتوقع لها نسبة منخفضة من العدوى لا تتجاوز5% [36].

❖ **ثانيا:** الجروح النظيفة-الملوثة(Clean-contaminated wounds) :

وهي تشمل الجروح الجراحية التي تدخل عبر أجهزة مليئة بالبكتيريا الطبيعية – مثل الأمعاء – ولكن تحت ظروف محكمة دون تلوث ظاهر، مثل جراحة استئصال الزائدة الدودية أو الولادة القيصرية، وتزيد احتمالية العدوى في هذه الحالة قليلًا لتصل حتى 11%.

❖ **ثالثا:** الجروح الملوثة (Contaminated Wounds):

فتشمل الإصابات التي تحتوي على تلامس مباشر مع البراز أو تسرب معوي أو اختراق كبير في التعقيم، مثل الجروح الناتجة عن طلق ناري بالبطن، مما يرفع خطر العدوى إلى نحو 17%.

❖ **رابعا:** الجروح المصابة أو الملوثة بشدة(Dirty or Infected wounds) :

وهي تلك التي تظهر عليها علامات صريحة للعدوى مثل الصديد والنسيج الميت وتكون غالبًا نتيجة إهمال أو إصابة قديمة، كما في الخراجات والجروح المتعفنة، ويصل معدل العدوى فيها إلى أكثر من 27%.

2.4. حسب ناحية العمق:

تُصنّف الجروح وفقًا لمدى تغلغلها في أنسجة الجسم

❖ الجروح السطحية (Superficial wounds): تقتصر على الطبقة الخارجية من الجلد (البشرة) وتكون بسيطة نسبيًا كما في الخدوش أو الحروق من الدرجة الأولى، ولا تحتاج إلى تدخل جراحي غالبا.

❖ الجروح جزئية السماكة **(Partial-thickness wounds)** :

فهي تمتد إلى طبقة الأدمة دون اختراق كامل للجلد، كما نلاحظ في بعض الحروق من الدرجة الثانية أو القرحات السطحية، وتتطلب عناية مضادة للعدوى وترطيب مستمر لتسهيل الشفاء.

❖ الجروح كاملة السماكة (Full-thickness wounds):

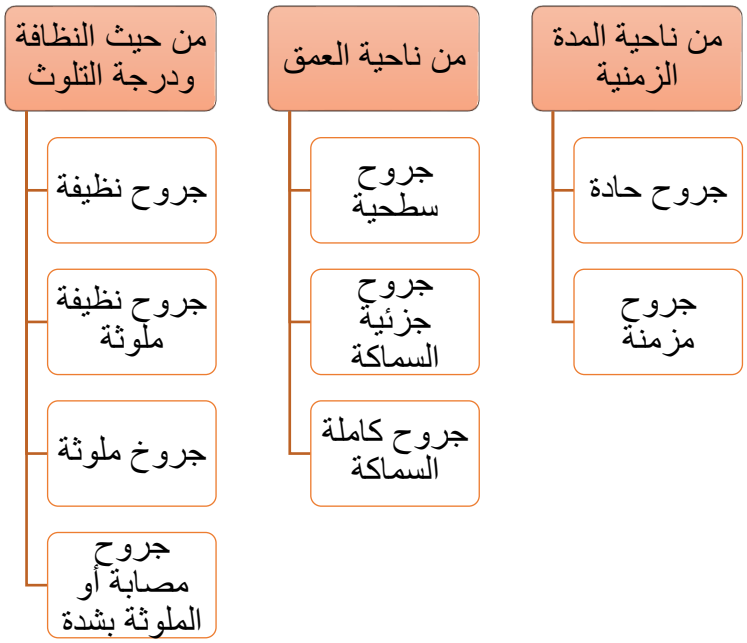
تصل إلى جميع طبقات الجلد وربما العضلات أو حتى العظام، وهي أخطر وتتطلب تدخلا جراحيا، مثل الجروح الناتجة عن الطعن أو الحروق من الدرجة الثالثة. هذا التصنيف مهم لفهم متطلبات الترميم النسيجي ومدى الحاجة إلى ترقيع جلدي أو علاج طويل الأمد.

3.4. حسب المدة الزمنية للشفاء:

وينقسم إلى جروح حادة وجروح مزمنة.

❖ الجروح الحادة (Acute wounds): تظهر نتيجة إصابة مفاجئة وتُشفى خلال فترة قصيرة لا تتجاوز بضعة أسابيع إذا ما عولجت بشكل مناسب، وتشمل الجروح الجراحية أو الناتجة عن الحوادث البسيطة.

❖ الجروح المزمنة (Chronic wounds): فإنها لا تلتئم خلال الإطار الزمني الطبيعي للشفاء (عادة أكثر من 4 إلى 6 أسابيع)، وقد ترتبط بأمراض مزمنة تعيق التجدد النسيجي مثل السكري أو نقص التروية أو الضغط المستمر على مناطق معينة من الجسم، وتشمل أمثلتها تقرحات القدم السكري وتقرحات الضغط والساق الوريدية. هذا النوع يتطلب علاجًا معقدًا يجمع بين التحكم في السبب الجذري والعناية الموضعية الدقيقة [37].



الشكل رقم 13. يوضح تصنيف الجروح.

5.الحروق (Burns) :

تُعد الحروق من أكثر أنواع الإصابات الجلدية خطورة، وتحدث نتيجة التعرض المباشر لمصدر حراري، كالنار أو السوائل الساخنة أو المواد الكيميائية أو حتى الكهرباء. تُصنف الحروق إلى درجات مختلفة حسب عمق الإصابة: الحروق من الدرجة الأولى تصيب الطبقة السطحية للجلد (البشرة) وتتميز بالاحمرار والألم البسيط، بينما الحروق من الدرجة الثانية تمتد إلى طبقة الأدمة وتسبب فقاعات وألمًا شديدًا، أما الحروق من الدرجة الثالثة فهي الأخطر، حيث تدمر جميع طبقات الجلد وقد تصل إلى الأنسجة العميقة مثل العضلات والعظام. تعتمد خطة العلاج على درجة الحرق، مساحته، وموقعه في الجسم، وتشمل تبريد المنطقة المصابة، التنظيف، استخدام مضادات حيوية موضعية)، وتغطية الجرح بضمادات معقمة. في الحالات الشديدة، قد يلزم التدخل الجراحي كزراعة الجلد. إضافةً إلى ذلك، فإن إدارة الألم والعناية بالتغذية السليمة تعتبران من الركائز الأساسية في تعزيز الشفاء وتقليل خطر العدوى [38].

6.التئام الجروح:

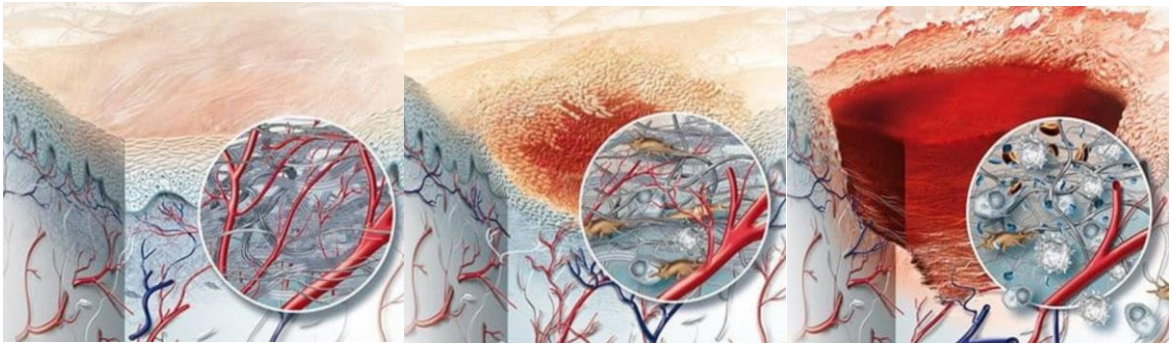
عملية بيولوجية معقدة لاستعادة سلامة الجلد.

يُعد التئام الجروح عملية بيولوجية ديناميكية تهدف إلى استعادة سلامة الجلد وإصلاح الأنسجة التالفة بعد التعرض لإصابة. تتكامل في هذه العملية العديد من الآليات الخلوية والجزيئية التي تعمل بتناغم لضمان تجديد الأنسجة وتقليل المضاعفات المحتملة. يمكن تقسيم التئام الجروح إلى ثلاث مراحل أساسية:

1. المرحلة الالتهابية: تبدأ فور حدوث الإصابة، حيث تنشط آليات وقف النزيف عبر تضيق الأوعية الدموية وتجمع الصفائح الدموية. يلي ذلك توسع الأوعية وإفراز وسائط التهابية تحفّز استجابة مناعية تهدف إلى إزالة مسببات الضرر والخلايا التالفة، مما يهيئ بيئة مناسبة لإصلاح الأنسجة.

2. مرحلة التكاثر: في هذه المرحلة، تتكاثر الخلايا الليفية لإنتاج ألياف الكولاجين وتتشكل الأوعية الدموية الجديدة لتعزيز تدفق الأكسجين والعناصر الغذائية إلى منطقة الجرح. كما تتزايد الخلايا الكيراتينية لإعادة بناء طبقة الجلد الخارجية، بينما تبدأ حواف الجرح في الانكماش تدريجياً لتقليل مساحته.

3. مرحلة إعادة التشكيل: تستمر هذه المرحلة لأسابيع أو حتى أشهر، حيث تخضع الأنسجة المتجددة لعمليات إعادة تنظيم وتقوية، مما يساعد على استعادة مرونة الجلد وقوته. خلال هذه الفترة، يتحسن توزيع الكولاجين ويحدث توازن بين تخليق الألياف الجديدة وتحلل الألياف الزائدة، مما يحدد في النهاية جودة التئام الجروح [39].



المرحلة الالتهابية مرحلة التكاثر مرحلة إعادة التشكيل

الصورة رقم 07. توضح مراحل التئام الجروح [39].

1.6. التئام جروح مرضى السكري :

يعاني مرضى السكري من بطء ملحوظ في التئام الجروح، وخاصة في الأطراف، حيث نلاحظ في المرحلة الالتهابية: ضعف في تدفق الدم، انخفاض في كفاءة الجهاز المناعي، تأخر في تنظيف الجرح وزيادة خطر العدوى. أما مرحلة التكاثر: فيكون بطء في تكوين الأنسجة الجديدة. وضعف في إنتاج الكولاجين والأوعية الدموية. كما أن الجرح يبقى مفتوحاً لفترة أطول. والمرحلة الأخيرة والتي هي إعادة التشكيل يكون الشفاء بطيء وغير مكتمل، وضعف في ترميم الأنسجة واحتمال تكرار الإصابة.

***العوامل الفسيولوجية المرتبطة بتأخر الشفاء لجروح مرضى السكري:**

من أبرز الأسباب: اعتلال الأعصاب الطرفية الذي يسبب فقدان الإحساس بالألم، مما يؤدي إلى استمرار تعرض الجرح للضغط أو التهيج دون أن يشعر به المريض. كما يساهم ضعف الدورة الدموية الناتج عن تضيق الأوعية الدموية في تقليل وصول الأكسجين والعناصر الغذائية الضرورية إلى موقع الجرح، مما يبطئ عملية الشفاء. إلى جانب ذلك، فإن ارتفاع مستويات السكر في الدم يثبط فاعلية خلايا المناعة ويزيد من قابلية الإصابة بالعدوى. تُظهر الأبحاث أن الرعاية المتخصصة والمتكاملة، مثل تنظيف الجروح، استخدام الضمادات المخصصة، السيطرة على سكر الدم، والمراقبة المستمرة من قبل مختصين، تساهم بشكل كبير في تحسين التئام جروح القدم السكرية [38].

7. العوامل المؤثرة في التئام الجروح:

يُعد التئام الجروح عملية حيوية معقدة تتأثر بالعديد من العوامل التي يمكن أن تعزز سرعة الشفاء أو تؤخره. وتنقسم هذه العوامل إلى نوعين رئيسيين: عوامل جهازية تؤثر على الجسم ككل، وعوامل موضعية تتعلق بالجرح نفسه وظروفه البيئية.

1.7. العوامل الجهازية:

تؤثر بعض العوامل المرتبطة بالصحة العامة والوظائف الفسيولوجية للجسم على قدرة الأنسجة على التعافي، ومن أهمها:

- ✓ **العمر:** مع التقدم في السن، يصبح التئام الجروح أبطأ نتيجة لانخفاض كفاءة العمليات الحيوية مثل تجديد الخلايا، وتكوين الأوعية الدموية الجديدة، وإنتاج الكولاجين. وعلى الرغم من ذلك، فإن جودة التئام الأنسجة لا تتأثر بشكل كبير، ولكن الفترة الزمنية المطلوبة للشفاء تكون أطول.
- ✓ **التغيرات الهرمونية:** تلعب الهرمونات دورًا رئيسيًا في تنظيم عملية التئام الجروح. فالأستروجين، على سبيل المثال، يعزز تكوين الأنسجة الجديدة، ويساعد في تقليل الالتهابات، مما يسرع من التئام الجروح.

أما الأندروجينات، فقد تبطئ هذه العملية من خلال تأثيرها السلبي على الاستجابة المناعية وتكوين الأوعية الدموية.

✓ **الضغط النفسي والتوتر:** يؤثر التوتر المزمن سلبًا على التئام الجروح، حيث يؤدي إلى زيادة إفراز هرمونات مثل الكورتيزول، مما يقلل من نشاط الجهاز المناعي ويؤخر الاستجابة الالتهابية الضرورية لبدء عملية الشفاء. كما أنه يحد من تكاثر الخلايا الليفية وإنتاج الكولاجين، مما يضعف إصلاح الأنسجة.

✓ **الأمراض المزمنة:** تؤثر بعض الحالات المرضية، مثل مرض السكري، على عملية التئام الجروح من خلال تقليل تدفق الدم إلى الأنسجة المصابة، والتسبب في التهابات مزمنة، وزيادة مستوى الجذور الحرة، مما يؤدي إلى تلف الخلايا وتأخر الشفاء.

✓ **السمنة:** تؤثر زيادة الوزن بشكل سلبي على التئام الجروح بسبب ضعف تدفق الدم في الأنسجة الدهنية، مما يقلل من كمية الأكسجين والعناصر الغذائية اللازمة لإصلاح الخلايا. كما أن السمنة تزيد من الالتهابات المزمنة، مما قد يؤدي إلى ضعف الاستجابة المناعية وتأخير التئام الجروح.

✓ **التدخين واستهلاك الكحول:** يُعد التدخين من العوامل التي تؤخر التئام الجروح، حيث يحد من تدفق الدم إلى المنطقة المصابة، ويؤثر على إنتاج الكولاجين الضروري لإصلاح الأنسجة. أما الكحول، فيؤثر سلبًا على جهاز المناعة، مما يجعل الجسم أكثر عرضة للعدوى ويبطئ من استجابة الخلايا المناعية لعملية الإصلاح.

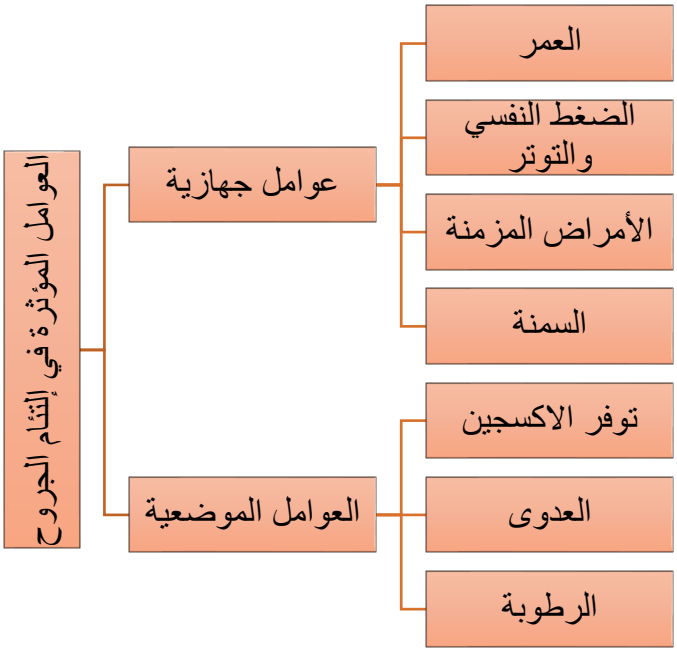
2.7. العوامل الموضعية:

إلى جانب العوامل العامة التي تؤثر على الجسم، هناك عوامل تتعلق بالجرح نفسه، وتشمل:

✓ **توفر الأكسجين:** يلعب الأكسجين دورًا حيويًا في عمليات الأيض داخل الخلايا، وهو ضروري لإنتاج الطاقة، وتكوين الأوعية الدموية الجديدة، وتحفيز تكوين الكولاجين. وعند انخفاض مستوى الأكسجين في الأنسجة المصابة، تصبح عملية التئام الجروح أبطأ، كما يزيد خطر حدوث التهابات نتيجة ضعف الاستجابة المناعية.

✓ **العدوى:** تُعد العدوى من أبرز العوامل التي تؤدي إلى تأخير التئام الجروح، حيث تطيل من مدة الالتهاب وتسبب تدميرًا إضافيًا للأنسجة. وعند إصابة الجرح بالبكتيريا أو الفطريات، يتم استهلاك جزء كبير من طاقة الجسم في مقاومة العدوى بدلًا من التركيز على تجديد الأنسجة وإصلاحها.

✓ **الرطوبة:** تؤثر البيئة المحيطة بالجرح على سرعة التئامه، حيث تساعد الرطوبة المعتدلة في منع تكون القشور، مما يسمح للخلايا الظهارية بالتحرك بسهولة لتغطية المنطقة المصابة. كما أن البيئة الرطبة تساهم في تحفيز عملية تكوين الأنسجة الجديدة وتقليل الألم وتحسين نتائج الشفاء [39].



الشكل رقم 14. العوامل المؤثرة في التئام الجروح.

8. استراتيجيات إدارة الجروح وربطها بتاريخ الضمادات:

تُعتبر إدارة الجروح، وخصوصًا المزمنة والمعقّدة منها، عملية متعددة الأوجه تستدعي دمج عدد من الأساليب المتقدمة لتحقيق أفضل نتائج للشفاء. في مقدمة هذه الاستراتيجيات يأتي **التطهير الموضعي (Antisepsis)**، حيث تُعدّ مطهرات من الخيارات الأكثر فعالية وأمانًا، لما لها من قدرة مزدوجة على خفض الحمل الميكروبي ومنع تكوّن **البيوفيلم** دون التسبب في ضرر خلوي يُعيق التئام الجرح. إلى جانب ذلك، يُستخدم **العلاج بالضغط السلبي (NPWT)** كوسيلة فعالة لسحب الإفرازات وتحفيز نمو الأنسجة من خلال تحسين التروية الدموية الموضعية.

ولأن الأنسجة الميتة تُعدّ بيئة مثالية لنمو البكتيريا وإعاقة الشفاء، فإن **إزالة الأنسجة (Debridement)** تُعدّ خطوة محورية، ويمكن إنجازها بطرق متعددة تشمل الإزالة الجراحية، أو الميكانيكية، أو حتى البيولوجية عبر استخدام **اليرقات المعقّمة** التي تتغذى على النسيج النخري وتُفر.

أما فيما يتعلق بالتغطية، فلم تعد **الضمادات مجرد وسيلة حماية**، بل تطورت لتصبح أدوات علاجية نشطة، بعضها قادر على إطلاق مواد مطهّرة أو مضادة للبكتيريا مثل الفضة، بينما تحتوي أنواع أخرى على مؤشرات بصرية تُظهر مستوى الرطوبة داخل الجرح، مما يُساعد على مراقبة الحالة بدقة. هذا التكامل بين المطهّرات، وإزالة الأنسجة، ودعم البيئة الميكروبية النافعة، واستخدام الضمادات الذكية،

يشكّل نموذجًا علاجيًا متقدمًا يجب تخصيصه وفق نوع الجرح، ودرجة تلوثه، وحالة المريض الصحية العامة، لضمان شفاء فعّال، آمن، وسريع [40].

9. تصنيف الضمادات حسب نوع الجروح: [41]

الجدول 01: أنواع الضمادات لكل جرح

نوع الضمادة	نوع الجرح المناسب	المميزات
ضمادات الشاش	الجروح السطحية الجروح السطحية غير المصابة	سهلة الاستخدام، تسمح بمرور الهواء لكنها قد تلتصق بالجرح.
الضمادات غير اللاصقة	الحروق، الجروح الحساسة	لا تلتصق بالجرح، تقلل الألم، تحتاج أحيانا لضمادة إضافية للتثبيت.
الرغوية	الجروح ذات الافرازات المتوسطة إلى الكثيفة	قدرة التصاق عالية، عزل حراري، تقلل خطر العدوى.
الهيدروليك	قرح الضغط، الجروح المتوسطة الافراز	تحافظ على رطوبة الجرح، تشكل جال، تحمي من التلوث.
الهيدروجيل	الجروح الجافة	ترطيب عال، تخفف الألم.

10. دور المستخلصات النباتية في التئام الجروح:

لطالما لعبت النباتات دورًا محوريًا في الطب التقليدي، حيث تمتلك العديد منها خصائص علاجية تعزز التئام الجروح وتساعد في تقليل مخاطر العدوى. وتتميز المستخلصات النباتية بتركيبتها الغنية بالمركبات النشطة، مما يجعلها خيارًا واعدًا في مجال العناية الحديثة بالجروح.

1.10. النباتات كمصدر للعلاجات الطبيعية:

تمتلك النباتات مركبات بيولوجية فعالة تساعد في تسريع التئام الجروح من خلال خصائصها المضادة للأكسدة، والالتهابات، والميكروبات. وقد أثبتت الدراسات أن العديد من هذه المركبات تساهم في تحفيز تكوين الأنسجة الجديدة وتعزيز المناعة، مما يجعلها أدوات قوية لدعم عملية الشفاء الطبيعي للجسم [42].

2.10. المستخلصات النباتية:

تعد المستخلصات النباتية مصدرًا غنيًا بمركبات نشطة مثل الفلافونويدات والفينولات، التي تلعب دورًا مهمًا في تحفيز إنتاج الكولاجين، مما يساعد في إعادة بناء الأنسجة المتضررة.

- تعزيز الاستجابة المناعية، مما يسرّع من عملية الشفاء.

- تقليل الإجهاد التأكسدي، الذي قد يعيق التئام الجروح [43].

3.10. آلية العمل:

تعتمد فعالية هذه المركبات الطبيعية على آليات متعددة، منها:

✓ تدمير جدار الخلية البكتيرية، مما يحد من انتشار العدوى ويعزز التعافي السريع.
✓ تثبيط تكوين الأغشية الحيوية (Biofilms)التي تزيد من مقاومة البكتيريا للعلاجات التقليدية.
✓ تحفيز تدفق الدم إلى المنطقة المصابة، مما يعزز إمداد الأنسجة بالأوكسجين والمواد الغذائية الضرورية لعملية الشفاء [44].

11. تعريف بكتيريا الجروح:

البكتيريا هي كائنات دقيقة وحيدة الخلية، بعضها يعيش بشكل طبيعي في جسم الإنسان ويساعد في وظائف حيوية، بينما يمكن أن يكون البعض الآخر ممرضًا، خاصةً عند اختراقه للحواجز الطبيعية للجسم مثل الجلد. عندما يصاب الجلد بجروح، يصبح عرضةً لغزو البكتيريا، مما قد يؤدي إلى التهابات تتفاوت في شدتها من بسيطة إلى خطيرة.

بكتيريا الجروح هي أنواع من الميكروبات التي تصيب الأنسجة المكشوفة نتيجة حدوث جرح أو قطع في الجلد، مما قد يؤدي إلى التهابات موضعية أو انتشار العدوى إلى باقي الجسم. تعتمد خطورة الإصابة على عدة عوامل، منها نوع البكتيريا، وحالة الجهاز المناعي، ومدى العناية بالجرح [45].

12. آلية حدوث العدوى البكتيرية في الجروح:

عند حدوث جرح، تفقد الطبقة الخارجية من الجلد دورها كحاجز طبيعي ضد الميكروبات، مما يسمح للبكتيريا بالدخول والتكاثر. تتم العدوى البكتيرية عبر:

- ✓ **التلامس المباشر:** من خلال ملامسة الجرح لأي سطح ملوث.
- ✓ **التعرض للأدوات غير المعقمة:** مثل الأدوات الطبية الملوثة.

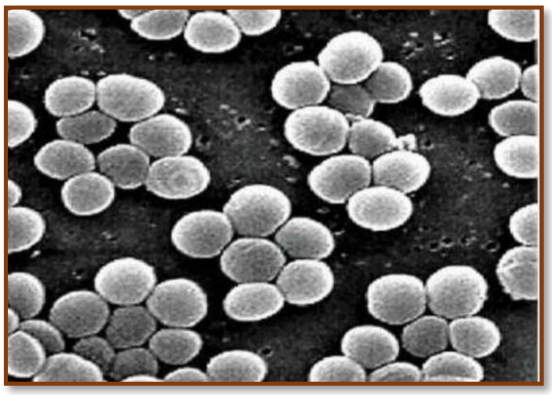
- ✓ **الانتقال من الجلد نفسه:** حيث يمكن أن تأتي العدوى من البكتيريا الطبيعية التي تعيش على البشرة.
- ✓ **انتشار العدوى الداخلية:** عند ضعف الجهاز المناعي، يمكن أن تنتقل البكتيريا إلى الجروح عبر مجرى الدم [46].

13. أنواع البكتيريا المسببة لالتهابات الجروح:

تتنوع أنواع البكتيريا المسببة لعدوى الجروح، ويمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

أولًا: البكتيريا الموجبة لصبغة جرام (Gram-positive bacteria):

- ❖ المكورات العنقودية الذهبية (Staphylococcus aureus):
- ✓ من أكثر المسببات شيوعًا لعدوى الجروح؛
- ✓ قادرة على إفراز سموم وإنزيمات تساعدها على مقاومة الجهاز المناعي؛
- ✓ بعض سلالاتها مقاومة للمضادات الحيوية (مثل المكورات العنقودية المقاومة للميثيسيلين MRSA).



الصورة رقم 08. بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية تحت المجهر الضوئي [47].

- ❖ المكورات العقدية (Streptococcus pyogenes):
- ✓ تسبب التهابات جلدية خطيرة، مثل الحمرة والتهاب النسيج الخلوي؛
- ✓ يمكن أن تؤدي إلى تعفن الدم في الحالات الشديدة.

ثانيًا: البكتيريا السالبة لصبغة جرام (Gram-negative bacteria):

- ❖ الزائفة الزنجارية (Pseudomonas aeruginosa):
- ✓ بكتيريا مقاومة للعديد من المضادات الحيوية؛
- ✓ تُعد من أكثر مسببات التهابات الجروح المزمنة والحروق؛

- ✓ قادرة على إفراز سموم تعيق التئام الجروح.

الصورة رقم 09. بكتيريا الزائفة الزنجارية تحت المجهر الالكتروني [48].

- ❖ الإشريكية القولونية(Escherichia coli):
- ✓ تعيش طبيعيًا في الأمعاء لكنها قد تسبب عدوى عند انتقالها إلى الجروح؛
- ✓ تنتج سمومًا قد تؤدي إلى مضاعفات خطيرة.

الصورة رقم 10. بكتيريا الاشريكية القولونية تحت المجهر الالكتروني [49].

- ❖ الكلبسيلة (Klebsiella spp):
- ✓ من البكتيريا التي تسبب عدوى المستشفيات؛
- ✓ مقاومة لبعض أنواع المضادات الحيوية، مما يجعل علاجها أكثر صعوبة [50].

14. المطهرات ودورها في مكافحة الميكروبات:

المطهرات هي مركبات كيميائية تستخدم للقضاء على الكائنات الدقيقة أو تثبيط نموها عند تطبيقها على الجلد أو الأسطح الحية. تلعب هذه المواد دورا أساسيا في الحد من انتشار العدوى، خاصة في البيئات الطبية حيث تسهم في تقليل خطر التلوث البكتيري على الأدوات الجراحية والجروح. وتختلف المطهرات

عن المعقمات، إذا ان الأخيرة تعمل على القضاء التام على جميع أشكال الحياة الميكروبية، بينما تهدف المطهرات الى تقليل أعداد الميكروبات الى مستوى آمن.

1.14. تصنيف المطهرات وخصائصها:

يتم تصنيف المطهرات بناء على مكوناتها الكيميائية وآلية تأثيرها على الكائنات الحية الدقيقة. ومن أهم أنواعها:

- ✓ **الكحوليات:** مثل الايثانول، وهو فعال في القضاء على العديد من أنواع البكتيريا والفيروسات عند استخدامه بتركيز مناسب.
- ✓ **المركبات الفينولية:** تستخدم في تعقيم الأسطح والمعدات الطبية، حيث تمتلك قدرة على تدمير جدران الخلايا البكتيرية.
- ✓ **مركبات اليود:** تعد من المطهرات القوية التي تعمل من خلال تعطيل الانزيمات الحيوية داخل الخلية البكتيرية.
- ✓ **بيروكسيد الهيدروجين:** يعتمد تأثيره على عملية الأكسدة التي تساهم في تدمير المادة الوراثية للميكروبات.
- ✓ **الكلور ومشتقاته:** تستخدم هذه المركبات بشكل واسع في تعقيم المياه والأدوات الطبية، نظرا لقدرتها على اتلاف الأغشية الخلوية للبكتيريا [51].

2.14. كيفية عمل المطهرات والعوامل المؤثرة على فعاليتها:

تؤدي المطهرات وظيفتها من خلال عدة آليات، مثل تدمير الجدار الخلوي للبكتيريا، مما يؤدي الى تسرب محتوياتها الداخلية وموتها. كما يمكن لبعض المطهرات أن تؤثر على نشاط الانزيمات الضرورية لحياة الميكروبات، مما يحد من قدرتها على التكاثر. إضافة الى ذلك، فان بعض المركبات الكيميائية تعطل تركيب الأحماض النووية، مما يمنع نمو البكتيريا من الانقسام والتكاثر.

-تعتمد كفاءة المطهرات على مجموعة من العوامل منها:

- **التركيز المستخدم:** يؤثر تركيز المادة المطهرة بشكل مباشر على مدى فعاليتها، اذ يمكن أن يكون التركيز المنخفض غير كاف للقضاء على البكتيريا، بينما قد يكون التركيز العالي ساما للأنسجة الحية.
- **زمن التعرض:** كلما زادت مدة التلامس بين المطهر والكائنات الحية الدقيقة، ارتفعت نسبة القضاء عليها.
- **نوع الميكروبات المستهدفة:** بعض الأنواع البكتيرية تتمتع بقدرة أكبر على مقاومة المطهرات مقارنة بغيرها، مما يتطلب اختيار المطهر المناسب لكل حالة.

- **الظروف البيئية:** وجود مواد عضوية مثل الدم أو الإفرازات قد يقلل من كفاءة المطهر، لذا يفضل تنظيف الأسطح قبل تعقيمها للحصول على أفضل النتائج [51].

الفصل الثالث: نبات الجوز

تمهيد:

في عالم الطبيعة الشاسع، تزخر مملكة النباتات بكنوز ثمينة لطالما استُخدمت عبر العصور لدعم صحة الإنسان وعافيته. تُعرف هذه النباتات بخصائصها العلاجية الفريدة، حيث تحتوي على مركبات كيميائية نشطة ذات تأثيرات دوائية محتملة. من بين هذه الكنوز، يبرز لحاء الجوز (Juglans regia) كمثال تقليدي ذو تاريخ طويل في الاستخدامات الطبية الشعبية. يحظى هذا اللحاء بتقدير خاص لما يحتويه من مكونات قد تساهم في تخفيف بعض الحالات الصحية، مما يجعله جزءًا مثيرًا للاهتمام في دراسة النباتات الطبية وتطبيقاتها المحتملة.

1-التصنيف العلمي والتسمية: [56] [52]

الجدول 03: يوضح التصنيف العلمي لنبات الجوز

رتبة التصنيف	Juglan regia (الجوز)
المملكة	نباتات
القسم	كاسيات البذور
الصف	ثنائيات الفلقة
الرتبة	Brassicales
العائلة	فصيلة السلفادورا
الجنس	الجوغلانس
النوع	Salvadora persica

الجدول 02: يوضح التسمية لنبات الجوز

الاسم العلمي	Juglans regia
الاسم الإنجليزي	.Common Walnut،Walnut،Persian Walnut
الاسم العربي	السواك، الجوز
الاسم الفرنسي	ganquier،Noyer royal
الاسم الأمازيغي	Tadjoudjte

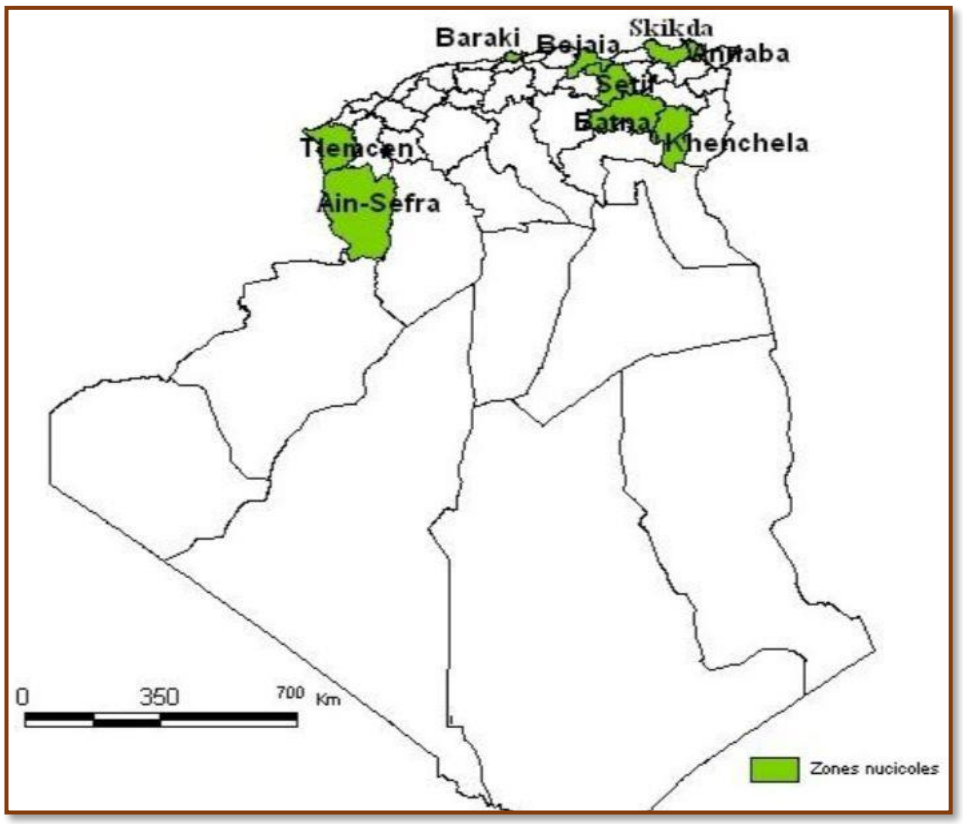
2.الموقع الجغرافي:

يعد Juglans regia نباتا موطنه الأصلي جبال آسيا الوسطى، وخصوصا السلسلة الجبلية الممتدة من مقاطعة شينجيانغ في الصين غربا، مرورا بكازاخستان وأوزبكستان وجنوب قيرغيزستان، الى سلاسل الجبال الواقعة شمال الهند وباكستان ونيبال. كما ينتشر في أجزاء من أفغانستان وتركمانستان وأذربيجان وأرمينيا وجورجيا وشمال تركيا.

وتتميز هذه المناطق بتنوع مناخي كبير وظروف بيئية مناسبة، خاصة من حيث أشكال التضاريس وخصائص التربة. وخلال العصور القديمة، تم نقل هذا النبات الى أوروبا، حيث زرع في بلدان البحر الأبيض المتوسط، مثل اليونان وإيطاليا، وانتشر لاحقا الى مناطق أوسع في القارة. وقد أدى ذلك الى تكيف الجوز مع بيئات مختلفة، ما جعله من الأنواع المزروعة اقتصاديا في أجزاء عديدة من العالم. وانتشرت زراعته الى مناطق أخرى نتيجة للأنشطة التجارية والاستعمارية، ما ساعد في توسيع نطاقه الجغرافي [53].

1.2.موقعه في الجزائر:

تزرع هذه الشجرة بشكل أساسي في مرتفعات الأوراس، وبعض المناطق السهبية والهضاب العليا مثل تلمسان وسكيكدة والبويرة وسوق أهراس وباتنة وخنشلة وعنابة، كما تسجل بعض الزراعات المتفرقة في الجنوب الغربي، خصوصا منطقة عين الصفراء. وفقا للبيانات الإحصائية الرسمية، فان زراعة الجوز في الجزائر ما تزال ضعيفة من حيث المساحات والإنتاجية [54].



الصورة رقم 11. موقع شجرة الجوز في الجزائر [54].

3.وصف النبات :

تعد شجرة الجوز نباتا متساقط الأوراق، تتميز بحجمها الكبير، اذ قد يصل ارتفاعها الى ما بين 25و35 مترا، ويبلغ قطر جذعها أحيانا نحو مترين. عادة ما يكون الساق مستقيما نسبيا، وتنتشر فروعه على نطاق واسع. بالرغم من امتلاكها لجذور عميقة وقوية، الا ان جذورها السطحية تسهم أيضا في تثبيت التربة. أوراقها مركبة وريشية، يتراوح طولها من 25 الى 40 سم، وتتكون عادة من 5 الى 9 وريقات بيضاوية الشكل. تزهر الشجرة في الربيع، حيث تظهر الأزهار الذكرية على شكل سنابل متدلية، في حين تكون الأنثوية قائمة ومفردة. وتنتج الثمار التي تأخذ شكل كروي الى بيضاوي، محاطك بقشرة خضراء خارجية تغلف قشرة خشبية صلبة بداخلها البذرة الصالحة للأكل، وهي الجزء المعروف بالجوز [55].

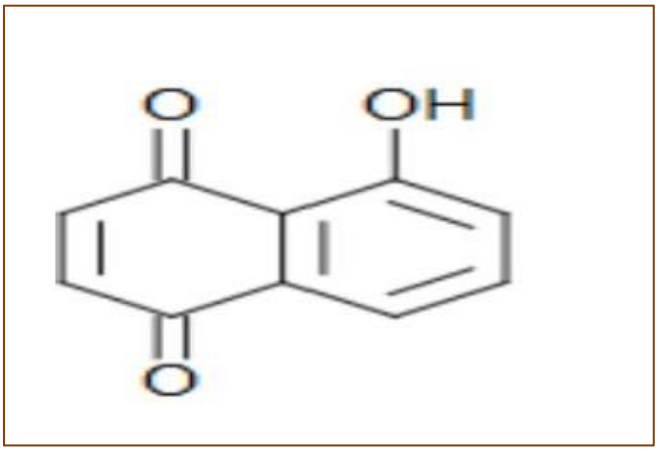
الصورة رقم 12. توضح شجرة الجوز [55].

4.التركيب الكيميائي :

يُعد نبات الجوز (Juglans regia) من الأنواع النباتية الغنية بالمركبات الكيميائية النشطة بيولوجيًا، حيث يضم في تركيبه مستَقلبات أولية كالكربوهيدرات (بنسبة تصل إلى 12% من الكتلة الجافة للثمرة)، الأحماض الأمينية (مثل التريبتوفان، الفينيل ألانين، والبرولين)، الأحماض العضوية (كالماليك، الستريك، والشيكيميك)، إضافة إلى عناصر معدنية هامة كالكالسيوم، الحديد، المغنيسيوم، الزنك، والبوتاسيوم. كما يحتوي على نسبة عالية من الدهون (30–60%) تهيمن عليها الأحماض الدهنية غير المشبعة، خاصة حمض اللينوليك (52–64%) وحمض اللينولينيك (11–18%).

أما اللحاء، فيتميّز بتركيبة كيميائية مركّزة من المستقلبات الثانوية، أهمها المركبات الفينولية والفلافونويدات التي تلعب دورًا محوريًا في التأثيرات العلاجية لهذا النبات. تشير التحاليل الكيميائية إلى أن محتوى لحاء الجوز من المركبات الفينولية يصل إلى 550–450 ملغ من مكافئ حمض الغاليك لكل 100 غرام من المادة الجافة، بينما يبلغ محتواه من الفلافونويدات حوالي 45–27 ملغ من الكرستين لكل 100 غرام. وتضم هذه المجموعة الفعالة مركبات مثل حمض الغاليك، حمض الكافيك، الكيرسيتين، والروتين، بحيث أظهرت تحاليل المستخلصات (المائية والايثانولي) دورا في تحديد نوعية وكمية المركبات الفعالة. [57]. كما أوضحت دراسة سابقة من مستخلص لحاء جذور شجرة الجوز (JUGLANS REGIA)، تم الحصول على المستخلص باستخدام طريقة النقع المائي، حيث نقعت 10 غرامات من المسحوق في 100 مل من الماء المقطر لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة بعيدا عن الضوء، ثم جفف المستخلص بالتجميد. وبلغ مردوده 7.1%، مما يدل على كفاءة جيدة لاستخلاص المركبات الفاعلة من هذا الجزء النباتي. وأظهرت التقدير الكمي أن المستخلص غني بالمركبات الفينولية والفلافونويدية، حيث بلغ محتوى الفينولات الكلية 60.2 ملغم مكافئ حمض الغاليك/غ، وبلغ محتوى الفلافونويدات 28.4 ملغم مكافئ كيرستيين/غ [58].

إضافة إلى ذلك، يحتوي اللحاء على مركب الجوجلون (Juglone) الذي يُعتبر من أهم المركبات النشطة في النبات، إذ يمتلك فعالية قوية مضادة للبكتيريا والفطريات، كما يُساهم في آلية الدفاع النباتي.



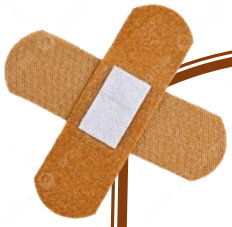
الشكل رقم 15. يوضح مركب الجوغلان $C_{10}H_6O_3$[57].

5 .استعمالات النبات :

يُعتبر نبات الجوز من الأنواع النباتية ذات الاستعمالات الواسعة بفضل غناه بالمركبات النشطة بيولوجيًا. ففي المجال الطبي، يُستخدم الجوز كمضاد فعال للبكتيريا، الفطريات، والفيروسات، بالإضافة إلى كونه مطهّرًا، مضادًا للديدان، خافضًا لسكر الدم، وقابضًا، مما يجعله مفيدًا في علاج الإسهال، آلام المعدة، والتهابات اللثة والفم. كما تُستخدم أوراقه الطازجة لتقليل الحمى، ويُحضّر من لحائه معجون لتخفيف آلام المفاصل والروماتيزم. أظهرت الدراسات أيضًا أن مستخلصات الجوز تملك خصائص مضادة للأورام، خاصةً في خلايا القولون والكلى، كما أن لها تأثيرًا وقائيًا ضد الزهايمر من خلال تثبيط بروتين بيتا أميلويد المرتبط بمرض الشيخوخة. تم تقييم الفعالية المضادة للبكتيريا للمستخلص ضد كل من Staphylococcus aureus / Escherichia coli باستخدام طريقة الانتشار في الوسط الصلب، حيث كانت مناطق التثبيط 16 ملم على التوالي. كما تم تحديد التركيز المثبط الأدنى (MIC) بـ: 1.25 و2.5 ملغم/مل والتركيز القاتل (MBC) بـ: 2.5 و5 ملغم/مل على التوالي، مما يعكس الإمكانات المضادة للميكروبات التي يتمتع بها المستخلص [59].

في الجانب التجميلي، يُستخدم لحاء الجوز كسواك طبيعي لتنظيف الأسنان وتقوية اللثة، كما يدخل في تحضير مستحضرات العناية بالشعر مثل الشامبو والصبغات، حيث يُقال إنه يعالج القشرة، يبطئ تساقط الشعر، ويمنحه لمعانًا ونعومة. أما من الناحية الغذائية، فتُعد نواة الجوز عنصرًا غذائيًا مهمًا، إذ تدخل في صناعة الحلويات والخبز، ويُستخرج منها زيت غني بالأحماض الدهنية غير المشبعة، الفيتامينات، والبروتينات.

أما على المستوى الصناعي، فإن خشب الجوز معروف بجودته العالية ويُستخدم في صناعة الأثاث، الأسلحة، والخزائن، بينما تُستغل قشوره في تحضير الصبغات الطبيعية. كما تُستخدم مستخلصاته في الصناعات الصيدلانية، التجميلية، وصناعة الصابون، بفضل احتوائها على مركبات فعالة تدخل كمثبتات ومشتتات في التركيبات المختلفة [60] [61].



الجزء التطبيقي

الفصل الأول: المواد والطرق

تمهيد:

تم اجراء العمل التجريبي في مخابر بحث، على مستوى مخبر الكيمياء التطبيقية والبيئة لكلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي. أما الاختبارات المضادة للبكتيريا في مخبر المجد بالوادي.

1.طرق أخذ العينات :

1.1.المواد النباتية المدروسة:

❖ **لحاء شجرة الجوز:** تم جني لحاء شجرة الجوز من ولاية سوق اهراس بلدية سيدي فرج، باعتبارها منطقة جبلية واحتوائها على مناخ معتدل والتربة الخصبة الواقعة في دائرة العرض 36.2708° شمالا وخط الطول 7.8561° شرقا بتاريخ 2025/01/20. تم وضعها فوق قماش في مكان منعزل بعيدا عن الرطوبة وتقلب بين الحين والآخر لتفادي فسادها لبعض الأيام إلى غاية جفافها التام. تم تقطيع لحاء الجوز الى قطع 2مم.

قبل التقطيع بعد التقطيع

الصورة رقم 13. توضح لحاء شجرة الجوز.

❖ **البطاطا:**أخذت النبتة المدروسة درنات البطاطا(Solanum) من المنطقة الزراعية ببلدية قمار ولاية الوادي في 25 /02/ 2025.

صورة رقم 14. توضح درنات البطاطا.

❖ **قشور البرتقال** :تم إقتناء قشور البرتقال من نوع Tamsou ، في 2025/01/15.

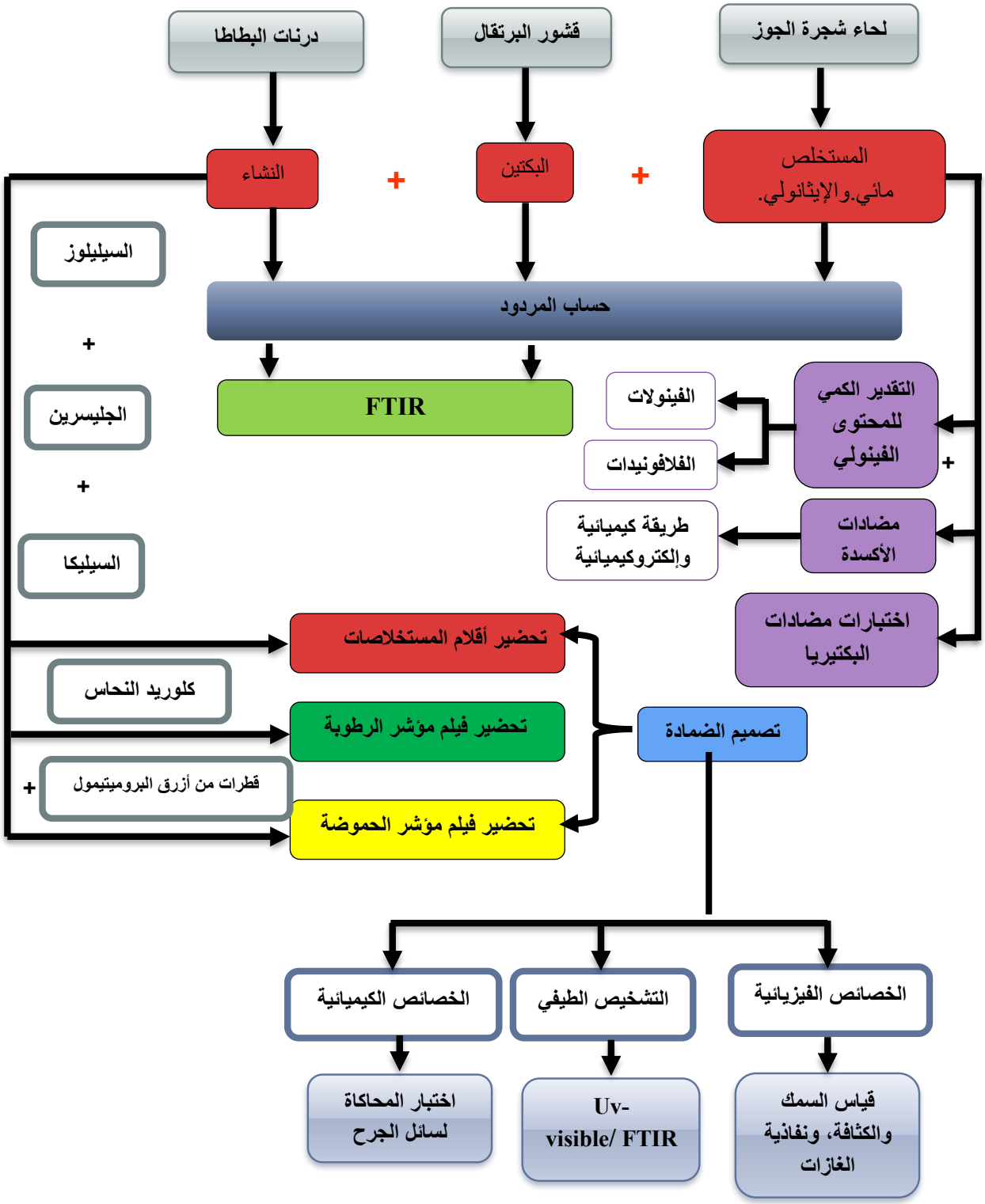
الصورة رقم 15. توضح قشور البرتقال.

2.الأدوات والأجهزة المستعملة في الدراسة :

الجدول 04: يوضح المواد والطرق.

المواد	الأجهزة
الايثانول (96%) - حمض الغاليك- كربونات الصوديوم- الكرستين- كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) - كاشف ال Folin -ciocaltin- الماء المقطر- الجليسيرين ($C_3H_8O_3$) -السيليلوز التجاري (Biochem) -الماء الأكسجيني (30%) -حمض الأستيك ($C_2H_4O_2$) -كلوريد النحاس ($CuCl_2$) - أزرق البروميتيمول ($C_{27}H_{28}Br_2SO_5$) -الأمونيا (NH_3) - بيكربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) - حمض الكلور (Hcl)- حمض الكبريت(H_2SO_4) - فوسفات الصوديوم (Na_3PO_4) - موليبيدات الألمنيوم - كلوريد البوتاسيوم(Kcl) -كلوريد الصوديوم -فوسفات الصوديوم (Na_3PO_4)- الزيت النباتي($C_{18}H_{34}O_2$) -البروتين. ثنائي ميثيل السلفوأميد (DMSO)	-ميزان إلكتروني حساس Ohaus. -فرن كهربائي Elos. -أداة الميكرومتر. -جهاز المطيافية الأشعة تحت الحمراء (*Cary 630*). -جهاز المطيافية الفوق البنفسجية Diab. -جهاز الطرد المركزي Diab . -جهاز (Rotavape) ذو العلامة الألمانيةHeidolph. -جهاز الرج والتسخين Diab . - الحمام المائي Raypa.

3.مخطط العمل التجريبي :

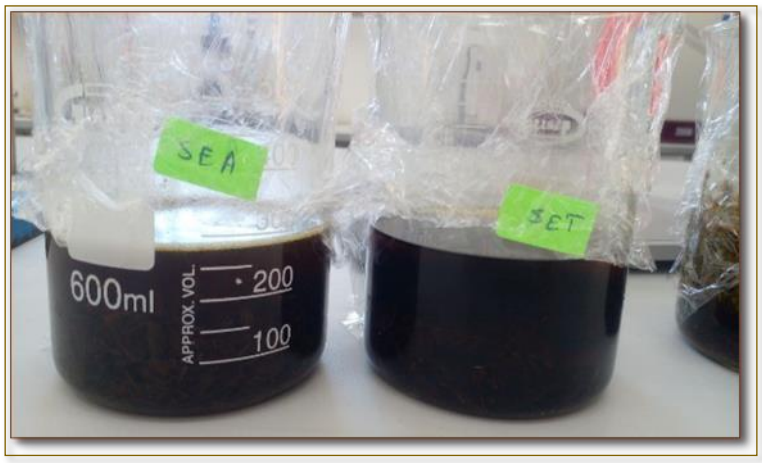


الشكل رقم 16. يمثل مخطط العمل التجريبي.

4.طرق العمل :

1.4.الاستخلاص:

تمت عملية الاستخلاص بواسطة النقع وذلك بنقع كميتين ذات وزن متساوي 25 غ من لحاء شجرة الجوز في 250 مل من الايثانول ذو حرارة ساخنة 50 م° من جهة. ومن جهة أخرى 250 مل ماء مقطر فاتر لمدة 24 ساعة. لحصول على المستخلص تم الترشيح الخليط كل منهما باستخدام القماش ثم ورق الترشيح. وتم إزالة المذيب عند 45 م° وذلك باستخدام المخبر الدوار الذي يعمل تحت الفراغ.



الصورة رقم 16. توضح المستخلص المائي والإيثانولي للحاء شجرة الجوز بعد الترشيح.

2.4. حساب المردود:

حيث هو النسبة بين كتلة المادة النباتية الجافة المستخلصة على كتلة المادة النباتية الجافة الابتدائية.

R (%)=(كتلة المستخلص /كتلة المادة الابتدائية)*100

3.4. التقدير الكمي للفينولات والفلافونيدات للمستخلصات:

تم تقدير كميات الفينولات والفلافونيدات بالطرق الطيفية حيث استعمل الطريقة الطيفية فوق البنفسجية – المرئية.

4-3-1-التقدير الكمي للمركبات الفينولية:

تم اتباع طريقة (Singleton -Rossi) عام 1965 مع التعديل باستخدام كاشف

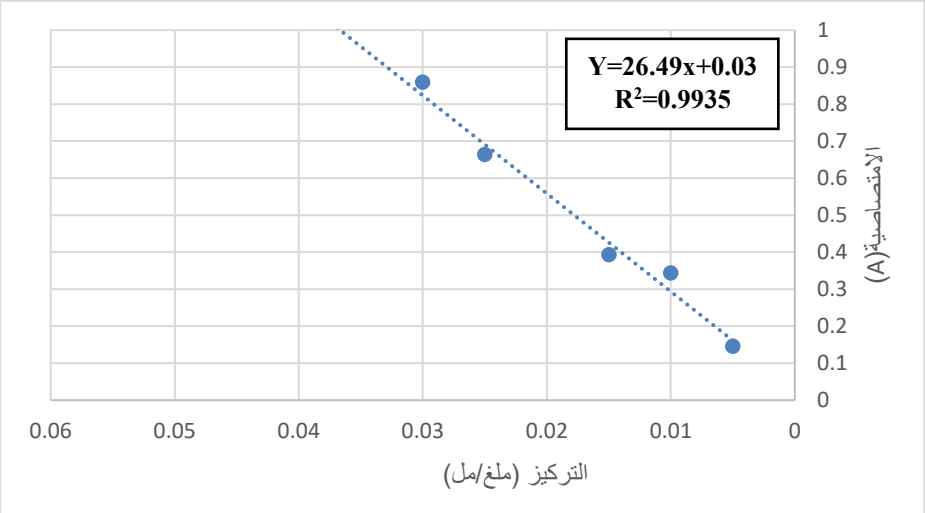
Folin-Ciocalteau، حيث تتميز هذه الطريقة على ارجاع مكونات الكاشف بواسطة المركبات الفينولية، الموجودة في المستخلص [62].

يتم تقدير المركبات الفينولية كميا بواسطة جهاز مطياف UV-visible باستعمال حمض الغاليك كمرجع عند الطول الموجي 765 نانومتر.

❖ **تحضير المنحنى العياري للفينولات:**

نحضر محاليل ممددة من حمض الغاليك تراكيزها ما بين (0.005 - 0.05) ملغ/ مل في أنابيب اختبار، ثم نأخذ من كل محلول 1 ملل ونضيف له 0.5 ملل من كاشف الفولين (الممدد 10 مرات) وتوضع في الظلام لمدة 5 دقائق، بعدها نقوم بإضافة 2 ملل من محلول كربونات الصوديوم (Na_2CO_3 7.5%)، ترج الأنابيب ليتم تجانس المحاليل المرجعية بشكل جيد. ونضعها في الظلام لمدة 30 دقيقة.

نقوم بعد ذلك بقراءة الامتصاصية الضوئية لكل تركيز بجهاز المطيافية الضوئية عند الطول الموجي يساوي 765 نانومتر.



الشكل رقم 17. المنحنى العياري لحمض الغاليك لقياس الفينولات.

❖ **تحضير العينات:**

نقوم بتحضير المستخلصات بتركيز 1غ/مل ونعاملهم مثل ما عاملنا المحاليل المرجعية. نقوم بعدها بحساب كمية الأحماض الفينولية الكلية الموجودة في هذه الأخيرة بالنسبة لحمض الغاليك ويتم التعبير عنها ب mg من حمض الغاليك المكافئ ل g من المادة النباتية (mg/g).

4-3-2-التقدير الكمي للفلافونيدات:

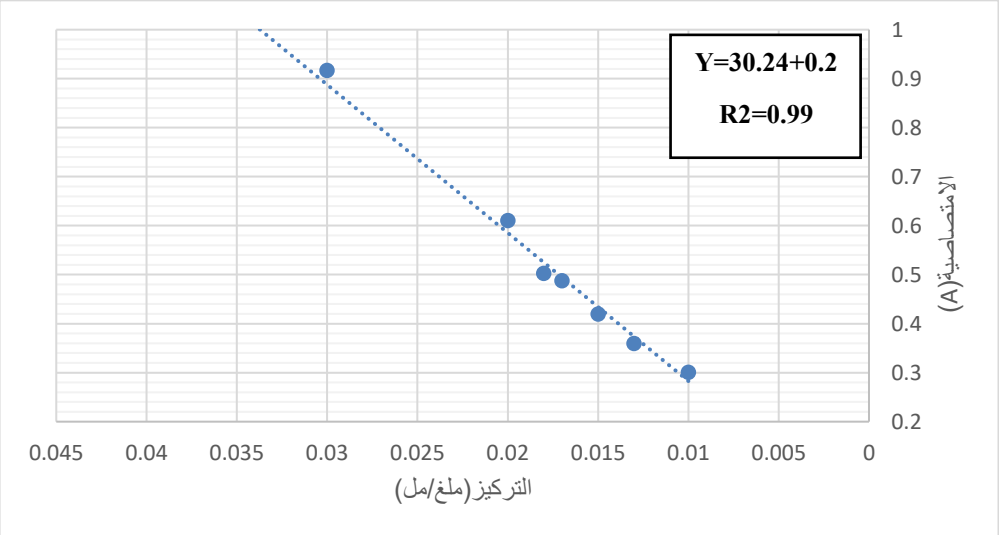
يعتمد في هذا الاختبار على قدرة تشكل المعقد الأصفر بين ثلاثي كلور الألمنيوم ($AlCl_3$) مع مجموعة الهيدروكسيل (OH) الموجودة في الفلافونيدات [63].

حيث تقدر كمية الفلافونيدات بواسطة جهاز مطياف (UV-visible) بإستعمال الكرستيين كمرجع عند الطول الموجي يساوي 420 نانومتر.

❖ **تحضير المنحنى العياري للفلافونيدات:**

نحضر محاليل مختلفة من الكرستيين ذات تراكيز محصورة بين (0.01-0.04) ملغ/مل، نأخذ من كل محلول حجم قدره 0.5 مل ونضيف له 0.5 مل من الكاشف ثلاثي كلور الألمنيوم ($AlCl_3$) ذو التركيز 2% مع الرج. وتترك المحاليل في الظلام لمدة 30 دقيقة.

تتم قراءة بعد ذلك الامتصاصية الضوئية لكل تركيز بجهاز المطيافية (UV-visible) عند الطول الموجي يساوي 420 نانومتر.



الشكل رقم 18. المنحنى العياري للكرستيين لقياس الفلافونيدات.

❖ **تحضير العينات:**

نقوم بتحضير المستخلصات بتركيز(1غ/مل)، نأخذ من كل مستخلص حجم قدره 0.5 ملل ونضيف له 0.5 مل من الكاشف ثلاثي كلور الألمنيوم ($AlCl_3$) مع الرج في كل مرة. وتترك المحاليل في الظلام لمدة 30 دقيقة. تقرأ الامتصاصية بواسطة جهاز عند طول موجي 420 نانومتر.

4.4. تقدير الفعالية المضادة للأكسدة:

قمنا بتقدير الفعالية المضادة للأكسدة اعتمادا على الطرق الكيميائية المتمثلة في اختبار موليبيدات الفوسفات، والطرق الكهروكيميائية باستخدام الفولطومتري الحلقي.

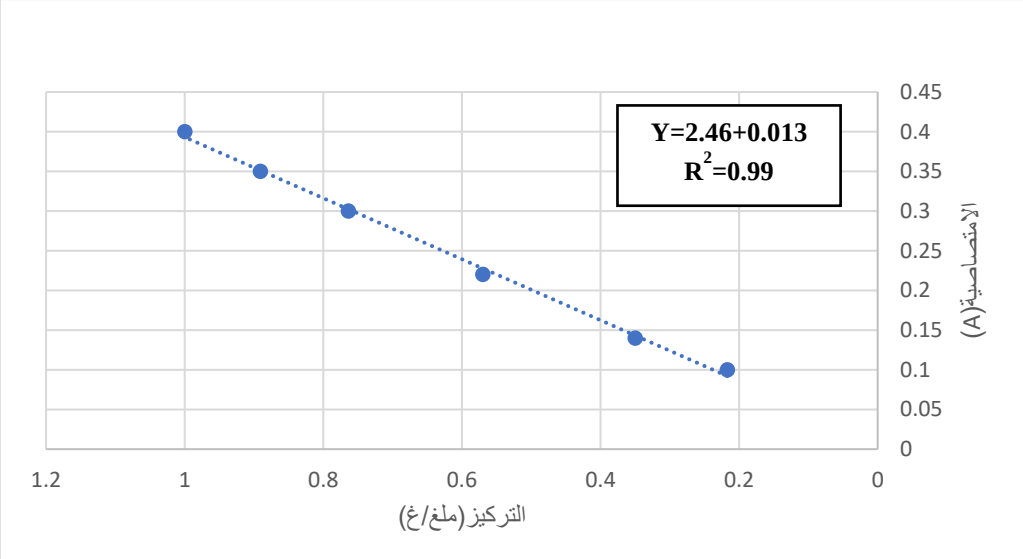
أ- اختبار الفعالية المضادة للأكسدة بالطريقة الكيميائية:

تعتمد هذه الطريقة على قياس القدرة الإرجاعية لمضادات الأكسدة غير الإنزيمية، تعتمد على إرجاع الموليبيدات Mo^{+6} وهذا في وجود عامل مضاد للأكسدة في وسط حامضي لتشكيل معقد مخضر Phosphate/Mo $^{+5}$. ويفسر هذا بانتقال الهيدروجين أو الالكترون من المستخلص الى المعقد PPM [64].

طريقة العمل:

نأخذ 0.1 مل من تراكيز مختلفة من المستخلصات المذابة في الماء أو الإيثانول ونضيف لها 1 مل من محلول موليبيدات الفوسفات الذي حضر بمزج 0.6 مولاري من حمض الكبريت و28 مل مولاري من فوسفات الصوديوم و4 مل مولاري من موليبيدات الألمنيوم.

ثم يوضع المزيج في حمام مائي حرارته 90° لمدة 90 دقيقة. بعدها تترك الأنابيب الاختبار تبرد ثم تتم قراءة الامتصاصية عند طول موجي 695 نانومتروذلك باستخدام مطيافية (UV-visible) [65].



الشكل رقم 19. منحنى عياري لحمض الاسكوربيك

ب-اختبار القدرة الكلية المضادة للأكسدة بالطريقة الكهروكيميائية:

من بين الطرق الكهروكيميائية لاختبار القدرة الكلية المضادة للأكسدة تعتبر طريقة الفولطامترية الحلقي من أهم طرق التي استعملها ربيعي عبد الكريم في تقديره للقدرة الكلية المضادة للأكسدة لمنتجات

النحل [66]، حيث استعملنا هذه التقنية لتقدير الفاعلية المضادة للأكسدة، وتم ذلك باستخدام التركيب التجريبي الموضح في الشكل:

الصورة رقم 17. توضح تركيبة الجهاز.

الأقطاب:

القطب المرجعي: هو الكترود الكالومال المشبع بكلوريد البوتاسيوم (ECS).

القطب المساعد: له وظيفة وحيدة وهي اغلاق الدارة، وهو عبارة عن سلك من البلاتين

القطب العمل: هو الكترود الذي تتم عليه تفاعلات الأكسدة والارجاع، وهو عبارة عن الكترود من الكربون الزجاجي

طريقة العمل:

✓ **تحضير العينات:**

تم أخذ تركيز قدره 10 مغ/مل لكل مستخلص في 7.5 مل من المذيب سواءا ماء أو ايثانول واضافة 7.5مل من الماء أو ايثانول للحصول على تركيز 150مغ/مل ثم نظيف كتلة 0.16غ من ملح كلوريد البوتاسيومKCl. ومن جهة تم تحضير المحلول الشاهد وذلك بمزج 7.5 مل ماء و7.5ملل ايثانول واضافة 0.16غ من KCl.

✓ **تحضير قطب العمل:**

يعتبر قطب العمل الركيزة الأساسية الكهروكيميائية حيث تتم على سطحه عملية الأكسدة والارجاع، لذا يجب تنظيف السطح من أي مادة تعمل على إعاقة عمليتا الأكسدة والارجاع، كوجود أكاسيد أو مادة مرجعة أو دهون. من هنا كانت أهمية معالجة السطح وتنظيفه قبل أي عملية قياس.

✓ **الالكتروليت المساعد:**

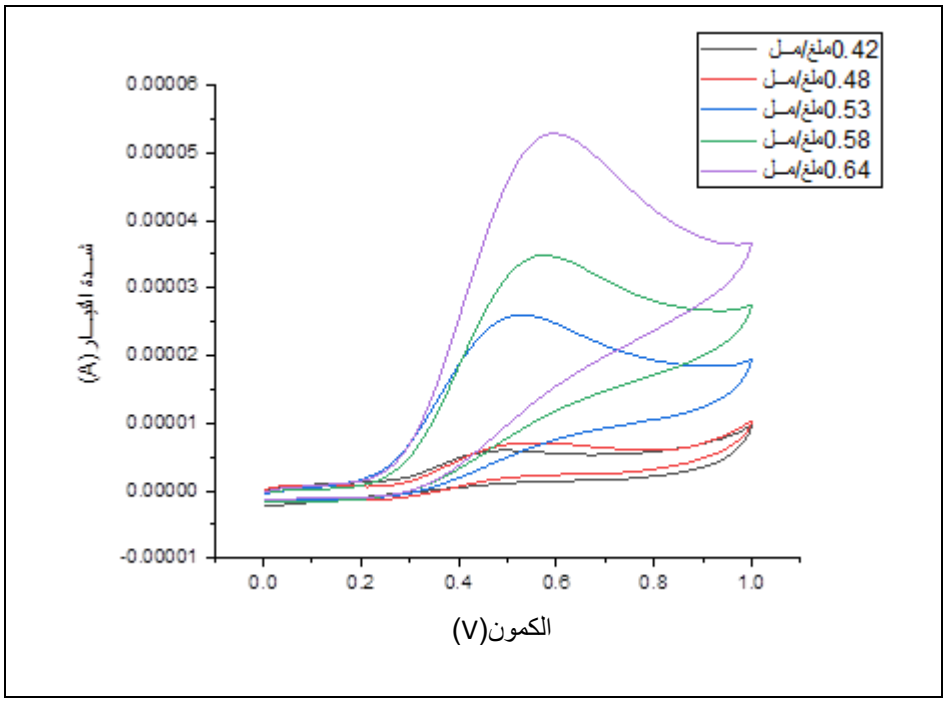
نحضر تركيز 0.1 مولاري من ملح (KCl)، يمزج مع العينات ونضعه في خلية العمل، نقوم بعملية الرج لمدة 5 دقائق وذلك لتجانس المحلول.

المسار الكهروكيميائي للعينات:

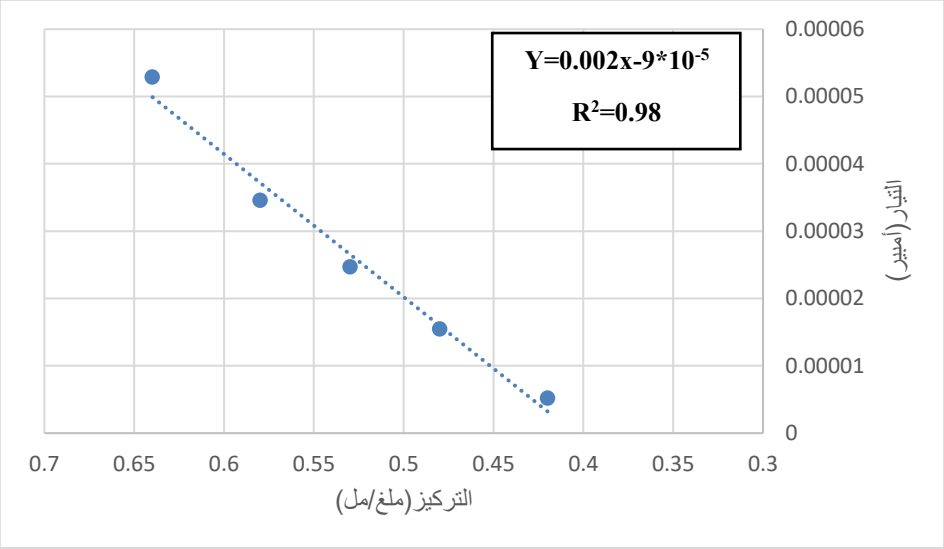
تطرقنا الى دراسة المسار الكهروكيميائي للعينات بواسطة الفولطامتري الحلقي في وسط كحولي/مائي، وفي وجود الملح بتركيز 0.1 مولاري وذلك على مسرى من الكربون الزجاجي ذا القطر 3 مل متر (مسرى العمل) أما المسرى المرجعي فهو عبارة عن مسرى الكالومال (ECS) المشبع بـKCl ، قمنا بتحديد مجال الكهروفعالية لاكسدة وارجاع العينات، حيث حدد المجال من (0 الى 1000mv) في الجهة المهبطية، سرعة المسح 100mv/s.

تم استخدام حمض الاسكوربيك كمضاد اكسدة مرجعي للمقارنة به.

- ✓ تم تجهيز الخلية وضبط الشروط وفق الخطوات المبينة أعلاه.
- ✓ تم تحضير محاليل مختلفة التركيز من محلول حمض الأسكوربيك مع الشاهد (0.64-0.58-0.53-0.48-0.42 ملغ/مل) على التوالي.
- ✓ يتم حقن المحاليل في الخلية الكهروكيميائية بتراكيز متصاعدة.
- ✓ رسم المنحنيات الفولتامترية بعدة تكرارات للتاكد من استقراريته [67].



الشكل رقم 20. المنحنى الفولطامتري الحلقي لتراكيز متزايدة لحمض الأسكوربيك.



الشكل رقم 21. المنحنى العياري لحمض الأسكوربيك.

5.4. النشاط المضاد للبكتيريا:

تمت هذه الدراسة على مستوى مخبر المجد للتحاليل الطبية لولاية الوادي وذلك بتاريخ 2025/03/03 حيث تم دراسة النشاط المثبط والقاتل على ثلاثة أنواع من البكتيريا.

1.5.4. أنواع البكتيريا المختبرة:

تم اجراء الاختبار MIC و MBCوفقًا للمبادئ التوجيهية التي وضعها المعهد الأمريكي للمعايير السريرية والمخبرية (CLSI). وذلك لمستخلصات نباتية ضد مجموعة متنوعة من سلالات البكتيريا والتي تحصلنا عليها من مخبر المجد للتحاليل الطبية وهي موضحة في الجدول التالي [68] [69]:

الجدول 05: أنواع البكتيريا المستعملة.

اسم البكتيريا	طبيعة الجدار الخلوي	العدوى المتسببة بها
Pseudomonas aeruginosa	سالب	الجروح المزمنة
Staphylococcus aureus	موجب	الجروح السطحية
Staphylococcus hominis	موجب	الجروح السطحية

2.5.4. خطوات العمل:

أولًا، تُحضّر معلقات البكتيريا. تُزرع السلالات في وسط مغذي (مولر-هينتون). حيث تُحضّن المزارع حتى تصبح عكارة بشكل واضح، ثم تُخفّف إلى درجة عكارة تُعادل 0.5 McFarland/مل.

✓ **اختبار التخفيف الدقيق لتحديد التركيز التثبيط الأدنى (MIC):**

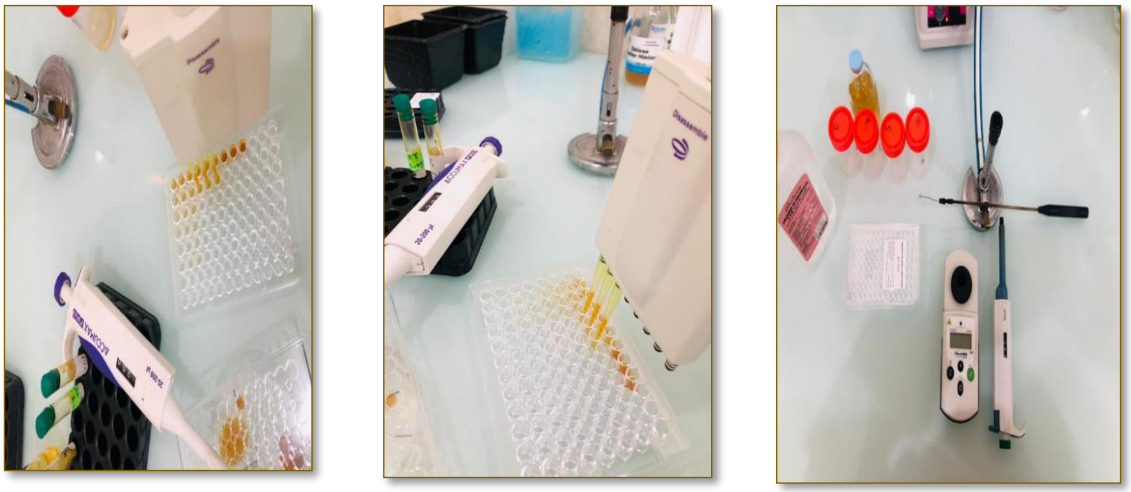
1- يُحضّر محاليل للمستخلص النباتي عن طريق إذابة المستخلص في ثنائي ميثيل السلفوأميد (DMSO) بتركيزمختلفة (40-20-10-5-2.5-1.25 ملغ/مل). ثم يُجانّس كل محلول بالتحريك لمدة دقيقة واحدة.

2- تُجهّزأنابيب الميكروتيتر بإضافة 100 ميكرولتر من محلول المستخلص النباتي إلى كل أنبوب. ثم يُضاف 100 ميكرولتر من مُعلّق البكتيريا إلى كل أنبوب. يُضاف عنصر تحكم في النمو (بدون مضاد حيوي، بدون مواد غريبة) وعنصر تحكم معقم (MHB فقط) لجميع العزلات [70].

3- تُحضَّن أنابيب الميكروتيتر عند درجة حرارة 37 م° لمدة 18-24 ساعة. بعد الحضانة، يُحدَّد التركيز المثبط الأدنى (MIC) على أنه أقل تركيز للمستخلص النباتي لا يظهر عكارة (نمو) الذي يُثبِّط نمو البكتيريا [10].

✓ **طريقة الاختبار الموضعي لتحديد الحد الأدنى لتركيز (MBC):**

من أنابيب المثبط وما فوق التي لم يظهر فيها نمو، نأخذ 10 ميكرولتر. ننقلها ونزرعها على صحيفة MHAمعقمة. تحضن الصحيفة 24 ساعة عند 37م°. يتم تحديد MBC على أنه أقل تركيز لمستخلص النبات لا يحدث عنده نمو بكتيري مرئي، مما يدل على القتل الفعال للبكتيريا [71].



الصورة رقم 18. توضح بعض اختبار البكتيريا.

➢ **المواد الأولية المصممة لتحضير الأفلام وتصميم الضمادات:**

النشاء- السليلوز- حمض الأستيك- الجليسرين- الماء الأكسجيني- البروتين- السليكا- البكتين- الزيت النباتي- أزرق البرموتيمول- $CuCl_2$.

6.4.استخلاص النشاء :

أخذت 2 كغ من درنات البطاطا الحمراء. وتم تقشيرها وبرشها ونقعها في الماء المقطر بوعاء محكم الإغلاق لمدة 1 ساعة ثم الترشيح في إرلينة 1 لتر بواسطة قمع وورق ترشيح، بعد ذلك أعيد نقع البطاطا المبشورة مرة أخرى وترشيحها.

يتم بعد ذلك جمع الرشاحة في إرلينة وتركها لمدة ساعة واحدة حتى يظهر طبقة من الراسب الأبيض، يتم التخلص من المحلول وإبقاء الراسب. نضيف ماء مقطر من جديد وذلك قصد غسل الراسب. نكرر العملية عدة مرات حتى تزول كل الشوائب.

تترك المادة الناتجة في الفرن عند درجة جرارة لا تتجاوز 40 م° حتى تجف جيدا [72].

الشكل رقم 22. يوضح طريقة استخلاص النشاء.

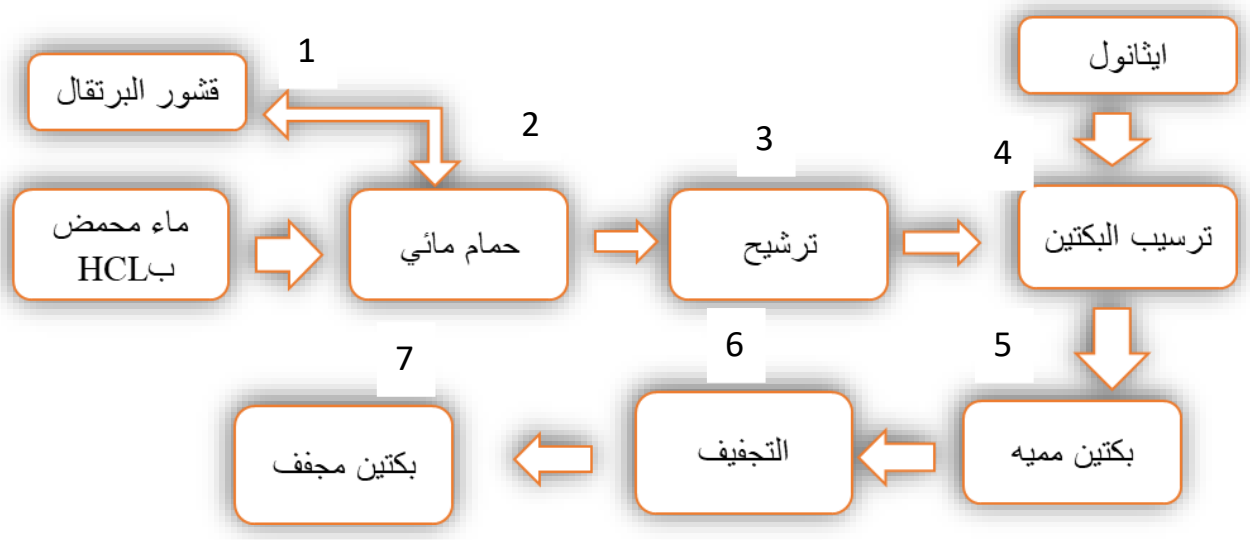
تم حساب مردود النشاء المستخلص من درنات نبات البطاطا و هو نسبة بين كتلة النشاء المستخلص وكتلة درنات البطاطا قبل الاستخلاص وذلك حسب العلاقة التالية:

$$R\% = (\text{كتلة النشاء} / \text{كتلة الدرنات}) * 100$$

✓ ثم تم تشخيص النشاء المستخلص بمطيافية الأشعة تحت الحمراء.

7.4. استخلاص البكتين:

تم أخذ 50 غرام من القشور البرتقال في إرلينة 1 لتر. ويتم إضافة حمض الكلور ذو حموضة تعادل 1.5 ويتم وضع الإرلينة في حمام مائي عند 95 م° لمدة 90 دقيقة. بعد هذا نترك الأرلينة تبرد حتى درجة حرارة الغرفة بعدها يتم ترشيح الناتج ثم يتم إضافة ايثانول (1/1) أو 200 مل ثم نقوم بترشح ثم إعادة إضافة 200 مل أخرى ثم نرشح ويترك المزيج (ايثانول/المحلول) ساعتين قبل الترشيح ويغسل البكتين الناتج بقليل من الايثانول ثم يترك للتجفيف عند 50درجة ويحفظ بعد ذلك في وعاء محكم وجاف [73].



الشكل رقم 23. يوضح طريقة استخلاص البكتين.

تم حساب المردود بالعلاقة التالية:

$$R\% = (\text{كتلة البكتين} / \text{كتلة قشور البرتقال}) * 100$$

ثم تم تشخيص مستخلص البكتين بمطيافية الأشعة تحت الحمراء.

8.4. تحضير الأفلام:

❖ **تحضير الفيلم البلاستيكي الحيوي:**

نضع 6 غ نشاء في 100 مل ماء مقطر مع التسخين (85 م°) حتى يتحول الى هلام شفاف ثم يتم إضافة 0.5غ من حمض الاستيك لتنظيم حموضة الفيلم ويكسر روابط النشاء، بإضافة 2 غ سليلوز بحيث يعطي قوة للفيلم في 25 مل ماء مقطر ويسخن الخليط الى 70 درجة ثم نقوم بمزج الخليطين مع بعض وبعد الرج نقوم بوضع 0.5غ من البكتين لأنه يحسن من مرونة الفيلم ويتم مزج الخليط، مع الحفاظ على درجة حموضة مساوية ل 4. وبعدها يتم إضافة 0.2غ من البروتين مع تحريك الخليط يعطي القدرة على الالتصاق بالجلد دون التسبب في أذى عند نزعه. نضع قطرات من الزيت النباتي مع التحريك لتقليل قابلية التمزق للفيلم. وثم نقوم بإضافة 10 مل من الجليسرين ونستمر في تحريك لمدة 5 دقائق يعطي للفيلم مرونة أكثر مع مرور الوقت. نضيف الماء الأكسجين 1 مل فقط مع تحريك 05 دقائق حتى التجانس. ثم يتم وضع الخليط على قالب نظيف ويوضع القالب للتجفيف في درجة حرارة المخبر لمدة أسبوع.

❖ تحضير فيلم المستخلص المائي **(SEA)**:

نضع 6 غ نشاء في 100 مل ماء مقطر مع التسخين (85 م°) حتى يتحول الى هلام شفاف ثم يتم إضافة 0.5غ من حمض الاستيك لتنظيم حموضة الفيلم ويكسر روابط النشاء، بإضافة 2 غ سليلوز بحيث يعطي قوة للفيلم في 25 مل ماء مقطر ويسخن الخليط الى 70 درجة ثم نقوم بمزج الخليطين مع بعض وبعد. ونضع كمية من المستخلص المائي SEA تركيزه 20 ملغ/ملل الذي هو التركيز القاتل وبعدها نقوم بعملية الرج ثم نقوم بوضع 0.5 غ من البكتين لأنه يحسن من مرونة ويتم مزج الخليط. مع الحفاظ على درجة حموضة مساوية ل 4. وبعدها يتم إضافة 0.2 غ من البروتين يعطي القدرة على الالتصاق بالجلد دون التسبب في أذى عند نزعه مع تحريك الخليط. نضع قطرات من الزيت النباتي مع التحريك لتقليل قابلية التمزق للفيلم. وثم نقوم بإضافة 10 مل من الجليسرين ونستمر في تحريك لمدة 5 دقائق يعطي للفيلم مرونة أكثر مع مرور الوقت. نضيف الماء الأكسجيني 01 مل فقط مع تحريك 05 دقائق حتى التجانس. ثم يتم تجهيز القالب وبه ضمادة الشاش وبعدها نقوم بوضع الخليط في القالب. ونتركه للتجفيف في درجة حرارة المخبر لمدة أسبوع.

❖ تحضير فيلم المستخلص الايثانولي **(SET)**:

نضع 6 غ نشاء في 100 مل ماء مقطر مع التسخين (85 م°) حتى يتحول الى هلام شفاف ثم يتم إضافة 0.5غ من حمض الاستيك لتنظيم حموضة الفيلم ويكسر روابط النشاء، بإضافة 2 غ سليلوز بحيث يعطي قوة للفيلم في 25 مل ماء مقطر ويسخن الخليط الى 70 درجة ثم نقوم بمزج الخليطين مع بعض وبعد. ونضع كمية من المستخلص كحولي SET تركيزه 10 ملغ/ملل الذي هو التركيز القاتل وبعدها نقوم بعملية الرج ثم نقوم بوضع 0.5 غ من البكتين لأنه يحسن من مرونة ويتم مزج الخليط. مع الحفاظ على درجة حموضة مساوية ل 4. وبعدها يتم إضافة 0.2 غ من البروتين يعطي القدرة على الالتصاق بالجلد دون التسبب في أذى عند نزعه مع تحريك الخليط. نضع قطرات من الزيت النباتي مع التحريك لتقليل قابلية التمزق للفيلم. وثم نقوم بإضافة 10 مل من الجليسرين ونستمر في تحريك لمدة 5 دقائق يعطي للفيلم مرونة أكثر مع مرور الوقت. نضيف الماء الأكسجيني 1مل فقط مع تحريك 05 دقائق حتى التجانس. ثم يتم وضع الخليط على قالب نظيف به ضمادة شاش كدعامة لفيلم ونتركه للتجفيف في درجة حرارة المخبر لمدة أسبوع.

❖ تحضير فيلم مؤشر الحموضة:

نضع 6 غ نشاء في 100 مل ماء مقطر مع التسخين (85 م°) حتى يتحول الى هلام شفاف ثم يتم إضافة 0.5غ من حمض الاستيك لتنظيم حموضة الفيلم ويكسر روابط النشاء، بإضافة 2 غ سليلوز بحيث يعطي قوة للفيلم في 25 مل ماء مقطر ويسخن الخليط الى 70 درجة ثم نقوم بمزج الخليطين مع بعض وبعد. وبعد الرج نقوم بوضع 0.5 غ السليكا مع التحريك وثم نقوم بإضافة 10 مل من الجليسرين ونستمر في تحريك لمدة 5 دقائق يعطي للفيلم مرونة أكثر مع مرور الوقت. مع الحفاظ على درجة حموضة مساوية ل 4. ونضع 03 قطرات من أزرق البرموتيمول غير سام تركيزه 0.4 ملغ/مل حتى التغير اللون الى الأصفر دليل على وجود وسط حامضي. ثم يتم وضع الخليط على قالب نظيف ونتركه للتجفيف في درجة حرارة المخبر لمدة أسبوع [74].

❖ تحضير فيلم مؤشر الرطوبة:

نضع 6 غ نشاء في 100 مل ماء مقطر مع التسخين (85 م°) حتى يتحول الى هلام شفاف ثم يتم إضافة 0.5غ من حمض الاستيك لتنظيم حموضة الفيلم ويكسر روابط النشاء، بإضافة 2 غ سليلوز بحيث يعطي قوة للفيلم في 25 مل ماء مقطر ويسخن الخليط الى 70 درجة ثم نقوم بمزج الخليطين مع بعض وبعد. وبعد الرج نقوم بوضع 0.5 غ السليكا مع التحريك وثم نقوم بإضافة 10مل من الجليسرين ونستمر في تحريك لمدة 5 دقائق يعطي للفيلم مرونة أكثر مع مرور الوقت. مع الحفاظ على درجة حموضة مساوية ل 4. ونضع كلوريد النحاس $CuCl_2$ بتركيز250 ملغ/مل حيث تم مع تحريك حتى يتجانس الخليط. ثم يتم

وضع الخليط على قالب نظيف ويوضع القالب للتجفيف في درجة حرارة المخبر لمدة أسبوع. حيث تم مقارنة الجرعة المستعملة من كلوريد النحاس مع الجرعة المهيجة للجلد 2.34 مغ /كغ وجدنا أنها كمية غير سامة [75].

9.4. تشخيص الخصائص الفيزيوكيميائية لعينات الفيلم:

1.9.4. الخصائص الفيزيائية:

- ✓ **حساب السمك:**

تم قياس سمك كل عينة من الأفلام البلاستيك المحضرة وذلك بواسطة أداة الميكرومتر، حيث تم أخذ 2 سم^2.

- ✓ **حساب الكثافة:** تم قياس كثافة العينة بالعلاقة التالية [76]:

$$d = \frac{m}{A.e}$$

حيث:

M : كتلة العينة(g).

A : مساحة العينة (cm^2).

e : سمك العينة(cm).

- ✓ **حساب الشفافية:** [16]

تم حساب نسبة شفافية العينة من خلال العلاقة التالية:

$$\text{الشفافية} = \frac{1}{A_{500}.e}$$

حيث:

A :الامتصاصية.

e : سمك العينة (cm).

- ✓ **حساب العتامة:**

تم حساب نسبة عتامة العينات وذلك من خلال العلاقة التالية: [76]

$$\text{العتامة} = \frac{A_{500}}{e}$$

✓ **حساب مؤشر الانتفاخ:** [16]

لحساب مؤشر الانتفاخ للعينة، تم وضع قطعة 2 سم مربع من العينات في المجفف لمدة أربع ساعات عند درجة حرارة 40°C، ثم وزنها، ثم غمسها في الماء المقطر لمدة ساعتين، وبعدها يتم وزنها مرة أخرى، حيث تم حساب نسبة التبلل بالعلاقة التالية:

$$\% = \frac{mf - mi}{mi}$$

حيث:

mf: كتلة العينة بعد وضعها في الماء.

mi : كتلة العينة قبل وضعها في الماء.

✓ **اختبار نفاذية الغازات:** [77]

للتحقق من نفاذية الغازات في الضمادة. تم استخدام خليتين، احداهما تحتوي على الأمونيا والأخرى فارغة. تم إغلاق فوهة كلتا الخليتين بقطعة من الضمادة المصممة مربعة الشكل مساحتها 1سم^2.وضع كاشف أزرق البروميتيمول (الحساس لتغييرات الحموضة فوق قطعة الضمادة التي تغطي كلتا الخليتين).

2.9.4. التشخيص الطيفي للأفلام المحضرة:

أ- لتحديد المجموعات الوظيفية للمركبات تم استخدام جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء ذو العلامة الأمريكية Agilent Technologies carry360 تحت الشروط التالية: وذلك بمسح قيم العدد الموجي من 4000 الى 400 سم-1 وبخطوة 16. حيث تم أخذ عينات من الأفلام الخمسة بدون مستخلص ومع المستخلص المائي ومع المستخلص الكحولي وفيلم مؤشر الرطوبة وفيلم مؤشر الحموضة.

ب-لتحديد الشفافية والعتامة للعينات تم استخدام جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجيةSp-uv300SRB في المجال nm (530-330) λ من خلال تسجيل منحنيات.

3.9.4. الاختبارات الكيميائية للأفلام المحضرة:

✓ **اختبار السائل المحاكي:** [78]

تم تحضير السائل المحاكي لافرزات الجرح المعروف باسم (pseudo-extracellular fluid PECF) عن طريق خلط مجموعة من الأملاح كالتالي:

- 0.68غرام من كلوريد الصوديوم NaCl
- 0.22غرام من كلوريد البوتاسيوم KCl
- 2.5غرام من بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$
- 0.35غرام من فوسفات الصوديوم الأحادية NaH_2PO_4
- يتم إذابة هذه المواد في 100مل من الماء المقطر.
- درجة الحموضة (pH) لهذا السائل تكون 8 ± 0.2.

✓ **اختبار قدرة تصريف السوائل (Fluid drainage ability):**

- تم تصميم التجربة لمحاكاة جرح مفتوح يفرز سوائل، مغطى بضمادة مستخلص لحاء الجوز:
- تم قص إسفنجة لتناسب علبة بتري ووضعت فيها كمية من سائل محاكي لسوائل الجرح(PECF) .
- تم عصر الإسفنجة لخلق حركة "ضخ" تساعد في امتصاص السائل.
- بعد أن تشبعت الإسفنجة، وُضعت عينة الضمادة (1*1سم^2) فوق سطح الإسفنجة المبللة.
- لامس جانب واحد فقط من الضمادة سطح الإسفنجة.
- أُزيلت العينة بانتظام، وجففت بورق ترشيح ووزنت حتى ثبت وزنها [78].

تم حساب نسبة امتصاص السائل بالمعادلة:

$$\% = \frac{mf - mi}{mi}$$

حيث:

m_f : كتلة العينة بعد الامتصاص.

m_i : كتلة العينة قبل الامتصاص.

الصورة رقم 19. توضح اختبار المحاكاة.

✓ **اختبار مؤشر الحموضة والرطوبة:**

أ- فيلم مؤشر الرطوبة:

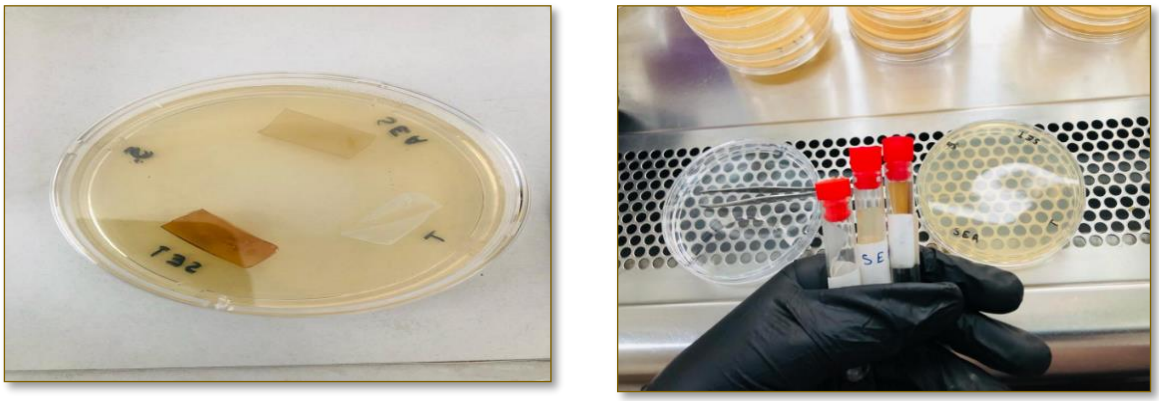
تم اختبار مؤشر الرطوبة عن طريق أخذ قطعة من فيلم مساحتها 1سم^2 ووضعها في بيشر25مل به ماء مقطر.

ب- فيلم مؤشر الحموضة:

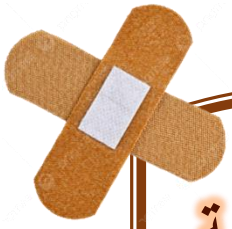
تم اختبار مؤشر الحموضة عن طريق أخذ قطعة من فيلم مساحتها 1سم^{2}ووضعها في بيشر25مل به محلول الأمونيا.

✓ **التقييم المضاد للبكتيريا للأغشية الحيوية النباتية باستخدام طريقة انتشار الآجار:**

تم تقييم حساسية النشاط المضاد للبكتيريا لثلاثة أفلام حيوية المحضرة ذات الرموز T، وSEA، وSET المُشبّعة بمستخلصات نباتية باستخدام طريقة انتشار ضد بكتيريا *Staphylococcus aureus*. أُجريت التجربة على طبق بتري يحتوي على أجار مولر-هينتون كوسط نمو. حُضّر معلق بكتيري، ونُشر بالتساوي على سطح الآجار باستخدام قطعة قطن معقمة لضمان توزيع متساوٍ. بعد أن جفّ السطح، تم وضع قطع من أفلام المحضرة المذكورة سالفا. ثم تم وضع الطبق البتري عند درجة حرارة 37 م° لمدة 24 ساعة. حُددت الفعالية الحساسية المضادة للميكروبات بقياس قطر مناطق التثبيط الشفافة المحيطة بالأفلام بالملليمتر. اعتُبرت منطقة التثبيط التي يزيد حجمها عن 6 مم مؤشرًا على النشاط المضاد للبكتيريا، وفقًا للإرشادات المعمول بها [79] [80].



الصورة رقم 20. توضح اختبارات البكتيريا للأفلام.



الفصل الثاني: النتائج والمناقشة

1. نتائج مردود الاستخلاص الايثانولي والمائي للحاء الجوز:

تم الحصول في هذه التجربة على مستخلصين (المائي والايثانولي) بطريقة النقع وكانت النتائج كالتالي:

الجدول 06: يوضح قيم مردود الاستخلاص الايثانولي والمائي

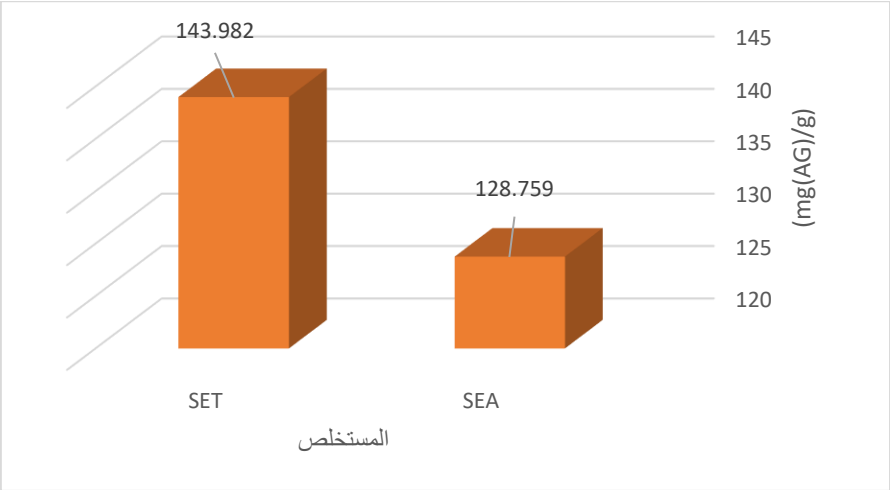
	SET	SEA
المردود R%	%8.5	%14

حيث نلاحظ من الجدول رقم (06) الذي يوضح قيم مردود المستخلصين المائي والايثانولي للحاء شجرة الجوز أن قيم:

- مستخلص المائي كانت تساوي 14% وكانت أكثر من قيم المردود المستخلص الايثانولي الذي تجاوز 8.5%. وهذا راجع لاختلاف المذيب أو يمكن هذه الزيادة في المردود المائي راجعة الى عدم الاستخلاص الجيد أو التخلص من الماء الزائد. حيث كان هذا الأخير أقل من دراسة سابقة(Aksas Lydia) حيث وجدت7.1% في المستخلص المائي [81].

2.التقدير الكمي للفينولات والفلافونيدات:

1.2.التقدير الكمي للفينولات:



الشكل رقم 24. يوضح كمية الفينولات في المستخلصين.

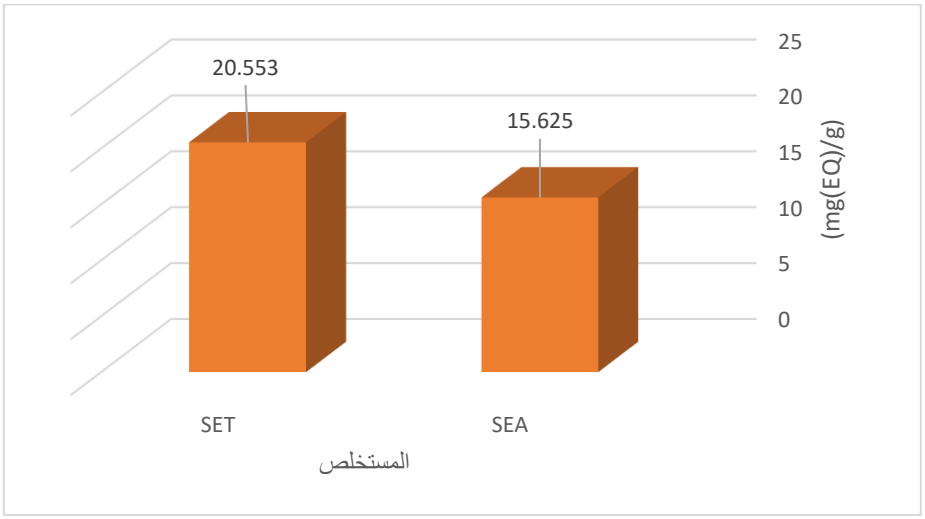
نلاحظ من الشكل رقم (24) الذي يوضح كمية الفينولات في المستخلصين وذلك باستخدام منحنى العياري لحمض الغاليك.

- أن قيم كمية الفينولات الموجودة في المستخلص المائي أقل من المستخلص الايثانولي وهي على الترتيب (143.982/128.759 mg (AG)/g).

- من خلال الدراسة التي قامت بها الباحثة (Shah وآخرون) تبين أن كمية الفينولات في المستخلص الايثانولي التي قدرت 60.2mg (AG)/g كانت أقل وذلك بنسبة 143.982 mg (AG)/g هذا من جهة [82].

- ومن جهة أخرى قام (الباحث المرشدي) بدراسة تبين كمية الفينولات في المستخلص الميثانولي التي قدرت بـ: 182.2 mg (AG)/g كانت أكثر وذلك بنسبة قدرت 143.982mg (AG)/g في المستخلص الايثانولي [83].

2.2. التقدير الكمي للفلافونيدات:



الشكل رقم 25. يوضح كمية الفلافونيدات في المستخلصين.

نلاحظ من الشكل رقم (25) الذي يوضح كمية الفلافونيدات في المستخلصين وذلك باستخدام المنحنى العياري للكرستين (mg (EQ)/g).

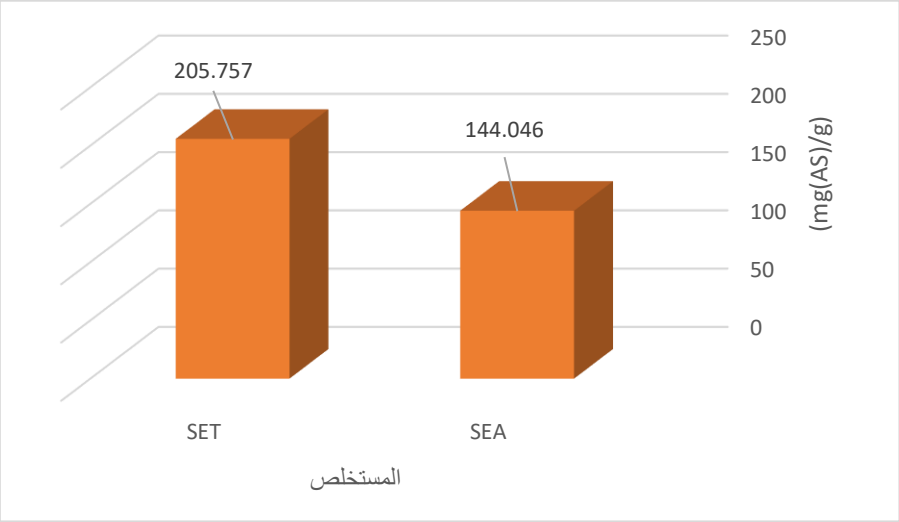
أن قيم لكمية الفلافونيدات الموجودة في المستخلص المائي أقل من المستخلص الايثانولي وهي على الترتيب (20.533-15.625 mg (EQ)/g).

- من خلال الدراسة التي قامت بها (Z،Farah) تبين أن كمية الفلافونيدات في المستخلص المائي قدرت ب:29.85 mg (EQ)/g كانت أكثر وذلك بنسبة 15.62 mg (EQ)/g هذا من جهة [84].

✓ من خلال النتائج المتحصل عليها يمكننا القول إن المركبات الفينولية والفلافونويد تتواجد بكثرة في المستخلص الكحولي وأقل منها في المستخلص المائي. وهذا راجع لاختلاف المذيب.

3.2.الفعالية المضادة للأكسدة:

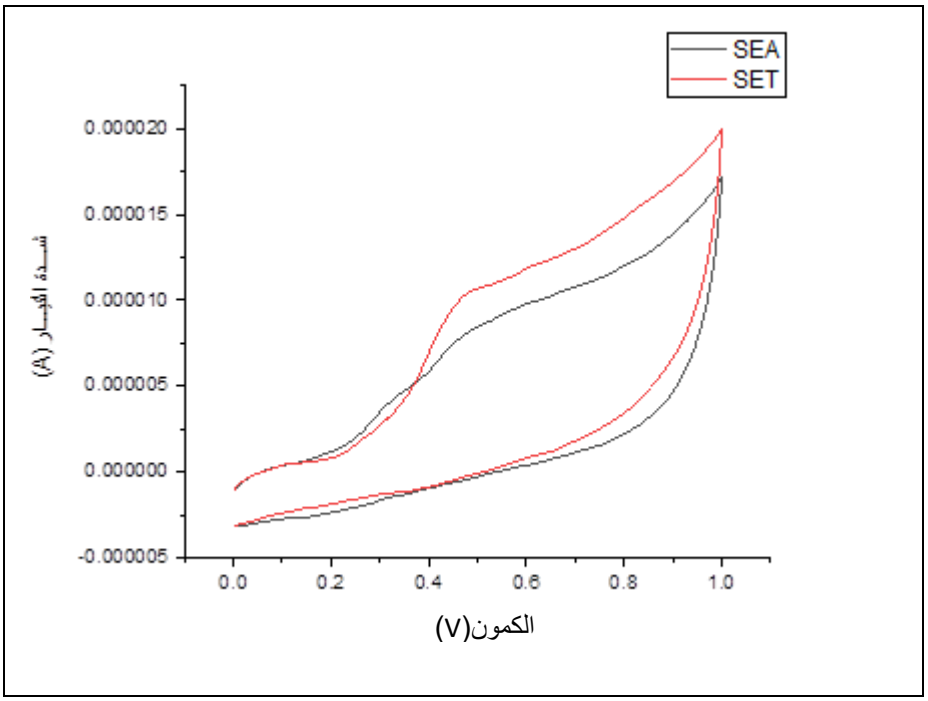
أ. طريقة كيميائية:



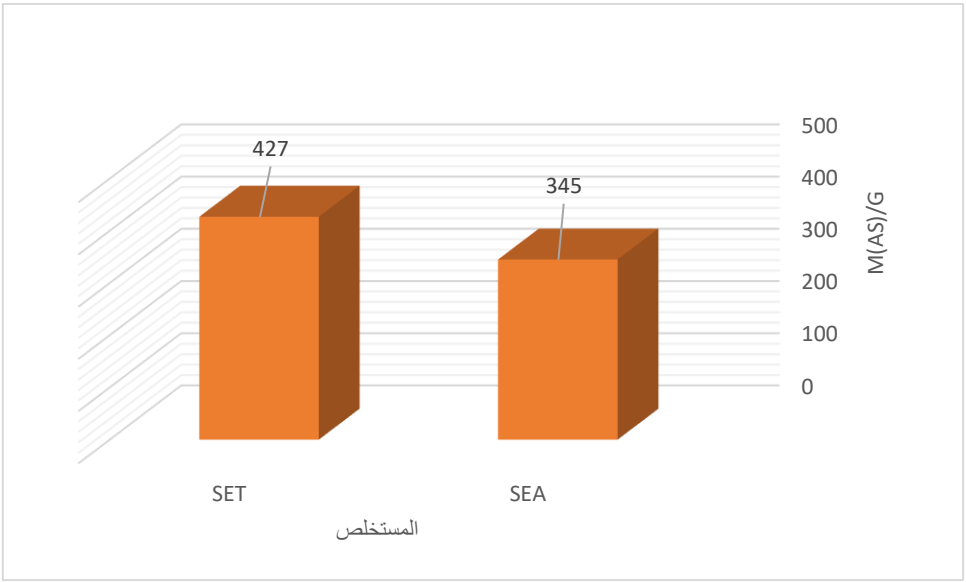
الشكل رقم 26. يوضح مضادات الأكسدة للمستخلصين.

نلاحظ من الشكل رقم (26) الذي يوضح أن مضادات الأكسدة في المستخلصين أن قيم المستخلص المائي أقل من المستخلص الايثانولي وهي على الترتيب(205.757 -144.046 mg(AS)/g) وهذا راجع الى كمية الفينولات والفلافونيدات.

ب. الطريقة الكهروكيميائية:



الشكل رقم 27. يوضح الفولطاموغرام للمستخلصين.



الشكل رقم 28. يوضح مضادات الأكسدة للمستخلصين.

نلاحظ من الشكلين (27-28) اللذان يوضحان الفولطاموغرام ومضادات الأكسدة للمستخلصين على التوالي أن المستخلص الايثانولي أعلى من المستخلص المائي وهذا راجع الى احتواء المستخلص الايثانولي على مركبات أكثر فعالية من حيث النقل الالكتروني وتمتلك نشاطا كهروكيميائيا أعلى. وهذا ما أثبتته

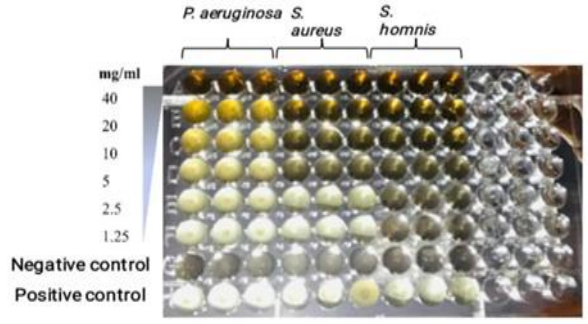
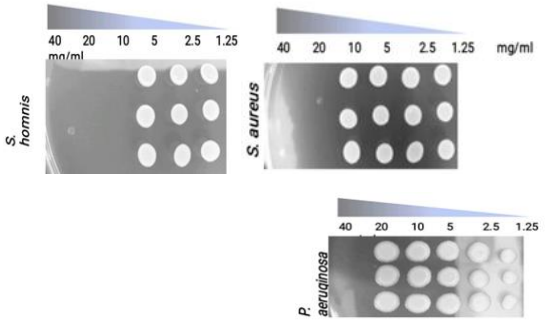
الطريقة الكيميائية حول مضادات الأكسدة، وهذا راجع الى كمية الفينولات والفلافونيدات الموجودة في المستخلص اللحاء شجرة الجوز.

4.2. الفعالية المضادة للبكتيريا:

الجدول 07. يوضح نتائج اختبارات الفاعلية المضادة للبكتيريا للمستخلص المائي.

أنواع العدوى	أنواع البكتيريا	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
الجروح المزمنة	*Pseudomonas aeruginosa*	40	40
الجروح السطحية	*Staphylococcus aureus*	10	20
	Staphylococcus hominis	10	10

الجدول 08. توضح تركيز الجرعة المثبطة والقاتلة لأنواع البكتيريا.

MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
	

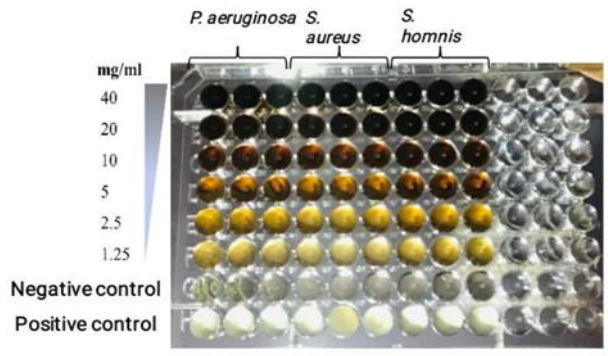
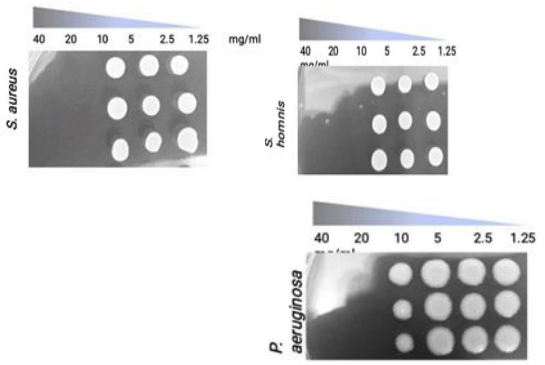
نلاحظ من الجدول: الذي يبين أن الجرعة المثبطة لكل نوع من البكتيريا المسببة لعدوى الجروح المزمنة والسطحية تصل إلى التركيز 40 ملغ /مل بينما إذا كانت التركيز الجرعة 10 ملغ/مل تثبط البكتيريا الجروح السطحية فقط.

من جهة أخرى التركيز 40 ملغ/مل يقتل كل نوع من البكتيريا والتركيز 20 ملغ/مل يقتل كل البكتيريا السطحية. لكن التركيز10 ملغ/مل يقتل نوع البكتيريا (*Staphylococcus hominis*) فقط. حيث كانت هذه النتائج أكبر من دراسة قامت بها(Z. Farah واخرون) حيث وجد 2.5 ملغم/مل و5 ملغم/مل لكل من التركيز المثبط والقاتل على التوالي ضد بكتيريا (Staphylococcus aureus) [59].

الجدول 09. يوضح نتائج اختبارات الفاعلية المضادة للبكتيريا للمستخلص الإيثانولي.

أنواع العدوى	أنواع البكتيريا	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
الجروح المزمنة	*Pseudomonas aeruginosa*	20	20
الجروح السطحية	*Staphylococcus aureus*	10	10
	Staphylococcus hominis	10	10

الجدول 10. توضح تركيز الجرعة المثبطة والقاتلة لأنواع البكتيريا.

MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
	

نلاحظ من الجدول (10) الذي يبين أن الجرعة المثبطة لكل نوع من البكتيريا المسببة لعدوى الجروح المزمنة والسطحية تصل إلى التركيز 20 ملغ/مل بينما إذا انخفض التركيز الى 10 ملغ /مل تثبط بكتيريا الجروح السطحية فقط.

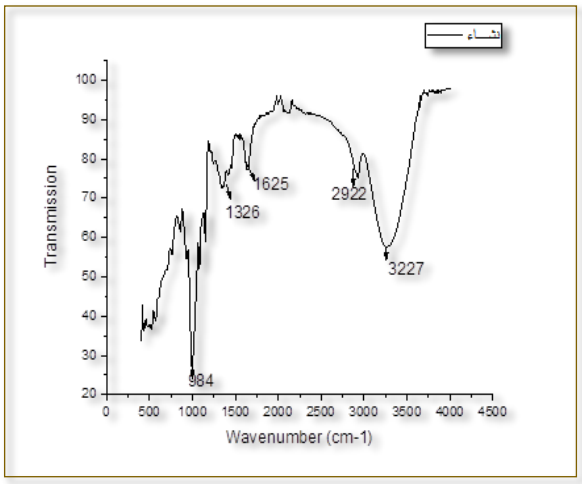
من جهة أخرى التركيز الايثانولي 20 ملغ/مل يقتل كل نوع من البكتيريا بينما التركيز 10 ملغ /مل تقتل كل من بكتيريا الجروح السطحية بنوعيها. من هنا نلاحظ أن الايثانول مثبط لأنوع البكتيريا.

5.2. مردود النشاء:

وجد أن مردود استخلاص النشاء من درنات البطاطا حوالي 5.56%. ويعتبر أقل من الدراسة السابقة التي قامت بها (بن عمارة) حيث وجدت 12.6% [85].

الجدول 11: يوضح مردود استخلاص النشاء

الكتلة الابتدائية	الكتلة النهائية	المردود
g1000	g55.6	%5.56



الشكل رقم 29. يوضح طيفFTIR للنشاء. **الصورة رقم 21.** صورة توضيحية للنشاء.

نلاحظ من الصورة رقم (21) والشكل رقم (29) الذي يوضح طيف FTIR للنشاء الذي يظهر [86]:

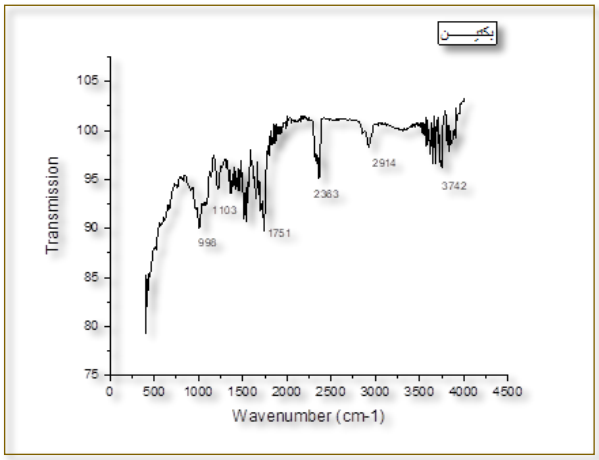
- ✓ وجود عصابة امتصاص عريضة $3300\ cm^{-1}$ تدل على وجود روابط الهيدروجينية OH الموجودة بين جزيئات النشاء.
- ✓ وجود عصابة امتصاص عند $2900cm^{-1}$ تدل على وجود روابط C-H الآليفاتية.
- ✓ عصابة امتصاص عند $1640\ cm^{-1}$ تدل على وجود C=C.
- ✓ عصابة امتصاص عند 1-1150 cm-1000 راجعة الى روابط C-O.
- ✓ عصابة امتصاص عند $930\ cm^{-1}$ راجعة الى روابط C-H.

6.2. مردود البكتين:

وجدنا أن مردود البكتين المستخلص من قشور البرتقال % 7 وهو أكبر من دراسة قام بها الباحث (L. S،Mohammed) حيث وجد 4.5% بالنسبة لقشور التفاح [87].

الجدول 12: يوضح مردود البكتين.

الكتلة الابتدائية	الكتلة النهائية	المردود
50	3.5	%7



الشكل رقم 30. يوضح طيفFTIR للبكتين. **الصورة رقم 22.** صورة توضيحية للبكتين.

نلاحظ من الصورة رقم (22) والشكل رقم (30) الذي يوضح طيف FTIR الذي يفسر [87]:

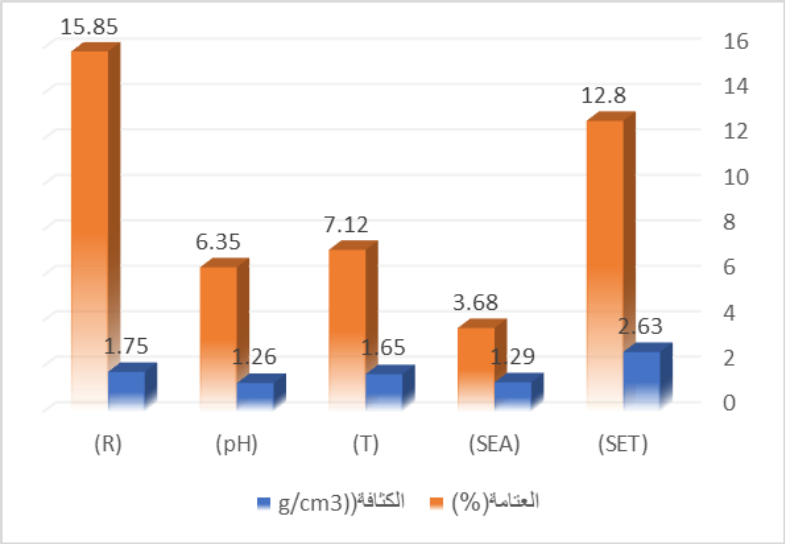
- ✓ وجود عصابة امتصاص عريضة عند $3742cm^{-1}$ تدل على وجود OH كحول.
- ✓ وجود عصابة امتصاص قوية عند $1731cm^{-1}$ تدل على وجود مجموعة الكاربونيل C=O للأستر
- ✓ عصابة امتصاص عند cm^{-1} 1000-1150 راجعة الى روابط C-O.
- ✓ عصابة امتصاص عند cm^{-1} 900 راجعة الى روابط C-H.

7.2.دراسة بعض الخصائص الفيزيو كيميائية للأفلام المحضرة:

أ. الخصائص الفيزيائية للأفلام المحضرة:

أظهرت الخصائص الفيزيائية للأفلام المحضّرة تنوعًا واضحًا، مما يعكس غنى وتعدد التركيبات المستخدمة.

✓ **حساب الكثافة والعتامة:**



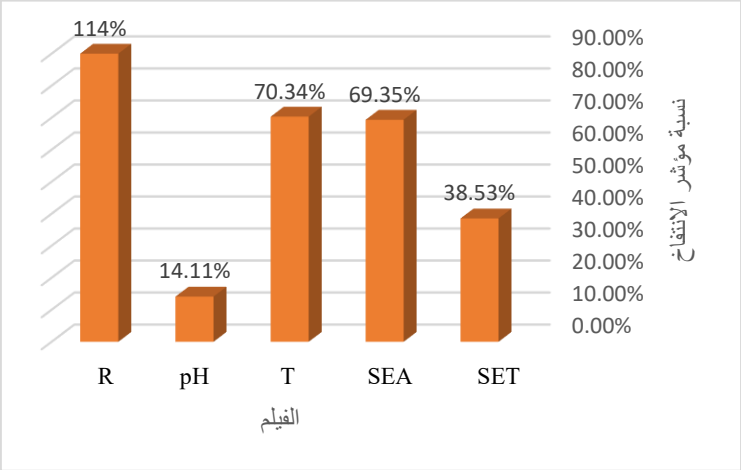
الشكل رقم 31. توضح أعمدة بيانية العتامة والكثافة.

يُلاحظ من الشكل رقم (31)، الذي يوضح القيم البيانية لكل من العتامة، والكثافة، ما يلي: سجّل فيلم مؤشر الرطوبة كثافة أقل مقارنةً بفيلم المستخلص الإيثانولي، في حين تجاوز كثافته تلك الخاصة بـ فيلم المستخلص المائي، ويُعزى ذلك إلى تركيز كلوريد النحاس ($CuCl_2$) وتركيبته البنيوية الخاصة.

أما فيلم مؤشر الحموضة فقد أظهر كثافة أقل من كلا المستخلصين (الإيثانولي والمائي)، ويُرجع ذلك إلى تركيز أزرق البروموثيمول وطبيعته البنيوية.من ناحية أخرى، تبيّن أن كثافة الفيلم بدون **أي** إضافات كانت عمومًا أقل من كثافة باقي الأفلام المضاف إليها مستخلصات أو مؤشرات، حيث تراوحت القيم بين 1.29إلى 2.63 على الترتيب. وبالنظر إلى العتامة، فقد تميّز فيلم المستخلص الإيثانولي بعتامة أعلى مقارنة بفيلم المستخلص المائي والفيلم غير المعدل، بينما سجّل فيلم مؤشر الرطوبة نسبة عتامة أعلى من فيلم مؤشر الحموضة، ويُعزى ذلك إلى كمية وتركيز الكواشف المضافة.

ومن هنا يمكن الاستنتاج أن خفّة الضمادة تُحسّن من قابليتها للتطبيق العملي، في حين تُسهم العتامة المرتفعة في حماية الجرح من الضوء المباشر والملوثات الخارجية.

✓ **اختبار الانتفاخ:**



الشكل رقم 32. يوضح أعمدة بيانية لمؤشر الانتفاخ.

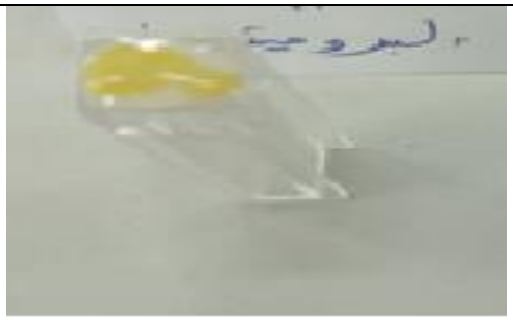
نلاحظ من خلال الشكل رقم (31) الذي يوضح أعمدة بيانية لمؤشر الانتفاخ تكون أعلى نسبة انتفاخ الفيلم المدمج مع $CuCl_2$ حيث يصل 114% وذلك راجع الى قدرة كمية $CuCl_2$ على امتصاص أكبر للماء أو الرطوبة هذا من جهة.من جهة أخرى نلاحظ ضمادة الحموضة هي أقل نسبة انتفاخ أي أقل كمية امتصاص الماء أي راجع لكمية ونوعية المكونات الداخلة في الفيلم وذلك حسب حجم البنية الجزيئية.

نلاحظ عند مقارنة فيلم بدون مستخلص ترتفع نسبة انتفاخ ما بين للفيلم بدون مستخلص ثم الفيلم للمستخلص المائي وفي الأخير فيلم المستخلص الايثانولي حسب الترتيب وهذا راجع على وجود أكبر نسبة للماء في كل ضمادة بمعنى آخر ترجع الى قطبية الماء والايثانول.وهذا ما يميزها بالتمدد وما يجعلها مرنة.

عند المقارنة مع الدراسة التي استخدمت مستخلص الحناء (Henna) في هيدروجيلHEC/PVP ، تبين أن مؤشر الانتفاخ بلغ ما بين 250% إلى 500 **%**حسب تركيز الحناء، وهو أعلى بوضوح من القيم التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة.يرجع التفوق في مؤشرات الانتفاخ في دراسة الحناء إلى استخدام مزيج من بوليمرين (HEC) و (PVP) بالإضافة إلى الإشعاع لتكوين شبكة ثلاثية الأبعاد عالية الامتصاص، في حين أن الأفلام النباتية لدينا تعتمد على بوليمر طبيعي واحد (النشاء) دون تعديل كيميائي معقّد.بالرغم من انخفاض نسبة امتصاص السائل المحاكي (PECF) في أفلام SEA و SETمقارنة بدراسةHenna ، إلا أن الأداء يظل مقبولًا للاستخدام في الجروح ذات الإفراز المعتدل، خاصة مع انخفاض التكلفة وسهولة التصنيع [78].

✓ **اختبار نفاذية الغازات:**

الجدول 12: يوضح اختبار نفاذية الغازات للعينات.

العينات	قطعة الفيلم مع أزرق البروميتيمول في خلية فارغة	قطعة الفيلم مع أزرق البروميتيمول مع الأمونيا
SET		
T		
SEA		

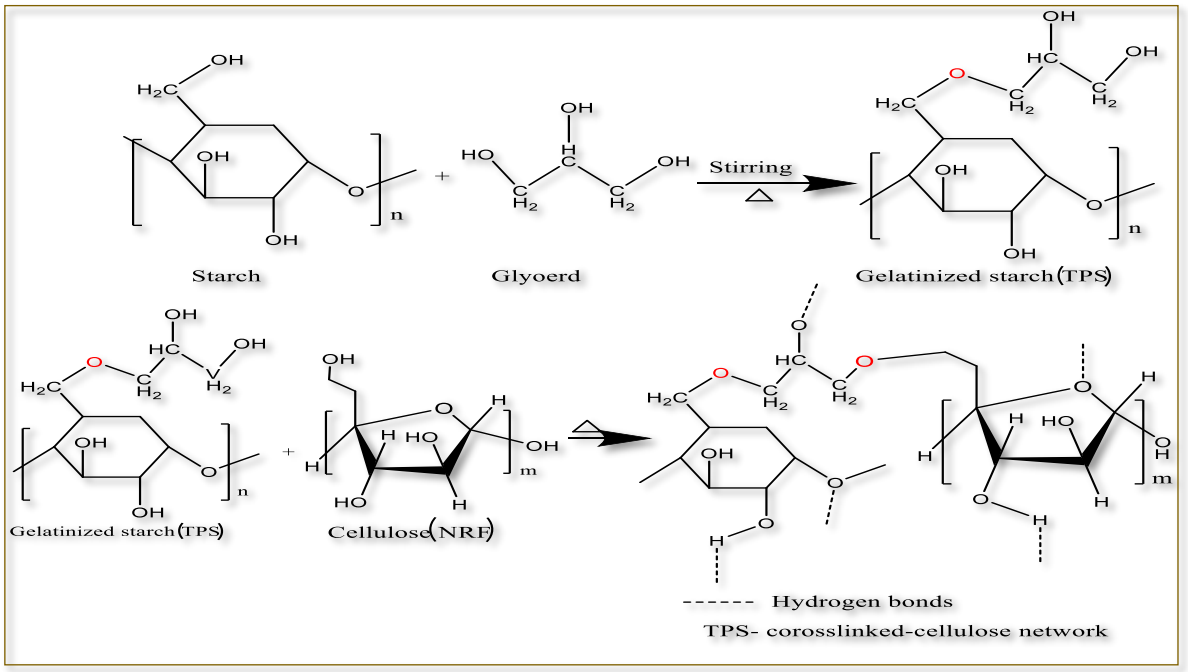
نلاحظ من خلال الجدول رقم (12) الذي يوضح نتائج اختبار نفاذية الهواء أن هناك تغير لوني في الأفلام المحضرة في زمن كان أقل من دقيقة، هذه النتائج تتماشى مع ما ورد في دراسة قام بها كل من(D. GoswamiوA. Pal) ، التي استخدمت نفس المنهجية وأظهرت زمن استجابة مشابهًا (20 ثانية)، مما يؤكد أن الضمادة المصنعة هنا تمتلك بنية مسامية فعالة تسمح بمرور الغازات وهذا راجع الى وجود السليكا والماء الأكسجيني، رغم اختلاف المواد الأساسية المستعملة. ويُعد هذا إنجازًا بارزًا لضمادة تعتمد على مكونات طبيعية بالكامل دون الحاجة لتعديلات كيميائية سطحية معقدة [77].

نستنتج أن الأفلام لها القدرة على نفاذية الهواء (الأكسجين) الذي يكون له دور مهم في بيئة الجرح. وهذا ما أثبتته اختبارات الانتفاخ.

ب. التشخيص الطيفي للأفلام المحضرة:

تم اقتراح آلية التفاعل الحاصل من طرف Ibrahim، الذي يساعدنا في تفسير أطياف الأفلام المحضرة.

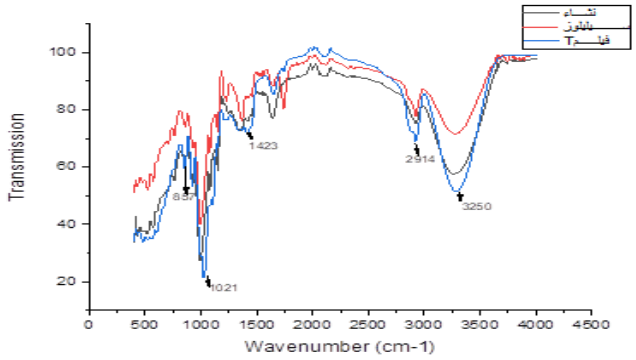
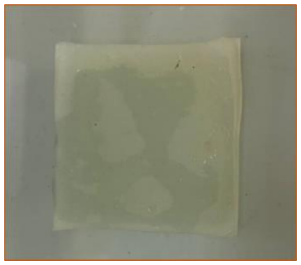
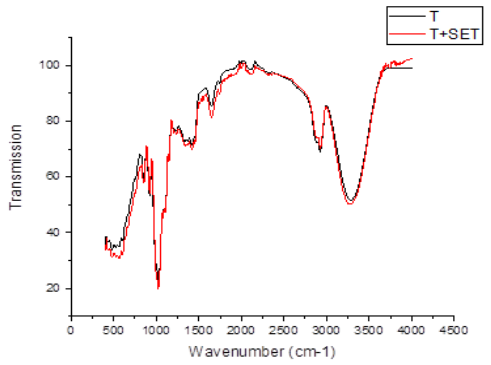
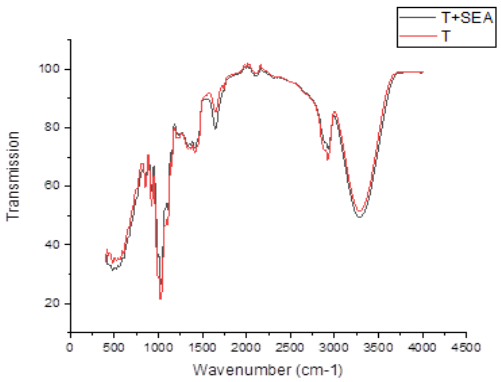
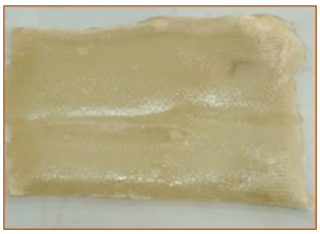
- آلية التفاعل:

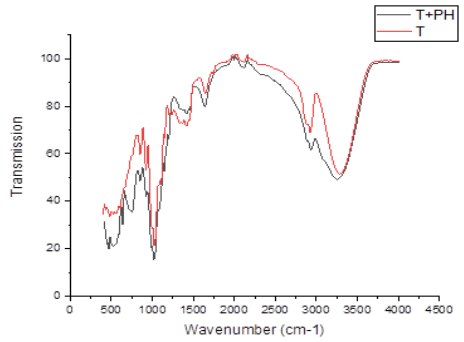
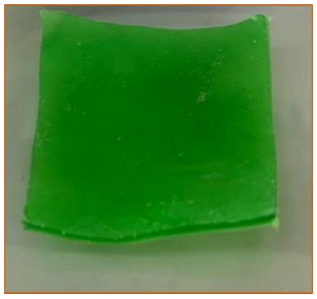
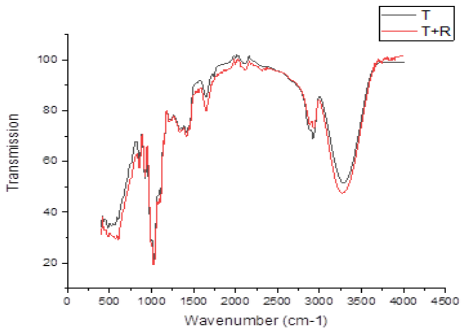


الشكل رقم 33. توضح آلية التفاعل الحاصل [88].

✓ **-مطيافية الأشعة تحت الحمراء FTIR:**

الجدول 13: يوضح نتائج FTIR للأفلام المحضرة.

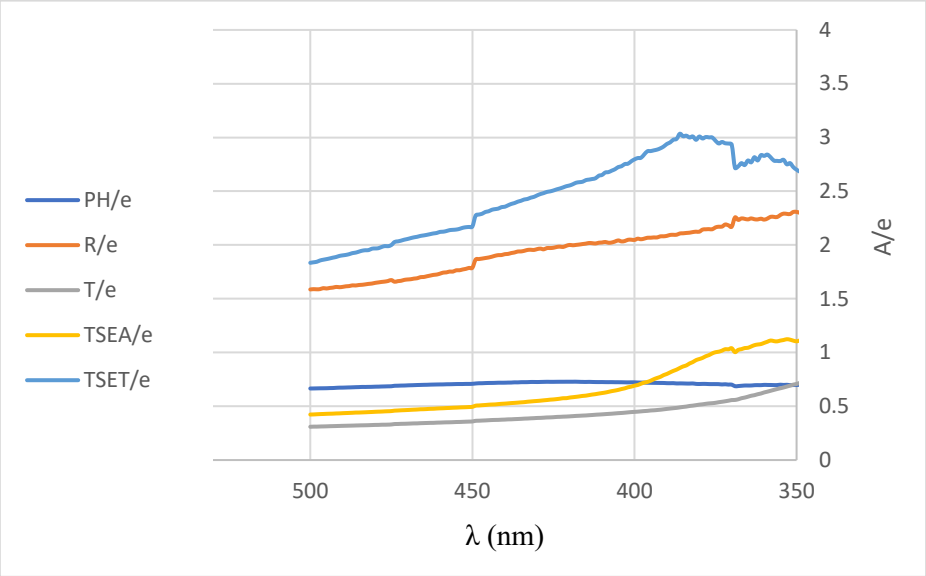
العينات	طيف الأشعة تحت الحمراء	صورة الفيلم
T		
SET		
SEA		

		**pH**
		**R**

نلاحظ في جميع أطياف العينات وجود عصابة امتصاص كبيرة في المجال 3200-3550 سم$^{-1}$ وهذا يدل على مجموعة الهيدروكسيل (O-H) الراجعة لتكوين الرابطة الفيزيائية للمركب الناتج. وأيضا ظهور عصابة امتصاص في المجال 2850-2950 سم$^{-1}$ حيث تمثل مجموعة C-H الأليفاتية، وكذلك وجود عصابة امتصاص في المجال 1500-1700 سم$^{-1}$ وهي تدل على مجموعة C=C أروماتيك. وأيضا عصابة امتصاص في المجال 1000-1250 سم$^{-1}$ تدل على مجموعة C-O-C بين الوحدات وكما ظهرت عصابة امتصاص في المجال 860-990 سم$^{-1}$ تدل على مجموعة C-H أروماتي.

من الملاحظات الهامة هو اتساع نطاق 3200-3550 سم$^{-1}$ في الفيلم ذي الحموضة. يُعزى هذا الاتساع على الأرجح إلى زيادة الروابط الهيدروجينية المتشكلة في بنية الفيلم، ويعود ذلك تحديدًا إلى إضافة أزرق البروموثيمول. أخيرًا، يُعد التشابه الكبير في مواقع النطاقات ودرجة الامتصاص بين الفيلم الخالي من المستخلص، والفيلم المحتوي على المستخلص المائي، والفيلم المحتوي على المستخلص الإيثانولي أمرًا ذا دلالة. يُفسر هذا التشابه بأن المستخلصات غير نقية، والأهم من ذلك، عدم وجود تفاعلات كيميائية بين مكونات المستخلص ومكونات الفيلم. هذا يشير إلى أن المستخلصات قد تم دمجها فيزيائيًا في مصفوفة الفيلم بدلاً من الارتباط الكيميائي بها [89].

✓ -جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية: UV-Visible

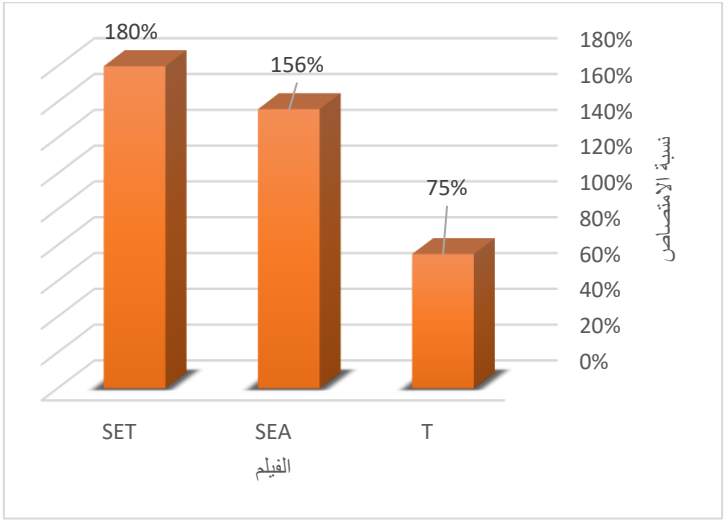


الشكل رقم 34. يوضح نتائج الامتصاصية بدلالة الطول الموجي.

نلاحظ من خلال الشكل رقم (33) الذي يوضح الامتصاصية النسبية بالنسبة للسمك بدلالة الطول الموجي في المجال المرئي (350-500نانومتر) أن أقل امتصاصية هي امتصاصية الفيلم بدون مستخلص يليه الفيلم بالمستخلص المائي ثم الفيلم بالمستخلص الايثانولي. تتعلق الامتصاصية بالمركبات العطرية الموجودة في المستخلص أي الانتقالات الالكترونية. أما بخصوص فيلم مؤشر الرطوبة والحموضة فكان فيلم مؤشر الحموضة أقل من فيلم مؤشر الرطوبة وهذا راجع الى الطبيعة المختلفة للعنصرين وتركيز كل عنصر كلوريد النحاس وازرق البروميتيمول في تركيبة الفيلم.

ج. الخصائص الكيميائية للأفلام المحضرة:

- ✓ **اختبار المحاكاة:**



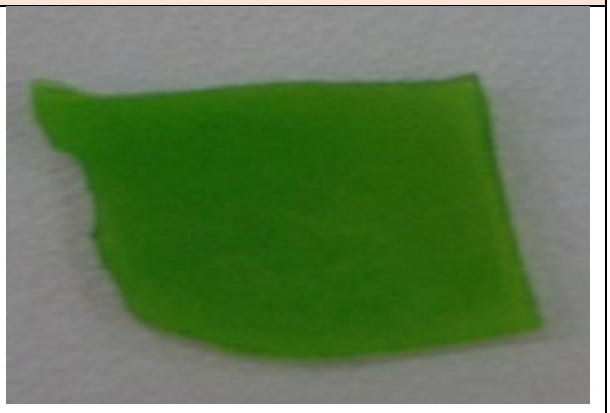
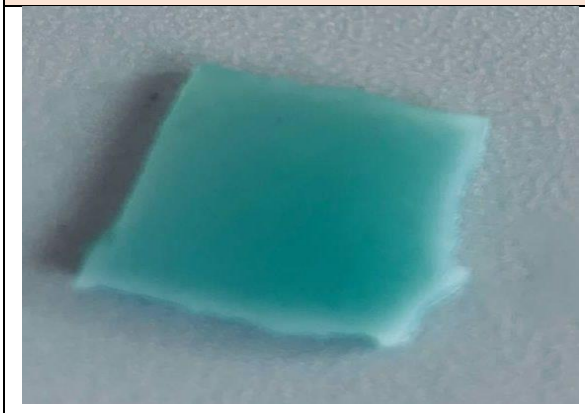
الشكل رقم 35. يوضح أعمدة بيانية لنسبة الامتصاص.

نلاحظ من الشكل رقم (34) الذي يوضح نسبة امتصاص الضمادات لسائل المحاكي من تزايد قيمة الامتصاص وذلك حسب الإضافة من إضافات المستخلص المائي والايثانولي على الترتيب (180%-156%-75%) وهذا راجع على وجود كبر وكثرت عدد المسام الموجودة في الأفلام بسبب وجود السليكا والماء الأكسجيني. من جهة.

ومن جهة أخرى السطح الناتج للأفلام المستخلصات المائية تكون أقل من أفلام SET.

1-مؤشر الرطوبة:

الجدول 14: يوضح اختبارات مؤشر الرطوبة.

مؤشر الرطوبة قبل وضعه في الماء	مؤشر الرطوبة بعد وضعه في الماء
	

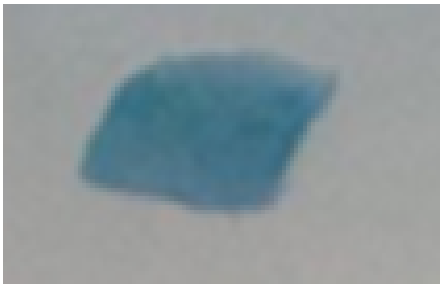
نلاحظ من الجدول رقم (14) التغير اللوني في مؤشر الرطوبة تدل على وجود كلوريد النحاس الثنائي الداخل في التركيبة البنيوية في الفيلم حيث يكون:

-في الوسط الجاف يكون لونه أخضر وشكله غير مميه $CuCl_2$.

-في الوسط المائي يمتص الماء ويصبح لونه أزرق ويصبح على شكل معقد [$CuCl_2.2H_2O$]. هذا التغيير يحدث في مدة قدرها أقل من 15دقيقة.

2-مؤشر الحموضة:

الجدول 15: يوضح اختبار مؤشر الحموضة.

مؤشر الحموضة قبل وضعه في الأمونيا	مؤشر الحموضة بعد وضعه في الأمونيا
	

نلاحظ من الجدول رقم (15) الذي يوضح التغير اللوني لمؤشر الحموضة الراجع الى كاشف أزرق البرموتيمول الداخل في التركيبة البنيوية في الفيلم حيث يكون:

- في الوسط الحامضي عند تركيبة الفيلم تكون لونه أصفر وهذا راجع الى حموضة الفيلم.
- في الوسط القاعدي تركيبة الفيلم تكون لونه أزرق راجع الى امتصاص الأمونيا لأنها قاعدية ترفع قاعدية الفيلم فيتغير اللون.

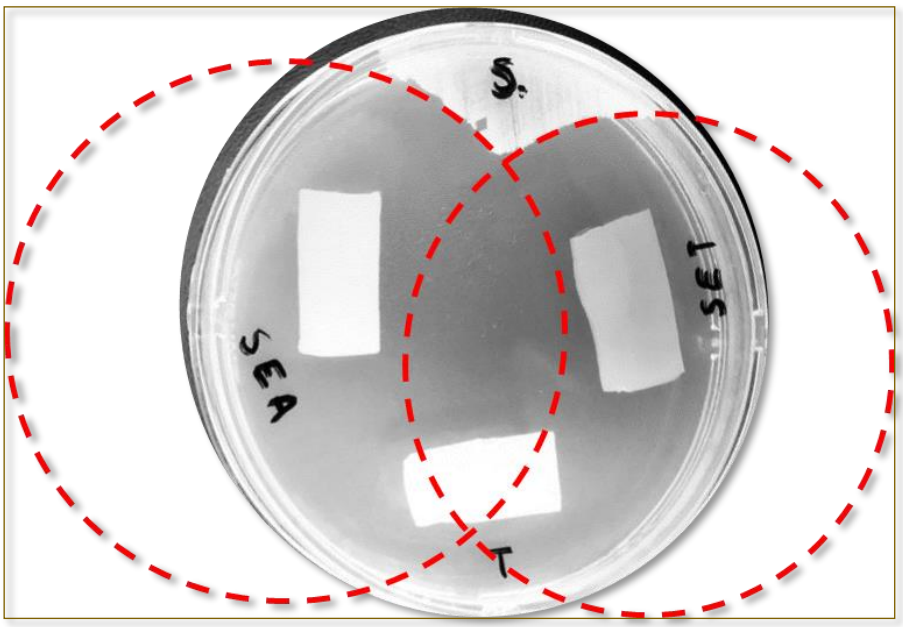
توصلت دراسة(Pang وآخرون) إلى أن استعمال مؤشرات لونية مثل Brilliant Yellowالمدمجة في ألياف هيدروجيل مطبوعة ثلاثيًا، يمكنها مراقبة تغيرات pH ضمن مدى أوسع (4.0 – 9.2) بدقة أكبر، مع إمكانية نقل النتائج عبر الهاتف الذكي. وقد أثبتت هذه الضمادات الذكية قدرتها على التنبؤ المبكر بالعدوى البكتيرية .وعليه، فإن كلا الدراستين أكدتا أهمية pH كمؤشر رئيسي في تقييم حالة الجرح، إلا أن دراستنا تقترح حلاً أبسط وأقل تكلفة باستخدام مواد طبيعية، بينما تعتمد الدراسة المرجعية على تقنيات أكثر تقدمًا لزيادة الدقة والقدرة على التواصل عن بعد [90].

✓ **نتائج إختبارات البكتيريا:**

الجدول 16: يوضح نتائج اختبار نوع البكتيريا.

Strains used	SEA	SET	T
Staphylococcus aureus ATCC 25932	91	87	NI

NI = No Inhibition

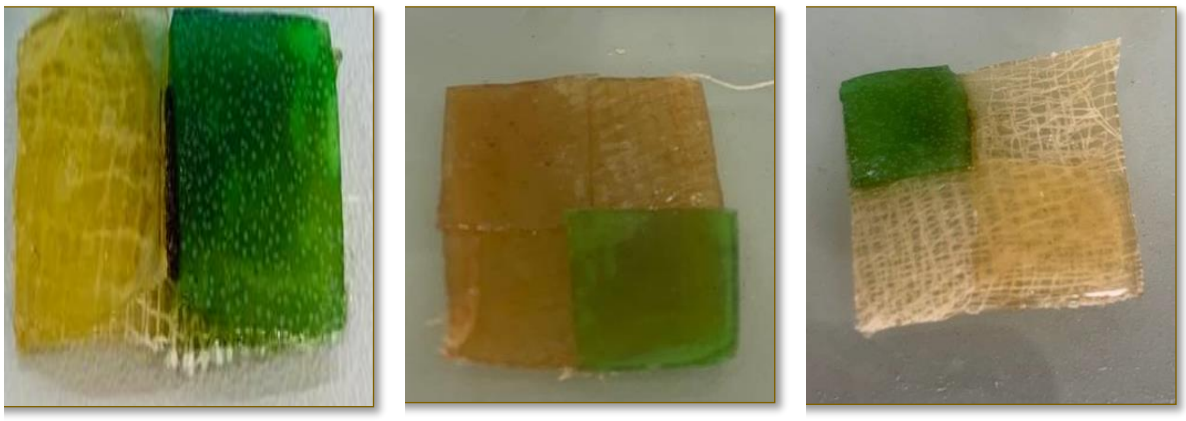


الصورة رقم 23. توضح نتائج اختبار البكتيريا في طبق بيتري.

نلاحظ من الجدول رقم (16) والصورة رقم (24) اللذان يوضحان اختبار فيلم الضمادة لنوع البكتيريا السطحية حيث أظهرت النتائج أن القطر المثبط للمستخلص المائي للحاء شجرة الجوز أكبر من قطر التثبيط للمستخلص الإيثانولي على الترتيب 91%و87% بحيث تمتلك فعالية أكبر ضد البكتيريا مقارنة بالمستخلصات الكحولية، ويُعزى ذلك إلى قدرة الماء على استخلاص المركبات النشطة بيولوجيًا ذات الطبيعة القطبية مثل الفينولات والفلافونويدات، والتي تُعرف بخصائصها المضادة للبكتيريا. كما أن هذه المركبات تظهر استقرارًا أكبر في الوسط المائي، مما يُسهم في الحفاظ على نشاطها الحيوي أثناء التجارب. إضافة إلى ذلك، فإن قابلية هذه المركبات للانتشار في الوسط البيئي للبكتيريا تكون أعلى في المستخلصات المائية، مما يعزز من قدرتها على اختراق الجدار الخلوي وإحداث تأثير مثبط أو قاتل. ومن هذا المنطلق، يمكن اعتبار المستخلصات المائية أكثر كفاءة في التطبيقات البيولوجية المرتبطة بمكافحة العدوى.

8.2. تصميم الضمادة :

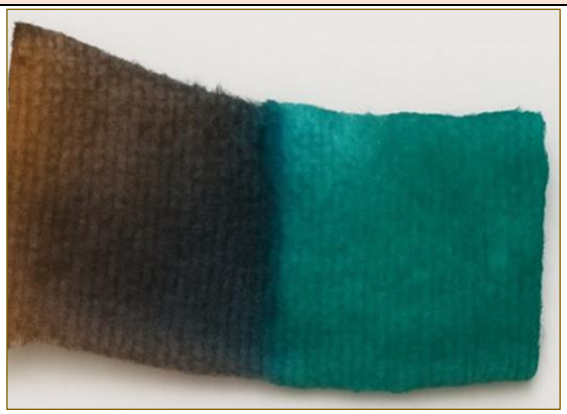
تمت عملية تصميم الضمادة بأخذ قطعة من فيلم المستخلص تقدر مساحتها 4 سم 2. وأخذ فيلم من مؤشر الحموضة والرطوبة تقدر مساحتها 1 سم^2. تم استعمال الصمغ العربي $C_{12}H_{20}O_{10}$كلاصق طبيعي للمؤشرات كما توضحه تركيبة ضمادة الموضحة في الصور [19].



الصورة رقم 24. تصميم الضمادة المبتكرة للمستخلص المائي والايثانولي.

1.8.2 . اختبار الضمادة المبتكرة في السائل المحاكي

الجدول 17: الضمادة المبتكرة قبل وبعد وضعها في السائل المحاكي.

الضمادة قبل وضعها في السائل المحاكي	الضمادة بعد وضعها في السائل المحاكي
	

نلاحظ من الجدول رقم (17) الضمادة المبتكرة قبل وبعد اختبار الرطوبة والحموضة حيث نلاحظ التغير الجزء الملون من الأخضر الى الأزرق تدل على الرطوبة أما الجزء الملون من الأصفر الى الأزرق تدل على الحموضة، وهو ما يُعتبر مؤشرًا مبكرًا على وجود عدوى أو خلل في عملية الإلتئام

الخلاصة

تمثل هذه الدراسة محاولة علمية لاستغلال الموارد الطبيعية في تطوير ضمادة ذكية تتمتع بخصائص علاجية وقدرة على الاستجابة البصرية الفورية لتغيرات بيئة الجرح، ما يساهم في تحسين جودة الرعاية الصحية بطرق بسيطة.

- ✓ وتشير هذه النتائج الى ان المردود الايثانولي أكثر من المائي للحاء الجوز بنسبة 14%.
- ✓ اما التقدير الكمي للفينولات كان جيدا حيث وصل الى (143.982 mg (AG)/g) للمستخلص الايثانولي.
- ✓ ومن جهة أخرى كان التقدير الكمي الفلافونيدات متوسطا نوعا ما حيث وصل (mg 20.533(EQ)/g) للمستخلص الايثانولي.
- ✓ أما بالنسبة الاختبارات مضادات الاكسدة بالطريقة الكهروكيميائية أو الكيميائية فأنها ترجمة على أن للمستخلص الايثانولي أكثر من المستخلص المائي، أي له قدرة مضاة لأكسدة أكثر.
- ✓ كما كان هذا المستخلص فعالية مضادة للبكتيريا بتركيز قاتل 40-20 ملغ/ مل بالنسبة للمستخلص المائي و20-10ملغ/ مل للمستخلص الايثانولي وذلك بالنسبة للبكتيريا المزمنة والسطحية على التوالي.
- ✓ كما أظهرت الضمادة المحضرة انطلاقا من هذه المستخلصات أنها تتميز ب:

خفة وزنها فقد تراوحت كثافة الأفلام بين (1.29 – 2.63 جم/سم^3)، وهذه الأخيرة من العوامل المهمة التي تعزز سهولة تطبيقها وراحة المريض أثناء الاستخدام.

- ✓ وبالنظر إلى العتامة، أظهر فيلم المستخلص الإيثانولي أعلى نسبة عتامة، يليه فيلم المستخلص المائي، ما يساعد في منع التعرض الجرح للضوء والتأثيرات الخارجية.
- ✓ أما من الناحية الوظيفية، أظهرت الضمادات قدرة جيدة على امتصاص السوائل، حيث بلغ امتصاص السائل المحاكي (PECF) في فيلم SET حوالي 180.2% .
- ✓ كما تميزت بقدرتها على نفاذية الغازات الذي له دور مهم في تعزيز عملية الشفاء.
- ✓ وكذلك أظهرت سرعة الاستجابة للمؤشرات حيث تغير لونهما في زمن أقل من 15دقيقة. ما يوفر مراقبة حالة الجرح بصريًا دون الحاجة لإزالة الضمادة.
- ✓ وأخيرًا، من الناحية الحيوية، فإن جميع المواد المستخدمة في تصنيع الضمادات، من نشاء ومستخلصات نباتية طبيعية، كانت آمنة، غير سامة، وقابلة للتحلل الحيوي، مما يعزز توافقها مع الجلد وملاءمتها للاستخدام الطبي.

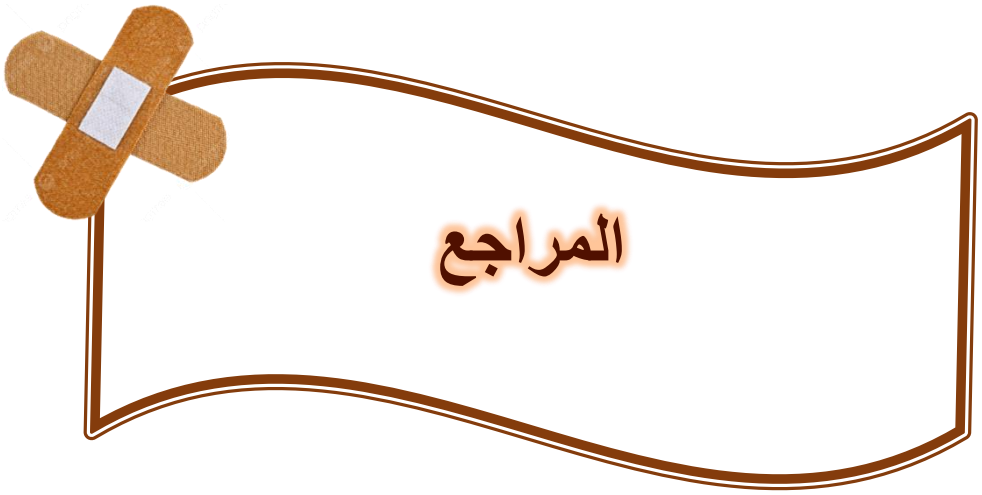
وتدل هذه النتائج على أن الضمادات المطوّرة تمثل خيارًا واعدًا يجمع بين الفعالية، الذكاء، والسلامة البيولوجية.

التوصيات:

تؤكد هذه النتائج أن المستخلصات النباتية توفر بدائل فعالة وآمنة تدعم الاتجاه نحو تطبيقات طبية حيوية وصديقة للبيئة ومستدامة، وتفتح آفاقًا واسعة لتطوير أنظمة ذكية متكاملة في مجال الضمادات العلاجية.

كما تمهّد الطريق نحو تصميم مواد جديدة متعددة الوظائف، قادرة على التفاعل مع محيط الجرح بطريقة آنية وفعالة، مما يسهم في تحسين المتابعة الطبية الذاتية وتقليل الحاجة إلى تدخلات متكررة. مستقبلاً.

يمكن توسيع نطاق هذه الدراسة لتشمل اختبارات سريرية، وتحسين خصائص الضمادة من حيث الثبات، الكفاءة، وسهولة الاستخدام، بالإضافة إلى دمج مستشعرات إلكترونية لزيادة دقة المراقبة والاستجابة، إجراء اختبارات سريرية موسعة للتحقق من فعالية الضمادة في ظروف مشابهة للواقع الطبي، بالإضافة إلى دراسة تأثير العوامل الفيزيائية (مثل الحرارة والضغط) على أداء المؤشرات اللونية وتحسين خصائص الفيلم من حيث القوة الميكانيكية ومدة الصلاحية بالإضافة الى إمكانية مقارنة فعالية مستخلصات نباتية مختلفة لاختيار التركيبة المثلى والتعاون مع فرق متعددة التخصصات (كيمياء، صيدلة، هندسة طبية) لتطوير نموذج متكامل قابل للتسويق.



المراجع

المراجع بالعربية:

[16]. ع. ا. ربيعي،، ". تحضير البلاستيك الحيوي من المخلفات الزراعية لنبات البطاطا". مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، الجزائر، 2021.

[33]. ا. محمد، "الأدوار الفيزيولوجية للجلد دراسة شاملة،" مجلة العلوم الطبية والحيوية،المجلد12، العدد190-150، 2023.

[34]. ا. أحمد، "طبقات الجلد ووظائفها،" مجلة البحوث الطبية، .العدد9 ،الصفحات210-225 .،2021 .

[35]. ا. محمد، "أهمية الجلد في جسم الانسان،" مجلة العلوم الصحية، العدد5 ، الصفحات45-60 .، 2018.

[64]. ب شمسة،" دراسة مقارنة للمردودية والنشاطية المضادة للأكسدة في المستخلص الكحولي، والمائي عند نباتZygophyllum album L" ،شهادة ماستر ، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي،2024 .

[65].. ع. ا. ربيعي، "تحليل مقارن للتركيب الكيميائي والفعالية البيولوجية لأجزاء مختلفة من نبات العلندة " كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي،2024 .

[66]. ا. التهامي، "تقدير المحتوى الفينولي والفعالية المضادة لأكسدة لمنتجات النحل في الجزائر بالطرق الكهروكيميائية" كلية العلوم والرياضيات، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2016.

[73] ا. ل. سمير،زين, "استخلاص البكتين من قشور بعض الفاكهة والخضروات ودراسة خصائصة الكيميائية وتشخيصها " المجلة السورية للبحوث الزراعية، 2021.

[81]. Ouerdane Aldjia،L. N. Aksas Lydia . "دراسة النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلص المائي للجوز Juglans regia ". مذكرة ماستر، كلية العلوم البيولوجية، قسم الكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة، جامعة مولود معمري - تيزي وزو. 2022.

[83]. المرشدي، "استخلاص وتنقية الفلافويندات من أوراق الشاي الأخضر وقشور الرمان وتحديد فعاليتها المضادة للأكسدة " رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة كربلاء، العراق، 2012.

[85]. بن. عمارة. فاطمة. ثامر. هدى، "تأثير الأسمدة العضوية الطبيعية على انتاج محصول البطاطا"، مذكرة ماستر، 2015.

المراجع الأجنبية:

[1] J. est، "Burden of wounds to the NHS: what has changed since ،" Wounds UK، vol. 17، pp. 10-15، 2021.

[2] D. G. Armstrong، A. J. Boulton، and S. A. Bus، "Diabetic foot ulcers and their recurrence،" New England Journal of Medicine، vol. 376، pp. 2367-2375، 2017.

[3] J. Boateng and O. Catanzano، "Advanced therapeutic dressings for effective wound healing—a review،" Journal of pharmaceutical sciences، vol. 104، pp. 3653-3680، 2015.

[4] L. Ding، L. He، Y. Wang، X. Zhao، H. Ma، Y. Luo، *et al.*، "Research progress and challenges of composite wound dressings containing plant extracts،" *Cellulose*، vol. 30، pp. 11297-11322، 2023.

[5] C. Sachdeva، K. Satyamoorthy، and T. S. Murali، "Microbial interplay in skin and chronic wounds،" *Current Clinical Microbiology Reports*، vol. 9، pp. 21-31، 2022.

[6]. S. Dhivya، V. V. Padma، and E. Santhini، "Wound dressings–a review،" BioMedicine، vol. 5، p. 22، 2015.

[7]. S. Alven، V. Khwaza، O. O. Oyedeji، and B. A. Aderibigbe، "Polymer-based scaffolds loaded with aloe vera extract for the treatment of wounds،" Pharmaceutics، vol. 13، p. 961، 2021.

[8]. I. George Broughton، J. E. Janis، and C. E. Attinger، "A brief history of wound care،" Plastic and reconstructive surgery، vol. 117، pp. 6S-11S، 2006.

[9]. S. D. Bhoyar، K. Malhotra ،and B. Madke، "Dressing materials: A comprehensive review،" Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery، vol. 16، pp. 81-89، 2023.

[10]. G. D. Winter and J. T. Scales، "Effect of air drying and dressings on the surface of a wound،" Nature، vol. 197، pp. 91 1963 ،92،.2015.

[11]. E. Rezvani Ghomi، S. Khalili، S. Nouri Khorasani، R. Esmaeely Neisiany، and S. Ramakrishna، "Wound dressings: Current advances and future directions،" Journal of Applied Polymer Science، vol. 136، p. 477،38.،2019.

[12]. M. Farahani and A. Shafiee، "Wound healing: from passive to smart dressings،" Advanced Healthcare Materials، vol. 10، p. 2100477، 2021.

[13]. V. R. Ragnaboina، T.-M. Jang، S. Han، and S.-W. Hwang، "Recent Advancements in Smart Bandages for Wound Healing،" Journal of Sensor Science and Technology، vol. 32، pp. 357-369، 2023.

[14]. P. Zou، J. Yao، Y.-N. Cui، T. Zhao، J. Che، M. Yang، et al.، "Advances in cellulose-based hydrogels for biomedical engineering: a review summary،" Gels، vol. 8، p. 364، 2022.

[15]. B. S. Sivamaruthi، P. kumar Nallasamy، N. Suganthy، P. Kesika، and C. Chaiyasut، "Pharmaceutical and biomedical applications of starch-based drug delivery system: A review،" *Journal of Drug Delivery Science and Technology*، vol. 77، p. 103890، 2022.

[17]. I. Z. b. panelAinhoa Irastorza a، Mireia Andonegi b، Pedro Guerrero b c and K. d. l. C. b. c. m. ، The versatility of collagen and chitosan: From food to biomedical applications " food-hydrocolloids، July 2021.

[18] S. Baississe, "Extraction et appréciation des pectines à partir d'écorces d'oranges, de pulpes d'abricots et de pommes," Batna, Université El Hadj Lakhdar. Faculté des sciences, 2009.

[19] . M. A. Elblbesy، T. A. Hanafy، and M. M. Shawki، "Polyvinyl alcohol/gum arabic hydrogel preparation and cytotoxicity for wound healing improvement،" *e-Polymers*، vol. 22، pp. 566-576، 2022.

[20] A. A. Mariod, "Chemical properties of gum Arabic," in *Gum arabic*, ed: Elsevier, 2018, pp. 67-73.

[21]. J. Lewandowska-Łańcucka، K. Mystek، A. Gilarska، K. Kamiński، M. Romek، B. Sulikowski، et al.، "Silicone-stabilized liposomes as a possible novel nanostructural drug carrier،" Colloids and Surfaces B: Biointerfaces، vol. 143، pp. 359-370، 2016.

[22]. S. Peleteiro، V. Santos، G. Garrote، and J. C. Parajó، "Furfural production from Eucalyptus wood using an acidic ionic liquid،" Carbohydrate polymers، vol. 146، pp. 20-25، 2016.

[24] Nguyen Minh Hien, Le Thi Ngoc Tam, et al., "Biomedical materials for wound dressing: recent advances and applications Journal". RSC Advance, pp. 5509–5528, 2023.

[23]. O. J. Lee، J.-H. Kim، B. M. Moon، J. R. Chao، J. Yoon، H. W. Ju، et al.، "Fabrication and characterization of hydrocolloid dressing with silk fibroin nanoparticles for wound healing،" Tissue Engineering and Regenerative Medicine، vol. 13، pp. 218-226، 2016.

[25] B. Sheokand، M. Vats، A. Kumar، C. M. Srivastava، I. Bahadur، and S. R. Pathak، "Natural polymers used in the dressing materials for wound healing: Past، present and future،" Journal of polymer science، vol. 61، pp. 1389-1414، 2023.

[26]. C. Daunton، S. Kothari، L. Smith، and D. Steele، "A history of materials and practices for wound management،" Wound Practice & Research: Journal of the Australian Wound Management Association، vol. 20، 2012.

[27]. G. Schoukens، "Bioactive dressings to promote wound healing،" in Advanced textiles for wound care، ed: Elsevier، pp. 135-167، 2019.

[29]. Y. Haririan and A. Asayesh، "Characterization of the structural configuration and tensile properties of medical bandages،" The Journal of The Textile Institute، vol. 113، pp. 1595-1602، 2022.

[30]. J. S. Boateng، K. H. Matthews، H. N. Stevens، and G. M. Eccleston، "Wound healing dressings and drug delivery systems: a review،" Journal of pharmaceutical sciences، vol. 97، pp. 2892-2923، 2008.

[31]. G. Schoukens، "Bioactive dressings to promote wound healing،" in Advanced textiles for wound care، ed: Elsevier، pp. 135-167، 2019.

[32]. F. Tsegay، M. Elsherif، and H. Butt، "Smart 3D printed hydrogel skin wound bandages: a review،" Polymers، vol. 14، p. 1012، 2022.

[36]. R. G. Bennett and D. Urman، "History of Dermatologic Surgery،" Practical Dermatologic Surgery، p. 1، 2021.

[37]. M. Burnet، D. G. Metcalf، S. Milo، C. Gamerith، A. Heinzle، E. Sigl، et al.، "A host-directed approach to the detection of infection in hard-to-heal wounds،" Diagnostics، vol. 12، p. 2408، 2022.

[38]. D. H. Jung، C. W. Huh، N. J. Kim، and B.-W. Kim، "Optimal endoscopy timing in patients with acute variceal bleeding: A systematic review and meta-analysis،" Scientific Reports، vol. 10، p. 4046، 2020.

[39] . A. V. Nguyen and A. M. Soulika، "The dynamics of the skin’s immune system،" International journal of molecular sciences، vol. 20، p. 1811، 2019.

[40]. S.-H. Park، S.-Y. Song، E.-H. Park، E. Kim، G. C. Oh، E. H. Choo، et al.، "Beneficial effects of caffeic acid phenethyl ester on wound healing in a diabetic mouse: Role of VEGF and NO،" applied sciences، vol. 12، p. 2320، 2022.

[41] J. Lei, L. Sun, P. Li, C. Zhu, Z. Lin, V .Mackey*, et al.*, "The wound dressings and their applications in wound healing and management," *Health science journal,* vol. 13, pp. 1-8, 2019.

[42]. M. Burnet، D. G. Metcalf، S. Milo، C. Gamerith، A. Heinzle، E. Sigl، et al.، "A host-directed approach to the detection of infection in hard-to-heal wounds،" Diagnostics، vol. 12، p. 2408، 2022.

[43]. B. Sheokand، M. Vats، A. Kumar، C. M. Srivastava، I. Bahadur، and S. R. Pathak، "Natural polymers used in the dressing materials for wound healing: Past، present and future،" Journal of polymer science، vol. 61 ،pp. 1389-1414، 2023.

[44]. J. Bailey، "Chronic wounds fail to heal in a timely manner. Describe the underlying mechanisms that lead to a failure in wound repair and explore the current and future treatment options to assess and stimulate chronic wound healing."

[45]. B. P. Nagori and R. Solanki، "Role of medicinal plants in wound healing،" Research Journal of Medicinal Plant، vol. 5، pp. 392-405، 2011.

[47]. C. Nicolaus، S. Junghanns، A. Hartmann، R. Murillo، M. Ganzera، and I. Merfort، "In vitro studies to evaluate the wound healing properties of Calendula officinalis extracts،" Journal of ethnopharmacology، vol. 196، pp. 94-103، 2017.

[48]. K. Todar، "Staphylococcus aureus and staphylococcal disease. Todar's online textbook of bacteriology،" ، 2012.

[49]. M. N. Maroff، "Determination of the inhibitory activity of some biological extracts agaiast multi rrsistans antibiotic Staphylococcus specis which and isolated from different sources of infechtion،" Tikrit Journal of Pure Science، vol. 22، pp. 6-14، 2017.

[50]. J. A. Donaghy، B. Jagadeesan، K. Goodburn، L. Grunwald، O. N. Jensen، A. Jespers، et al.، "Relationship of sanitizers، disinfectants، and cleaning agents with antimicrobial resistance،" Journal of Food Protection، vol. 82، pp. 889-902، 2019.

[51]. A. Bakr، A. Abdeldaiem، and A. Mousa، "Effect of Certain Antiseptics on the Growth of Escherichia coli in Skim Milk،" Alexandria Journal of Food Science & Technology، vol. 20، 2023.

[52]. L. Aksas، N. Lani، and A. Ouerdane، "Etude de l’activité antibactérienne de l’extrait aqueux du noyer «juglans regia»،" Université Mouloud Mammeri، 2022.

[53]. P. V. Fournier، *Dictionnaire des plantes médicinales et vénéneuses de France*: Omnibus، 2010.

[54] K. Houmanat, K. Abdellah, L. Hssaini, R. Razouk, H. Hanine, S. Jaafary*, et al.*, "Molecular diversity of walnut (Juglans regia L.) among two major areas in Morocco in contrast with foreign varieties," *International Journal of Fruit Science,* vol. 21, pp ,192-180 . .2021

[55]. T. I. Shah، E. Sharma، and G. Ahmad، "Juglans regia Linn: A phytopharmacological review،" *World Journal of Pharmaceutical Sciences*، pp. 264-273، 2014.

[56] M. Rodriguez, S. Ploquin, B. Moulia, and E. de Langre, "The multimodal dynamics of a walnut tree: experiments and models," 2012

[57]. V. Vieira، C. Pereira، T. C. Pires، R. C. Calhelha، M. J. Alves، O. Ferreira، *et al.*، "Phenolic profile، antioxidant and antibacterial properties of Juglans regia L.(walnut) leaves from the Northeast of Portugal،" *Industrial Crops and Products*، vol. 134، pp. 347-355، 2019.

[58]. M. M. Thuwaini، "Antibacterial spectrum of medicinal plants: A review،" 2023.

[59]. Z. Farah، S. Saim، and Z. Talbi، "Étude de l'activité antibiofilm de l'extrait aqueux des écorces de Juglans regia L،" Université Mouloud Mammeri، 2022.

[60]. K. Asma and C. Yasmine، "In vitro antimicrobial activity of Salvadora persica and Juglans regia extracts against microbial strains from oral cavity،" *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* ،vol. 33، p. 102003، 2021.

[61]. L. Jaramillo-Quintero and A. Martínez-Ayala، "BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS OF PROTEIN HYDROLYSATES AND CURCIN FROM JATROPHA CURCAS LSEEDS،" *THE PROMISING FUTURE OF JATROPHA CURCAS*، p. 123.

[62] T. Nikolaeva, P. Lapshin, and N. Zagoskina, "Method for determining the total content of phenolic compounds in plant extracts with Folin–Denis reagent and Folin–Ciocalteu reagent: Modification and comparison," *Russian Journal of Bioorganic Chemistry,* vol. 48, pp. 1519-1525, 2022.

[63]. K. Saffidine، "Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de carthamus caeruleus L. et de plantago major L،" 2018.

[67]. M. P. Weinstein، "Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically،"، 2018.

[68]. W. PA، "Reference method for broth dilution antifungal susceptibility testing of yeasts، approved standard،" *CLSI document M27-A2*، 2002.

[69]. R. Schwalbe، L. Steele-Moore، and A. C. Goodwin، *Antimicrobial susceptibility testing protocols*: Crc Press، 2007.

[70]. P. Wayne، "Clinical and laboratory standards institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing،" 2011.

[71]. B. D. Lushniak، "Antibiotic resistance: a public health crisis،" *Public Health Reports*، vol. 129، pp. 314-316، 2014.

[72].. O. Oluwasina، B. P. Akinyele، S. J. Olusegun، O. O. Oluwasina، and N. D. Mohallem، "Evaluation of the effects of additives on the properties of starch-based bioplastic film،" *SN Applied Sciences*، vol. 3، pp. 1-12، 2021.

[74]. S. D. S. B. B. s. s. Sigma-Aldrich، Product Number B8630،" ver. 6.4، Revision Date: Mar. 10، 2025، Print Date: Apr. 27، 2025.

[75] Safety Data Sheet: Copper(II) chloride dihydrate (≥99%, p.a.).*(2024)* .

[76]. V. Le، "Bio-plastics production from starch،" 2020.

[77]. A. Pal، D. Goswami، H. E. Cuellar، B. Castro، S. Kuang، and R. V. Martinez، "Early detection and monitoring of chronic wounds using low-cost، omniphobic paper-based smart bandages،" *Biosensors and Bioelectronics*، vol. 117، pp. 696-705، 2018.

[78]. A. Ismael Raafat and A. El-Hag Ali، "A novel Lawsonia inermis (Henna)/(hydroxyethylcellulose/polyvinylpyrrolidone) wound dressing hydrogel: radiation synthesis، characterization and biological evaluation "،*Polymer Bulletin*، vol. 76، pp. 4069-4086، 2019.

[79]. B. Bonev، J. Hooper، and J. Parisot، "Principles of assessing bacterial susceptibility to antibiotics using the agar diffusion method،" *Journal of antimicrobial chemotherapy*، vol. 61، pp. 1295-1301، 2008.

[80]. J. A. Kiehlbauch، G. E. Hannett، M. Salfinger، W. Archinal، C. Monserrat، and C. Carlyn، "Use of the National Committee for Clinical Laboratory Standards guidelines for disk diffusion susceptibility testing in New York state laboratories،" *Journal of clinical microbiology*، vol. 38، pp. 3341-3348، 2000.

[82]. T. I. Shah, E. Sharma, and G. Ahmad, "Juglans regia Linn: A phytopharmacological review," *World Journal of Pharmaceutical Sciences,* pp. 264-273, 2014

[84]. Z. Farah، S. Saim، and Z. Talbi، "Étude de l'activité antibiosis de dexterity aqueux des écorces de Juglans regia L"، 2022.

[86] . I. Dankar, A. Haddarah, F. E. Omar, M. Pujolà, and F. Sepulcre, "Characterization of food additive-potato starch complexes by FTIR and X-ray diffraction," *Food Chemistry,* vol. 260, pp. 7-12, 2018.

[87] M. A. Auribi, Mohammed, L. S., & Zubein, N. K. " Extraction of pectin from some fruit and vegetable peels and study of its chemical properties and FTIR characterization. Syrian Journal of Agricultural Research, vol 8(3), pp 277–287.2021.

[88]. M. M. IBRAHIM, et al, " Reinforcement of starch based biodegradable composite using Nile rose residues. Journal of Materials Research and Technology. pp 6160-6171, 2020.

[90] Q. Pang, F. Yang, Z. Jiang, K. Wu, R. Hou, and Y. Zhu, "Smart wound dressing for advanced wound management: Real-time monitoring and on-demand treatment," *Materials & Design,* vol. 229, p. 111917, 2023.

مراجع انترنات:

[28] https://www.google.com/imgresimgurl=https://image.made-in-china.com/202f0j00ACNWJmTFGGkp/Gauze-Bandage.jpg&tbnid=zqo-Lnu4d7b9iM&vet=1&imgrefurl=https://sa.made-in-china.com/co_3771cce78b32a35f/product_Gauze-Bandage_uoyonhuysg.html&docid=cKKA2ETrMPqFaM&w=550&h=550&hl=ar-AE&source=sh/x/im/m1/4&kgs=58cdec4266288f97 (11/05/2025) .

[46]https://www.researchgate.net/publication/237474871_Medicinal_Plants_and_their_Role_in_Wound_Healing. (11/05/2025)