دراسة مقاومة نمو البكتريا على أغشية بولي فينيل الكحول/الفضة النانوية المنتجة بطريقة الغزل الكهربائي بتقنية البثق

آلاء خسارة [1] فاتن عجيب [2] عدنان علي نظام [3]

الملخص

استعملت إحدى طرائق الغزل الكهربائي بتطبيق طريقة عملية البثق لتصنيع غشاء من الألياف (مرتبة الميكرو والنانو) بهدف تهيئته لكي يكون نواة جديدة لضماد طبي للجروح، ابتداءً من محلول مائي لمادتي بولي فينيل الكحول ونترات الفضة لتشكيلها في شبكات أقمشة غير منسوجة ثم معالجتها عن طريق الحرارة، إذ تبيّن أن المعالجة الحرارية عملت على إرجاع إيونات الفضة الإيجابية في الشبكة المغزولة من البولي فينيل الكحول والفضة إلى جُسيمات فضة نانوية.

كان تركيز الاهتمام في هذا البحث على دراسة خصائص النمو الميكروبي على الأغشية النانوية المنتجة بطريقة الغزل الكهربائي لمادة بولي فينيل الكحول بعد دمجها مع نترات الفضة وإرجاع شوارد الفضة إلى جزيئات الفضة متناهية الصغر، والتحقق من قابلية الغزل الكهربائي لهذا المحلول وفق النسب المبدئية التي جرى وضعها (تركيز PVA (10 wt%)و $AgNO_3$ (2 wt%)).

استعملت في هذا البحث آلية لغزل ألياف النانو وإنتاج شبكة مؤلفة من بائق مزود بحاقن مع إبرة دقيقة (فونيه غزل) موصول إلى جهد كهربائي ذي توتر عال نحو 20 – 30 كيلو فولت، مجهر إلكتروني، حاضنة للميكروبات، ثم بملاحظة مساحة منطقة تثبيط النمو الميكروبي للأغشية المنتجة لنوعين من الميكروبات: بكتريا العنقودية الذهبية Staphylococcus aureus إيجابية الغرام وبكتريا الإشريكيّة القولونية Escherichia coli سلبية الغرام، وقُورنت النتائج مع نتائج باحثين آخرين.

في النتيجة، تبيّن أن الغشاء$PVA/AgNO_3$ المغزول كهربائياً يُعدّ مادة جيدة لتضميد الجروح لكونها تتمتع باستقرار هيكلي في البيئة الرطبة وكذلك بسبب القدرة العالية المضادة للميكروبات وفعاليتها السريعة والمستمرة.

الكلمات المفتاحية: الأغشية النانوية–الغزل الكهربائي–النمو الميكروبي.

[1] مهندسة في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

[2] مدرسة في قسم الهندسة الطبية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق

[3] أستاذ في قسم علم الحياة النباتية، كلية العلوم، جامعة دمشق.

Studying of Bacterial Growth Resistance on polyvinyl alcohol / silver nanofilms produced by electrostatic spinning extrusion technique

[1]Aala KHSARA Faten AJEEB [2] Adnan ALI – NIZAM[3]

Abstract

One of the electro-spinning methods (spinning by extrusion) was used to manufacture a membrane of fibers (in micro and Nano fineness) to create a new core for a medical wound dressing. By using an aqueous solution of polyvinyl alcohol and silver nitrate, to spin them into non-woven fabric networks, and treated by heat.

It was found that the heat treatment reduced the cationic silver ions in the spun mesh of polyvinyl alcohol and silver into silver nanoparticles.

This research was focused on characteristics of microbial growth studying on the Nano films produced, and verifying the ability of electrostatic spinning of this solution ($PVA/AgNO_3$) according to the principle ratios that have been established (concentration PVA (10 wt%) and $AgNO_3$ (2 wt%))

In this research, We have designed a mechanism to spin nanofibers and produce a network consisting of an extruder equipped with an injector with a fine needle (spinning needle) connected to a high voltage of about 20 - 30 kilovolts, an electron microscope, an microbes incubator.

Then, it was done by observation the area of the microbial growth inhibition zone of the membranes producing two types of Gram-positive (Staphylococcus aureus) and Gram-negative (Escherichia coli) microbes, the results were compared with the results of other researchers.

At the end result, it is concluded that the electrically spun $PVA/AgNO_3$ membrane is a good material for wound dressing as it has structural stability in humid environment as well as high antimicrobial capacity and continuous effectiveness.

Keywords:Silver particles treatment_Colony area_Bacteria_ Electrospinning.

[1]Engineer at Department of Mechanical Engineering of Textile Industries and its technologies, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University)

[2]Dr. at Department of Biomedical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

[3]Prof. Dr.at the Department of Plant Biology, Faculty of Sciences, Damascus University.

1- المقدمة:

يعدّ قطاع الرعاية الصحية والنظافة الطبية جزءاً مهماً ومتزايد النمو والتطور من صناعة النسيج، ويرجع سبب ذلك النمو للتحسينات والابتكارات المستمرة في كل من تقنيات الغزل والنسيج والإجراءات الطبية، وتعدّ المنتجات النسيجية الطبية عموماً مناسبة لأي تطبيق طبي وجراحي، إذ أنها تجمع بين المتانة والنعومة، والقدرة على امتصاص الرطوبة أحياناً إضافة إلى كونها ذات طبيعة تسمح بنفاذية الهواء [1].

تقنية الغزل الكهربائي Electrospinning، عموماً، هي طريقة بسيطة ومنخفضة التكلفة لصنع ألياف ذات دقة ونعومة فائقة، وعملية الغزل الكهربائي هي أن محلول البلمر polymer يبثق من خلال فونيه غزل دقيقة بحجم المليمتر مع تعرّضها لحقول كهربائية بعدّة كيلوفولتات [2]، وقد تطوّرت مؤخراً تقنيات تصنيع ودراسة شبكات فائقة الصغر التي يجري تصنيعها بطريقة الغزل الكهربائي على نطاق واسع نظراً إلى خصائصها الفريدة، مثل: ارتفاع نسبة مساحة السطح إلى الحجم وأحجام المسام الصغيرة والمسامية العالية وغيرها [2]، إذ إن تقنية الغزل الكهربائي [3]. هي تقنية صناعة تعتمد على استخراج ليف نانومتري مستمر من محاليل البلمرات أو مصهور تحت تأثير حقل كهربائي راكد electrostatic قوي عن طريق ضبط بارامترات parameters أنواع من محاليل البلمرات لكي تنتج أليافاً يتراوح قطرها بين عدة مِكرومترات إلى عشرات من النانومترات. أساس عملية الغزل الكهربائي من خلال بثق سائل بمواصفات معينة من حرارة وكثافة ولزوجة من فتحات دقيقة لتشكيل خيوط مستمرة مبلمرة نصف صلب.

تمتلك الألياف المصنعة بهذه الطريقة العديد من الخصائص كالأقطار الصغيرة ومعامل السطح العالي ووظائف سطح مرنة مسامية عالية، وبالتالي يمكن استعمال الأغشية النانوية كمواد ترشيح وعناصر طبية حيوية ودعامات الأنسجة ومكوّنات المستشعرات الحيوية والأجهزة الكهروضوئية والمواد المركّبة المقواة وما إلى ذلك [3]، فالغزل الكهربائي هو شكل من أشكال الانحلال الكهرومغناطيسي المجهّز بالكهرباء، فعند تطبيق جهد كهربائي عالٍ وكافٍ على قطرة سائل يصبح جسم السائل مشحوناً، ويعادل التنافر الكهربائي الراكد الشد السطحي وتتشد القطرة نتيجة لذلك، وفي نقطة حرجة ينبثق تيار من السائل من السطح. تُعرف نقطة الانبثاق بمخروط تايلور Taylor cone إذا كان الارتباط الجزيئي للسائل عالياً على نحو كاف، لا يحدث انقطاع للتيار ويتشكل انبثاق للسائل المشحون، يستطيل الانبثاق بعدها بعملية السحب السريع الناتجة عن التنافر الكهربائي الراكد وتبدأ بانحناءات صغيرة في الليف، حتى تستقر في النهاية على المجمع المؤرض. واستطالة وترفيع الليف الناتجة عن عدم استقرارية الانحناء هذه تؤدي إلى تشكيل ألياف منتظمة بأقطار بمقياس النانو. كشفت مجموعة من الدراسات [4,6,7].

عن تطوير وتعديل أجهزة الغزل الكهربائي تضمّنت طرائق زيادة إنتاجية ألياف النانو وخطوات متعددة لعملية الغزل. كما حظي ارتباط الجُسيمات النانوية المعدنية على بعض الأسطح مؤخراً باهتمام واسع النطاق [5]. نظراً إلى إمكان تحفيز الجُسيمات النانوية المعدنية لتشكيل هياكل مجهرية ثلاثية الأبعاد، هذه الهياكل مثيرة لاهتمام البحث وعلى نحو خاص للاستشعار البصري والبيولوجي وعلاج السرطان والتحفيز الكيميائي والعديد من الأجهزة البصرية والضوئية والإلكترونية المتخصصة.

اجتذبت عملية دمج المركّبات العلاجية في الأجزاء النانوية الكهربائية الكثير من الاهتمام [8]، نظراًإلى أن الشبكات النانوية الناتجة أعطت فعالية علاجية قويّة جداً نتيجة لارتفاع نسبة مساحة السطح إلى حجمها، والشبكات

المركبة التي تحتوي أكثر من مادة في تشكيلها النانوي أعطت إمكانَ إعداد نظم بلمرية مفيدة للتحكم في نشاط الغشاء أو الشبكة النانوية المنتجة.

استُعملت إيونات الفضة Ag ومركّباتها على نطاق واسع في مختلف المجالات الطبية الحيوية، مثل: مواد تضميد الجروح، وإصلاح جدار الجسم، وأجهزة التعزيز، والأنسجة الدعامية، ومضادات الميكروبات، وأُفيد بأن الفضّة تعطّل فعل الميكروبات ونموّها،إذ إن الفضة تتفاعل مع الإنزيمات والبروتينات المهمّة في تنفّس الميكروبات عبر غشاء الخلية وداخلها؛ فعند تفاعل الفضة مع الحمض النووي يحدث تثبيط في الخلية؛ ما يغيّر وظائف غشاء الخلية. ويُشار أيضاً إلى أن الأحياء الدقيقةmicroorganisms المقاومة لنشاط الفضة المضاد للنمو الميكروبي نادرة للغاية [7]، ومن ناحية أخرى، يُعدُّ بولي فينيل الكحول PVA من البلمرات التي دُرست على نحوٍ مكثّف نظراً إلى تشكيله الجيّد وخصائصه الفيزيائية المناسبة للغزل الكهربائي، والقابلية العالية لحلّه بالماء، وخصائصه العلاجيّة، إلى جانب التوافق الحيوي في الجسم، ومقاومته الكيميائية الجيّدة، فهو بلمر قابل للذوبان في الماء، وغير سام وخال من الخطر؛ وبالتالي يمكن استعماله في الحقول الطبية بأمان [9] ,لذلك أُجري في هذا البحث إعداد شبكات من مركبات PVA/Ag من خلال عملية الغزل الكهربائي لتطبيقها كضمادات للجروح، ثم كان تحليلها ومعرفة نشاطها المضاد للنمو الميكروبي بفضل توزّع إيونات الفضة الإيجابية على الشبكات المغزولة.

2-هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة الخصائص المضادة للنموّ الميكروبي على الأغشية المنتجة بطريقة الغزل الكهربائي من خلال:

- تحديد البارامترات parameters المناسبة لإنتاج غشاء نانوي من نترات الفضة المرجعة مع محلول بولي فينيل الكحول.
- تثبيط أكبر قدر ممكن من النمو البكتيري على هذه الأغشية لاستعمالها كضمادات طبية.

3-مواد وأجهزة البحث:

1. حُبيبات بولي فينيل الكحول PVA بوزن جزيئي 146,000 ~ 186,000.
2. نترات الفضة $AgNO_3$ بنقاوة 99.8%. جهاز غزل كهربائي بطريقة البثق.
3. ماء مقطر. وجهاز تسخين مع تحريك مغناطيسي. وميزان إلكتروني عالي الدقة.
4. أطباق بتري لتنمية البكتريا وأوساط استزراع، حاضنة، وسلالات نقية من بكتريا الإشريكيّة القولونية Escherichia coli، والعنقودية الذهبية Staphylococcus aureus.

4-الإجراء التجريبي:

تم إجراء التجارب والاختبارات في مخبر النسيج ومخبر الكيمياء في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في كلية الهندسة البتروكيميائية في جامعة البعث ومخبر الأحياء الدقيقة بكلية العلوم قسم علم النبات في جامعة دمشق.

4-1-تحضير محلول الغزل الكهربائي: تم تحضير المحلول وفق ثلاث مراحل كما يلي:

4-1-1-تحضير محلول بولي فينيل الكحول:

تم تحضير محلول بولي فينيل الكحول بتركيز PVA(10 wt%) عن طريق إضافة 10 غ من مسحوق البولي فينيل على 100 ملل من الماء المقطر مع التحريك عند درجة حرارة 80 مئوية لمدة ساعتين .

4-1-2-تحضير محلول الفضة:

حيث وضع 150ملليلتر من الماء المقطر مع 3.9 غرام من نترات الفضة بدرجة حرارة الغرفة التي هي ^0C (25-30) مع التحريك المغناطيسي لمدة 10 دقائق حتى ذوبان الفضة.

4-1-3- تحضير محلول الغزل الكهربائي PVA/Ag

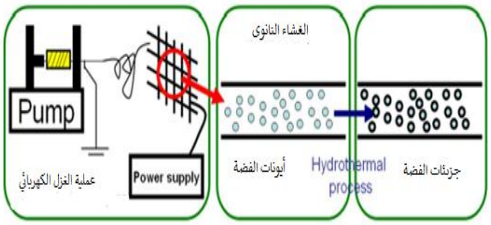
تم تحضير المحلول الكهربائي عن طريق إضافة 0.25 ملليلتر من نترات الفضة على 20 ملل 0.25 من محلول البولي فينيل المحضر في درجة حرارة الغرفة، وتم التحريك لمدة 24 ساعة للحصول على محلول الغزل الكهربائي.

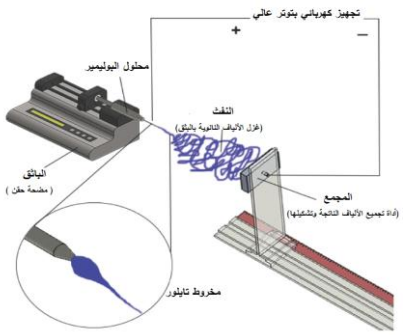
4-2- عملية الغزل الكهربائي:

يبين الشكل 1. مخطط مبسط لعملية إعداد الغشاء النانوي

تحضير غشاء PVA/Ag بواسطة الغزل الكهربائي بتقنية البثق، حيث تم تصميم جهاز باثق لعملية الغزل الكهربائي وفق الشروط التالية:

1. حاقن (مغزل) متصل مع أنبوب غير قابل للالتصاق.
2. إبرة مقاومة للصدأ بقطر (0.31 ملم) .
3. مسافة العمل: المسافة بين الباثق (الإبرة) والمجمع 10 سم الإبرة.
4. وتم ضبط معدل تدفق المحلول ضمن الباثق (الحاقن) خلال عملية الغزل الكهربائي على حوالي 0.008 ملل/دقيقة لجميع التجارب واستخدم تحكم كهربائي الكتروستاتيكي (LGC-300, Taiwell, Taiwan)، متصل بالمغزل والمجمع.
5. كان مقدار الجهد الكهربائي المطبق 20 كيلو فولت عند رطوبة 40%.
6. الالياف النانوية المغزولة كهربائيا تم اختزالها (إرجاع أيونات الفضة)، بواسطة المعالجة الحرارية المائية. تم إجراء العملية من خلال وضع الغشاء المغزول كهربائيا على مرحلة ساخنة عند 160 مئوية لمدة 5 دقائق وجميع العينات قد تمت معالجتها وتخزينها في بيئة مظلمة لمنع التأكسد.





الشكل 1. عملية الغزل الكهربائي

. التوصيف باستعمال المجهر الإلكتروني

استُعمل المجهر الإلكتروني الماسح(FE-SEM) لفحص العيّنات من أجل الرؤية الدقيقة لألياف بولي فينيل الكحول المتشكلة وتوضع ذرات الفضة عليها.

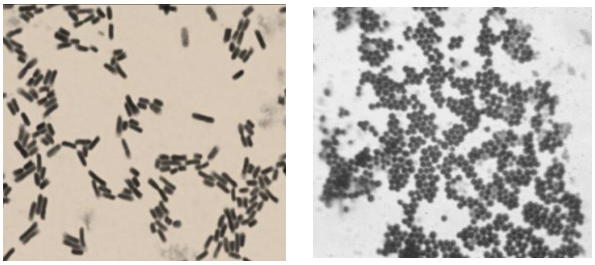
5.اختبار النشاط المضادّ لنموّ ميكروبات العينات المغزولة كهربائياً

هو أهم اختبار لتحديد فعاليّة الغشاء المنتج ومدى تأديته للغرض المطلوب، وقد أُجري الاختبار على نمطين من البكتريا (الشكل 2):

□الإشريكيّة القولونيةEscherichia coli ، وهي بكتريا لاهوائية اختيارية سلبية الغرام facultative aerobic، متعايشة مع الإنسان والحيوانات الفقارية وانتهازية يمكنها أن تسبب الأمراض في أوقات معينة.

□العنقودية الذهبية Staphylococcus aureus، وهي بكتريا إيجابية الغرام، تنتشر على جلد الأشخاص وكثيراً ما تسبب مشكلات صحية داخلية وعلى الجلد.

كان اختيار سلالات هذه الميكروبات لكونها واسعة الانتشار في الوسط المحيط والبيئات المختلفة كالماء والتربة وربما الأغذية، فهي أحياء وثيقة الصلة بحياة السكان [10].



العنقودية الإشريكيّة

الشكل 2. مظهر الإشريكيّة القولونية والمكورات العنقودية تحت المجهر الضوئي.

استُعملت طريقة الفرش على الطبق spread plate method لعزل البكتريا بأخذ 1 مل من التخفيفات البكتيرية المحضّرة من عيّنات أُخذت من مستشفى الأطفال الجامعي بدمشق وزرعها على الأوساط العامة والتفريقية differential media والاصطفائية selective media [11] إذ استُعملت أوساط إيوزين زرقة المتلينEMB لعزل الإشريكيّة القولونية Escherichia coli، ووسط ملح المانيتولmanetol salt agar لعزل العنقودية الذهبية Staphylococcus aureus، وعلى وسط مولر هنتونMueller – Hinton لتنميةE. coli والعنقودية الذهبية Staph. Aureus لاحقاً، وحُضنت الأطباق مقلوبة في درجة حرارة 37 م° مدّة 24–48 ساعة للحصول على المستعمرات النقية pure cultures [12].

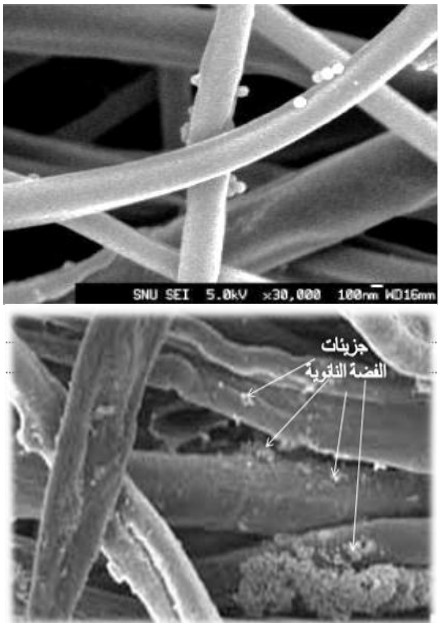
وأُجري تشخيص المعزولات isolates البكترية بتحديد صفاتها من حيث شكل المستعمرة ولونها وقوامها وحجمها وحوافها على الأوساط المختلفة،وإجراء التلوين بصبغة غرام [14]، وأُجريت الاختبارات الحيوية الكيميائية اللازمة [15,16,17,18,19]، مثل: اختبار الكتلازوالأكسيداز،IMViC، وغيرها. وأُجري تشخيص الإشريكية القولونية باستعمال شريط $API_{20}E$Analytical Profile Index باتّباع طريقة الشركة المصنعة MérieuxBio الفرنسية، حُضنت الأشرطة في درجة الحرارة 37 م° مدّة 24 ساعة، وسُجّلت النتائج بعد الرجوع إلى فهرس التعريف analytical profile index.

وأُجريَ التحسس Susceptibility بطريقة الانتشار على وسط مولر هينتونآغار، بواقع ثلاثة مكرّرات لكل تجربة، بنقل مسحة من الطبق الجرثومي بعمر 24 ساعة إلى مصل فيزيولوجي معقم بتركيز 0.5 مكفرلاند McFarland(CFU/ML10^8 × 1.5) وفرشها بماسحة قطنية معقمة بعد إزالة الفائض من سائل الماسحة، ثم وضعت قطع الأنسجة، بأبعاد 1 سم^2 لكل منها، وحُضنت الأطباق مقلوبة في الدرجة 37 م° مدة 18 – 24 ساعة، سُجّلت النتائج بقياس قطر هالة التثبيط بدقّة وحُسب المتوسط [20].

6–النتائج والمناقشة

6–1: النتائج Results

يبيّن الشكل 3 الصور الملتقطة من المجهر الإلكتروني التي توضّح سطح غشاء بولي فينيل الكحول مع نترات الفضة الذي أمكن إنتاجه بالغزل الكهربائي، إذ يظهر تموضع ذرات الفضة على سطح ألياف بولي فينيل الكحول الناتجة.



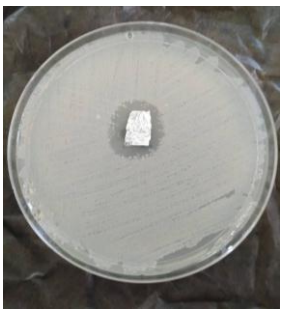
الشكل 3. توزع جزيئات نانو الفضة على ألياف القماش بولي فينيل الكحول تحت المجهر الإلكتروني.

ويبيّن الشكل 4 نتائج عملية التثبيط للمستعمرات البكترية على وسط الاستزراع، إذ جرى احتساب النشاط المضاد للميكروبات للشبكات المغزولة كهربائياً مع نترات الفضة ضد سلالات الإشريكيّة القولونية وكذلك المكورات العنقودية، بتطبيق تقنية الاختبار القياسية لمضادات الجراثيم، واعتماد طريقة المشاهدة.

يظهر الشكل (4 –a و4–d) الهالة المتشكلة حول الغشاء النانوي للعينة المنتجة من بولي فينيل الكحول فقط لنمطي البكتريا المستعملة في الاختبار، إذ إن بولي فينيل الكحول يُعدّ مادة طبية مناسبة لإبادة الميكروبات.

Escherichia coli d عينة من دون فضة

Staphylococcus aureusa عينة من دون فضة



Escherichia coli e عينة مع إيونات الفضة

Staphylococcus aureusb عينة مع إيونات الفضة

Escherichia coli f عينة مع جزيئات الفضة

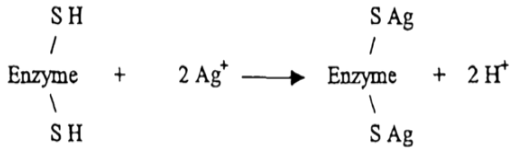
Staphylococcus aureusc عينة مع جزيئات الفضة

الشكل 4. تشكل منطقة تثبيط النمو الميكروبي على العينات المنتَجة لكل من بولي فينيل الكحول، بولي فينيل الكحول/إيونات الفضة، وبولي فينيل الكحول/ جزيئات الفضة النانوية.

ويبدو في الشكل (4–b و4–e) أيضاً قطر هالة التثبيط الميكروبي أكثر وضوحاً، إذ إن العينات هي من الأغشية المنتجة من بولي فينيل الكحول وإيونات الفضة لكنها تُعدّ غير مستقرة وقابلة للأكسدة، وهكذا، تبدو الهالات أكبر قطراً وأكثر وضوحاً في الشكل (4–c و4–f)، ويعود ذلك لزيادة تركيز المادة المثبِّطة للنمو الميكروبي لأنها منتجة من محلول بولي فينيل الكحول والفضة بعد عملية الإرجاع إلى جزيئات الفضة النانوية، وقد أعطت استقراراً وفعالية أكبر للغشاء النانوي المنتج.

6–2: المناقشة Discussion

تبيّن مقارنة متوسط أقطار هالات التثبيط الميكروبي الناتجة عند تطبيق المواد المصنعة المضادة للميكروبات اختلاف قطر هالة التثبيط الميكروبي؛ ما يؤكّد مقدرة الغشاء النانوي على قتل الميكروبات وتثبيط نمو الإشريكيّة القولونيةEscherichia coli سلبية الغرام، والعنقودية الذهبية Staphylococcus aureus إيجابية الغرام، إذ كان قطر الهالة أكبر في حالة العنقودية الذهبية، وهذه تتصف بأنها تحتوي على جدار خلوي مكوّن من الببتيدوغليكان عديد الطبقات، على عكس الإشريكيّة القولونية ذات الببتيدوغليكان رقيق الطبقة، وبما أن جزيئات نانو الفضة تؤثر في المركز الفعال للإنزيم الفاعل ضمن البكتريا، بغض النظر عن طبيعة تركيب الجدار الخلوي, فإن عملها يبدو متماثلاً على كلا النمطين من البكتريا، أي يكون مبيداً لها ويمنع نموها وتكوين المستعمرات؛ فهي قادرة على التفاعل مع البروتين الموجود في جدار الخلية للأحياء الدقيقة المسمى مجموعة السلفودريل SH–ومنع حدوث عملية الاستقلاب metabolism وتثبيط الإنزيمات اللازمة لتحقيق عملية التكاثر والنمو للمستعمرات البكترية:



حيث ظهر على نحو واضح نشاط بولي فينيل الكحول مع الفضة بتكوين غشاء نسيجي يمكن استعماله كضماد طبي لعلاج الجروح ووقف النمو الميكروبي.

7– الاستنتاجات Conclusion

1. يمكن إنتاج غشاء رقيق بتقنية الغزل الكهربائي من مادة بولي فينيل الكحول ذات خاصية مقاومة للنمو الميكروبي.
2. عند خلط مادة معدنية، مثل نترات الفضة، يزداد نشاط تثبيط النمو الميكروبي؛ وبالتالي تزداد كفاءة الغشاء النانوي المنتج في التأثير.
3. عند معالجة الغشاء المنتج من محلول بولي فينيل الكحول/الفضة بالحرارة لإرجاع إيونات الفضة إلى جزيئات الفضة يزداد نشاط الغشاء المنتج في تثبيط النمو الميكروبي، إلى جانب تحقيق استقرار أكبر للشبكات المغزولة من الأكسدة.
4. إن الغشاء المنتَج وفق طرائق الغزل الكهربائي من مادة بولي فينيل الكحول كان ذا طبيعة هشة تفتقد المتانة؛ لذلك يمكن استعمالها كطبقة على سطح اللصاقات الطبية لزيادة كفاءة الضماد.
5. يمكن العمل على تعزيز وتقوية الأغشية المنتجة بطريقة الغزل الكهربائي بإضافة مواد طبية أخرى (مثل الكولاجين) لزيادة متانة الغشاء المنتج ليصار

إلى استعماله كضماد طبي يساعد على تسريع شفاء الجروح والحروق.

ملاحظة: إن العينات التي أُنتجت اختبارية وهي مخصصة لاختبارات النشاط المضاد للنمو الجرثومي والميكروبي؛ لذلك تعذّر القيام باختبارات النسيج الطبية الأخرى.

وكان الهدف الرئيس من البحث إيجاد طريقة مناسبة لإنتاج غشاء نانوي ناتج عن دمج بولي فينيل الكحول مع الفضة وقادر على تثبيط النمو الميكروبي.

9- المراجع References

[1]Kyung H. H. (2007). "Preparation and Properties of Electrospun Poly (vinyl alcohol)/Silver Fiber Web as Wound Dressings". Polymer Engineering and Science.

[2]http://www.acticoat.com/26.

[3] ChouH. L.,Wu C. M., LinF. D., and RickJ. (2014). "Interactions between silver nanoparticles and polyvinyl alcohol nanofibers". AIP Advances 4, 087111".

[4] Chellamani K. P. , Sundaramoorthy P., Sureshram T. (2012). "Characterisation of Poly vinyl alcohol (PVA) / Silver nitrate nanomembranes for their suitability in wound dressing applications". International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.

[5] Wu C. M., Chiou H. G., LinS . L., and Lin J. M., J. (2012). "Appl. Polym". Sci. 126, E89.

[6] Fan M. K., Andrade G. F. S., and Brolo A. G.(2011). "Anal". Acta 693.

[7] Kim Soo-Hwan. et al., (2011). "Antibacterial activity of Silver-nanoparticles against staphylococcus aureus and Escherichia coli". Korean J. Microbiol. Biotechnol. 39 (1):7785.

[8] Awiyada J. H., Ali L. A., Duha S. A. (2016), "Formation Silver Nanoparticles of Different Size Using Different Reductants with AgNO 3 Solution". Iraqi Journal of Science, Vol. 57, No.2B, pp:1203-1209.

[9] Hussain J.I., Kumar S., Hashmi A.A., Khan Z. (2011). "Silver nanoparticles: preparation, characterization, and kinetics". Adv. Mat. Lett, 2(3), pp: 188–194.

[10] Sadeghi B., Jamali M., Kia S., Amininia A., Ghafari S.(2011). "Synthesis and characterization of silver nanoparticles for antibacterial activity". Int. J. Nano. Dim, 1(2), pp:119–124 .

[11] Atlas R. M. (2010). Handbook of Microbiological Media 4th. Ed., CRC Press Taylor and Francis Group.

[12] Mahesh S., Basha P., Kavitha B. (2017). Isolation andCharacterization of Bacteria Isolated From Municipal Sewage Water of Nandyal, Kurnool, Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc, India, 19 (3), pp:772-777.

[13] Allen M. J., Edberg S., Reasoner D. (2004). Heterotrophic plate count bacteria - what is their significance in drinking water. International journal of food microbiology, 92(3), 265-274.

[14] Whitman W. B, Vos P., Garrity G., Jones D., Krieg N., Ludwig W., Rainey F., Schleifer K. (2005). Bergey,s Manual of Systematic Bacteriology, 2ed. Ed., Vol.3, The Firmicutes, Department of Microbiology, University of Georgia, Springer.

[15] Leboffe M. J., Pierce B. (2011). A photographic Atlas For The Microbiology Laboratory 4th Ed., Morton Publishing Company, USA.

[16]Sandhu R., Dahiya S., Sayal P. (2016). Evaluation of multiple antibiotic resistance (MAR) index and Doxycycline susceptibility of Acinetobacter species among inpatients. Indian Journal of Microbial Research, 3(3), pp:299-304.

[17] Hemraj V., Diksha S., Avneet G. (2013). A review on Commonly used Biochemical Test for Bacteria. Innovate Journal Life Science, 1(1):1-7.

[18]Brown A. E., Smith H.(2017). Benson's Microbiological applications: laboratory manual in general microbiology,14th. Ed. pp:241-279.

[19]Procop G. W., Cgurch D., Hall G., Janda W., Koneman E., Schreckenberger P., Woods G.(2017). Conman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology 7th Ed., Wolters Kluwer, pp:213-315.

[20]Reller L. B., Weinstein M., Jorgensen J., Ferraro M. (2009). Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices. Clinical infectious diseases, 49(11), pp:1749-1755.

Received	5/11/2021	إيداع البحث
Accepted for Publ.	24/2/2021	قبول البحث للنشر