مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 42 (العدد):2 الصفحات: 108-122

Damascus university journal
V 42 (No):2 PP: 108-122

دراسة إمكانية إنتاج ألياف نانوية من مستخلصات نباتية طبيعية عن طريق تقانة الغزل الكهربائي

أحمد سليمان قناة [1]* باسل يونس [2] عروب المصري [3]

[1]* مهندس، قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سوريا.
(ahmad.kanah@damascusuniversity.edu.sy)

[2] دكتور، قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق، سوريا.
(b.younes@damascusuniversity.edu.sy)

[3] دكتور، الهيئة العامة للتقانة الحيوية، دمشق، سوريا.
(Aroubalmasri69@hotmail.com)

الملخص:

تشكل تقنية الغزل الكهربائي تقنية واعدة من حيث معالجة المحاليل أو المواد البوليميرية المنصهرة إلى ألياف نانومترية قادرة على التكيف مع إضافات تتراوح من جزيئات الكربون الأسود البسيطة إلى الأنواع المعقدة مثل الأنزيمات والفيروسات والبكتيريا.

توفر طريقة الغزل الكهربائي الوصول إلى مواد جديدة، والتي قد تحتوي على هياكل كيميائية معقدة، في هذا البحث تم العمل على استثمار بعض المواد النباتية لاستخدامها في تصنيع شبكات نانوية، مما يعطي أهمية وجدوى اقتصادية مقبولة نحو استبدال بعض المواد غالية الثمن بمواد نباتية طبيعية وغزلها والاستفادة منها ضمن الشبكات النانوية باستخداماتها الواسعة كهندسة الأنسجة وغيرها.

الكلمات المفتاحية: الغزل الكهربائي الدوار – شبكات غير منسوجة – ألياف نانوية – هندسة الأنسجة – مستخلصات نباتية

تاريخ الإيداع: 2023/8/3
تاريخ القبول: 2023/11/1

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب CC BY-NC-SA

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

Studying the possibility of producing nanofibers from natural plant extracts using electrospinning technology

Ahmad Soliman Kanah*[1] Basel younes [2] Aroub almasri[3]

*[1]. .Mechanical engineering of textile industries and their technologies department, Faculty of mechanical and electrical engineering, Damascus University, Syria.
ahmad.kanah@damascusuniversity.edu.sy

[2]. Mechanical engineering of textile industries and their technologies department– Faculty of mechanical and electrical engineering - Damascus University, Syria.
B.younes@damascusuniversity.edu.sy

[3]. Dr, National Commission for Biotechnology, Damascus, Syria. Aroubalmasri69@hotmail.com

Received: 3/8/2023
Accepted: 1/11/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

ABSTRACT:

The electrospinning technique is a promising technique in terms of processing molten or soluble polymeric materials into nanofibers capable of adapting additives ranging from simple black carbon particles to complex species such as enzymes, viruses and bacteria.

The electrospinning method provides access to completely new materials, which may contain complex chemical structures. In this research, work has been done to invest some plant materials to be used in the manufacture of nanofibers webs, which gives importance and acceptable economic feasibility towards replacing some expensive materials with natural plant materials, spinning them and utilizing them within nanofibers webs with their wide uses such as tissue engineering and others.

Keywordes: Rotary Electro spinning – Non-woven webs – Nanofibers - Plant extracts.

المقدمة (Introduction):

جذبت تقنية الغزل الكهربائي الكثير من الاهتمامات مؤخرًا، على الرغم من أنها اخترعت في وقت مبكر من عام 1934 بواسطة أنطون (Anton, F. 1934). عادةً ما يشتمل إعداد الغزل الكهربائي الأساسي على مصدر طاقة عالي الجهد، ومغزل متصل بمصدر طاقة، ومجمع إلكترود مضاد. أثناء الغزل الكهربائي، يتم تطبيق جهد كهربائي عالي على محلول البوليمر، الذي يكهرب بدرجة عالية قطيرة المحلول عند طرف المغزل (Li & Xia، 2004). نتيجة لذلك، تتلقى قطرة المحلول عند طرف المغزل قوى كهربائية، تجذب نفسها نحو القطب المعاكس، وبالتالي تتشوه إلى شكل مخروطي (يُعرف أيضًا باسم "مخروط تايلور" (Taylor G,1969). عندما تتغلب القوة الكهربائية على التوتر السطحي لمحلول البوليمر، فإن محلول البوليمر يقذف من طرف "مخروط تايلور" ليشكل نفاث بوليمر. يتم شد النفاثة المشحونة بواسطة القوة الكهربائية القوية في سلك رفيع. يمكن الحصول على الألياف الجافة المتطايرة عشوائيًا على المجمع بسبب تبخر المذيب في النفثات. هناك العديد من العوامل التي تؤثر على عملية الغزل الكهربائي وخصائص الألياف، بما في ذلك مواد البوليمر (مثل بنية البوليمر، والوزن الجزيئي، والذوبان)، والمذيب (مثل نقطة الغليان، وخصائص العزل الكهربائي)، وخصائص المحلول (مثل اللزوجة، والتركيز، والتوصيل، والتوتر السطحي)، ظروف التشغيل (مثل الجهد المطبق ومسافة التجميع ومعدل التدفق) والبيئة المحيطة (مثل درجة الحرارة وبيئة الغاز والرطوبة). تُظهر الألياف النانوية المغزولة كهربائياً العديد من الخصائص الفريدة، مثل نسبة السطح إلى الكتلة العالية، والمسامية العالية مع التوصيل البيني الممتاز للمسام، والمرونة مع القوة المعقولة، والاختيار الواسع لمواد البوليمر، والقدرة على دمج المواد الأخرى (مثل المواد الكيميائية والبوليمرات والمواد الحيوية والجسيمات النانوية) إلى ألياف نانوية من خلال الغزل الكهربائي، والقدرة على التحكم في الهياكل الثانوية للألياف النانوية من أجل تحضير ألياف نانوية ببنية أساسية / غمد، وبنية متجاورة، وألياف نانوية مجوفة وألياف نانوية ذات بنية مسامية. تمكن هذه الخصائص الألياف النانوية المغزولة كهربائياً من العثور على تطبيقات في الترشيح، والأغشية المتقاربة، واستعادة أيونات المعادن، وحاملات الخلايا ضمن هندسة الأنسجة، والتحكم في الإطلاق، وحاملات المحفز والأنزيم، وأجهزة الاستشعار وتخزين الطاقة (Fang et al.,2008). على الرغم من التطبيقات الواسعة، يتم إنتاج الألياف النانوية المغزولة كهربائياً بمعدل إنتاج منخفض عند استخدام إعداد الغزل الكهربائي بالإبرة التقليدية، مما يعيق تسويقها، لكن مع وجود تقنية الغزل الكهربائي الدوار فقد تم تجاوز مشكلة الإنتاجية البطيئة وبالتالي الحصول على شبكات نانوية بزمن قليل.

الكيمياء الخضراء هي استخدام مواد وطرق آمنة ونظيفة للحد من النتائج السامة والضارة للبحث العلمي، وبالتالي فإنه يستخدم مكونات آمنة، وطاقة أقل ويقلل من توليد النفايات في مختلف الأساليب الاصطناعية التجريبية والصناعية. الغرض الأساسي من الأساليب والتقنيات الأكثر مراعاة للبيئة هو تقليل الآثار الضارة للملوثات على البيئة أو البشر. بصرف النظر عن الآثار الإيجابية للخيارات الصديقة للبيئة، هناك بعض أوجه القصور، مثل ارتفاع التكاليف ونقص المعلومات الكاملة حول المواد الكيميائية والمواد الخام والتقنيات التطبيقية (Siavash Iravani et al., 2019)

تجمع هندسة الأنسجة بين مبادئ الجزيئات النشطة بيولوجيًا والحاملات ذات الشكل الهندسي لبناء أو إصلاح أو علاج الأنسجة أو الأعضاء التالفة، حيث إن عددًا من العوامل مثل قابلية التحلل البيولوجي والتوافق الحيوي والخصائص الميكانيكية وتكنولوجيا التصنيع مهمة عند تصميم أو تحديد مدى ملاءمة

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

حاملة الخلايا للاستخدام في هندسة الأنسجة. تفي البوليمرات الطبيعية النباتية، المشتقة من مصادر خضراء ومستدامة، بمتطلبات مثل هذه المواد الحيوية الجديدة ذات الخصائص المرغوبة لهندسة الأنسجة التي تتطلب الحد الأدنى من المعالجة الكيميائية للتطبيقات الصناعية. الميزة المهمة لحاملات الخلايا النباتية هي السهولة الظاهرة في صنعها والتلاعب بها؛ فهي مرنة تمامًا ويمكن قصها أو تشكيلها كما أن البروتينات المشتقة من النباتات قابلة للتحلل البيولوجي، ولديها إمكانات مناعية أقل بالإضافة إلى ذلك، فهي تتمتع بوزن جزيئي منخفض نسبيًا مقارنة بالبروتينات المشتقة من الحيوانات وتظهر قطبية أعلى، وبالتالي لديها ألفة للماء حيث يمكن أن تكون فعالة في الارتباط الخلوي لا سيما أن الارتباط ما بين الخلايا والحاملة يكون ضمن بيئة رطبة نسبياً. بسبب هذه السمات المفيدة للبروتينات المشتقة من النبات، يتم استخدامها بشكل متزايد في التطبيقات الطبية الحيوية بما في ذلك هندسة الأنسجة، وأنظمة توصيل الأدوية وضمادات الجروح.

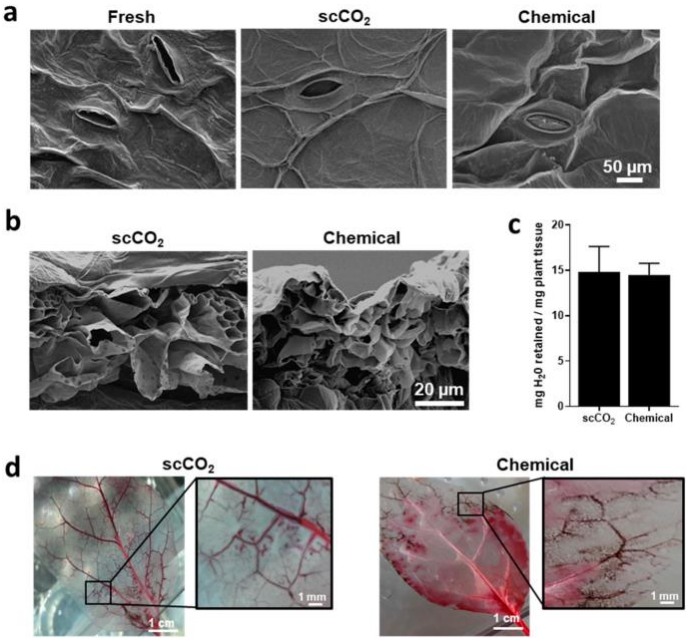
تم تصنيع ألياف حرير نانوية باستخدام الغزل الكهربائي عديم الإبرة حيث ركز الإجراء على إيجاد طريقة لغزل محلول من فبروين الحرير وتأثير تركيز المحلول والجهد المطبق على عملية الغزل، حيث أدى زيادة تركيز المحلول والجهد المطبق إلى تحسين القدرة على الغزل وكانت أقطار الألياف التي تم الحصول عليها بين 100 – 2400 نانومتر، كما أظهرت الاختبارات في المختبر مع الخلايا الحية أن صفائح ألياف الغزل الكهربائي التي تم الحصول عليها كانت متوافقة حيوياً بدرجة كبيرة (Nongnut Sasithorn et al.,2016)

تم إنتاج ألياف نايلون 6 للتطبيقات الطبية الحيوية باستخدام تكنولوجيا الغزل الكهربائي الدوار (Nanospider) حيث تم استخدام شبكة نانوية من ألياف النايلون 6 مع ثنائي ميثيل الخلايا باستخدام scCO2. وهكذا، وجد أن scCO2 طريقة فعالة لإزالة الخلايا من المواد النباتية، والحفاظ على هيكل الهيدانتوين كمضاد للبكتيريا، ووجد أن ألياف النانو المحتوية على الدواء أظهرت إطلاق سريع بحوالي 55% من محتواها خلال أول ساعتين (Newehy et al.,2011).

تم إنتاج شبكات نانوية أساسها الكولاجين ولوحظ أن الكولاجين المشتق من النبات كان أكثر قابلية للذوبان في حمض الأسيتيك وسداسي فلورو البروبيلين(HFP) من الكولاجين من جلد البقر. بالنسبة لمحاليل الغزل الكهربائي، تم إذابة الكولاجين المشتق من النبات بسرعة بواسطة (HFP) وشكل لزوجة منخفضة، وهو محلول واضح مناسب للغزل في غضون 20 دقيقة، في المقابل، كانت محاليل الكولاجين البقري سميكة للغاية، وانخفاض في اللزوجة طوال عملية الخلط حتى الوصول إلى اللزوجة المثلى بعد 48 ساعة من الدوران. أدت عملية التكوُّن الليفي للكولاجين المشتق من النبات إلى تكوين حبيبات بيضاء شبه صلبة من الألياف فيما احتوى الكولاجين البقري، في شكله كما ورد، على ألياف خشنة وسميكة (James J. Willard et al.,2013).

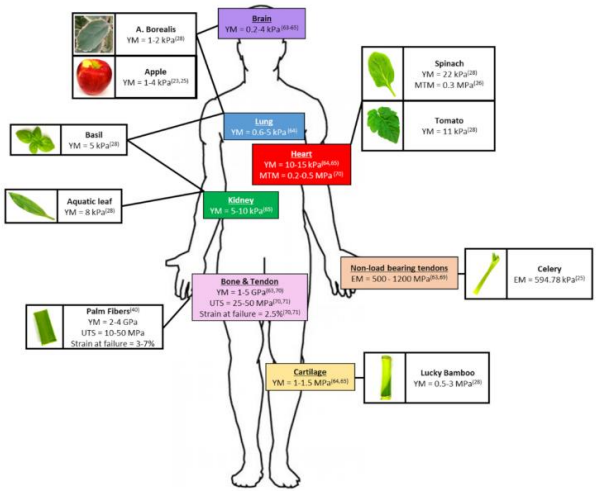
لقد أثار استخدام المواد الحيوية النباتية في هندسة الأنسجة اهتمامًا مؤخرًا حيث ينتج عن إزالة الخلايا الخلوية من النبات حاملات متوافقة حيوياً يمكن إعادة تسكينها بالخلايا البشرية. قدمت هذه الدراسة حلاً باستخدام ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج (scCO2). تمت مقارنة الإشارات الفيزيائية الحيوية والكيميائية الحيوية لحاملات أنسجة أوراق السبانخ منزوعة الخلوية باستخدام (scCO2) مع الحاملات المتولدة كيميائيًا. أظهرت البيانات أن الحاملات لها معامل يونغ متشابه، مما يشير إلى صلابة متطابقة، وأوضحت أنها تحتوي على نفس العناصر، تم ربط الخلايا الليفية البشرية المزروعة على سطح أوراق السبانخ وأظهرت حيوية بعد 14 يومًا، مما يدل على التوافق الحيوي للحاملات منزوعة

حاملة الخلايا وإعادة دمجها مع الخلايا البشرية، ويتم إجراؤها في وقت أقل (36 ساعة) من الطريقة الكيميائية القياسية (170 ساعة) (Harris, A.F et al.,2021a).

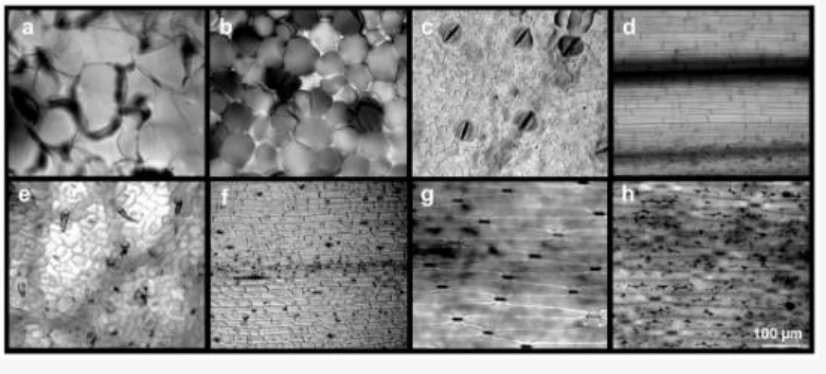


الشكل (1) هيكل بنية حاملة الأنسجة بعد إزالة الخلايا. (a) صور المجهر الماسح الالكتروني (SEM) لأوراق السبانخ الطازجة، وحاملات الخلايا المعالجة باستخدام scCO2 وحاملات الأنسجة منزوعة الخلايا كيميائياً. (b) صور SEM لمقطع حاملة الخلايا والأنسجة المعالجة باستخدام scCO2 والحاملات منزوعة الخلايا كيميائياً. (d) صور حاملات scCO2 والحاملات المعالجة كيميائيًا مملوءة بصبغة حمراء تظهر سلامة شبكة الأوعية (Harris, A.F et al.,2021a)

أظهرت التطورات الأخيرة في حاملات الخلايا المستندة إلى النباتات إمكانات كبيرة لتطوير نماذج خلوية قوية ومنخفضة التكلفة يمكن حتى دمجها في بدائل الأنسجة. بمجرد إزالة الخلايا يمكن أن تكون حاملات الخلايا والأنسجة النباتية وظيفية بيولوجية وبذرها بالخلايا البشرية. نظرًا لأن النباتات تعرض مجموعة متنوعة من الصلابة والتضاريس المتنوعة، فإن هذه الحاملات المستوحاة من الأحياء تلخص العديد من الجوانب الميكانيكية للبيئة الدقيقة في الجسم الحي والتي تعتبر حيوية لإعادة إنتاج استجابات الأنسجة الرئيسية، لأنها تؤثر بشكل كبير على سلوك الخلية. علاوة على ذلك، تحتوي أوراق النبات على شبكة وريد متأصلة يمكن أيضًا إعادة تكوينها مع الخلايا البطانية لإضافة مكون وعائي وبالتالي أكثر تعقيدًا من أنظمة النماذج الحالية. سيكون من المهم النظر في التطبيقات الأخرى لشبكة الأوعية الداخلية، مثل تدفق الخلايا المناعية أو إدارة العلاجات لتقييم انتشار الدواء (Harris AF et al., 2021 b).



الشكل (2) ارتباط الخواص الميكانيكية (معامل يونغ YM والنموذج متعدد النظريات MTM) بين الأنسجة البشرية وحاملات أنسجة نباتية منزوعة الخلايا تلائم تلك الأنسجة

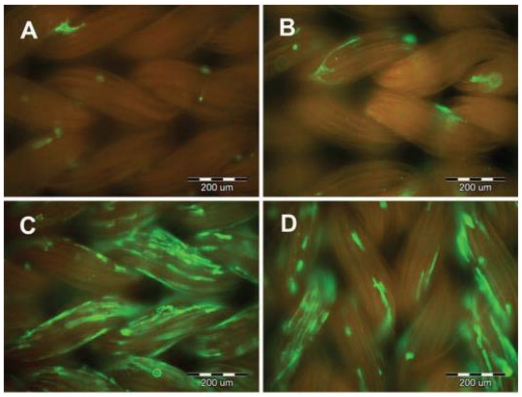


الشكل (3) تضاريس حاملات أنسجة نباتية منزوعة الخلايا. تعرض كل حاملة شكلًا مختلفًا للسطح، مثل ما يظهر في (a) قصبة التفاح، (b) ساق الكرفس، (c) سطح أوراق النبات المائي، (d) غمد ساق عشبة القمح، (e) أوراق نبات الطماطم والكرز الهجين، أو (f) جذع البقدونس المجعد. يمكن أن تختلف هذه التضاريس داخل النبات، كما هو موضح في ورقة البصل الأخضر (g) الخارجي و (h) الأنسجة الداخلية لها. (Harris AF et al., 2021 b)

تعد تعديلات حاملات الخلايا (على سبيل المثال، الكيميائية أو الكيميائية الحيوية) ذات قيمة لتقليل الاعتماد على روابط المصفوفة لربط الخلية، والتي تعتبر بالغة الأهمية لأن غالبية روابط المصفوفة اليوم يتم إنتاجها من مصل بقري جنيني، وليس مصدرًا مستدامًا للتطبيقات الصناعية بسبب اختلاف الدُفعات والتكلفة القصوى والاعتبارات الأخلاقية التي تم الحصول عليها من أصلها، علاوة على ذلك، لتغيير زراعة الخلايا من التجمعات البسيطة إلى الأنسجة الوظيفية، فإن تطوير حاملات خلايا هيكلية معقدة تشبه الأوعية الدموية أمر حيوي، ويمكن أن يؤدي الحصول على السليلوز من الأنسجة النباتية منزوعة الخلايا إلى تقليل التكلفة وتبسيط معالجة حاملات الخلايا هذه، في حالة السليلوز، هناك العديد من الفرص لمزجها مع المواد الحيوية الأخرى للحصول على حاملة خلايا وأنسجة بالخصائص المرغوبة لتطبيقات محددة. نظرًا لأن

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

النباتـات والبـوليمرات النباتيـة مشـتقة مـن مصـادر خضـراء ومسـتدامة، فإنهـا تلبـي متطلبـات المـواد الحيويـة الجديـدة ذات الخصائص المناسبة لهندسة الأنسجة وتتطلب الحد الأدنى من المعالجة الكيميائية للتطبيقات الصناعية (Iravani, S et al., 2019).



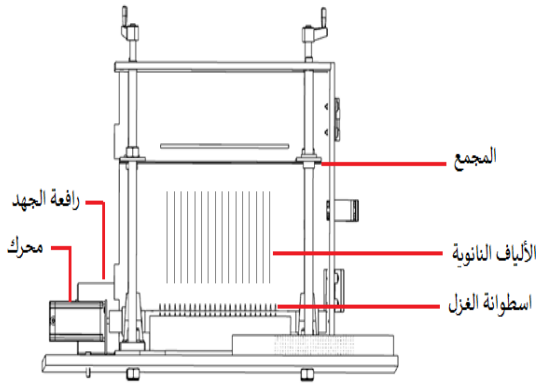
الشكل (4): خلايا حية تنمو على سطح ثلاثي الأبعاد محاك من سداسي كربوكسي السيللوز (Iravani, S et al., 2019)

قام باحثون بتطوير حاملات خلايا ليفية بواسطة مستخلصات النباتات النشطة بيولوجياً، حيث تم تحميل المادة المستخلصة التي تم الحصول عليها من النبات الطبي Inula Gravolens على ألياف نانوية بوليميرية مغزولة كهربائياً من مادة البولي كابرولاكتون (PCL)، حيث تم

تحضير الخليط المدمج بنسبة 5% من I.Gravolens بتركيز 8% للبوليمير (PCL) وتم غزله كهربائياً في ظل الظروف المثالية، أظهرت النتائج أن حاملات الخلايا الليفية I.Graveolens/PCL أعطت ألياف نانوية متجانسة (963 نانومتر) بنسبة تركيز حجمية (70/30) مع عدم وجود سمية للخلايا، مما يعني أنه يمكن استخدامها في التطبيقات الطبية الحيوية.(Al-Kaabi et al., 2021)

1- مـواد البحـث وطرائقـه Materials and Methods:

لإنتاج ألياف نانوية بتحكم دقيق، كان من الضروري استخدام مصدر طاقة عالي الجهد والعمل على برمجته (شركة جين فولط، P8050، بريطانيا).



الشكل (5): مبدأ عمل الجهاز
باستخدام مصدر الطاقة عالي الجهد، تم العمل على إمكانية إنتاج الياف نانوية من نبات الأوليفيرا وهي نبتة تنمو في

المناخات الدافئة والجافة وتتميز بمزاياها العلاجية والشفائية الشكل (6).

الشكل (6): نبتة الأوليفيرا والسائل المستخلص منها

تم استخلاص السائل اللزج من النبات والذي يحتوي على مواد غذائية متنوعة وأملاح معدنية وفيتامينات، وبفضل هذه الخصائص الغذائية والمعدلة للمناعة فإنها تحول دون إصابة الانسجة الظهارية (الظهارة هي طبقة من الخلايا تغطي الجسم كالبشرة) بالجروح مما يفيد في التطبيقات الطبية الحيوية، وتم خلط السائل بسرعة دوران (200 rpm) للحصول على سائل متجانس الشكل (7).

الشكل (7): يظهر شكل السائل قبل وبعد الخلط

تم استخلاص سائل أيضاً من نبات آخر وهو (plantago) والمعروف باسم لسان الحمل وهو نبات من فصيلة (plancolata) حيث يحتوي الزيت العطري الخاص بالنبات على خصائص مضادة للالتهابات كما يستخدم في عملية التئام الجروح وإزالة التجاعيد، الشكل (8).

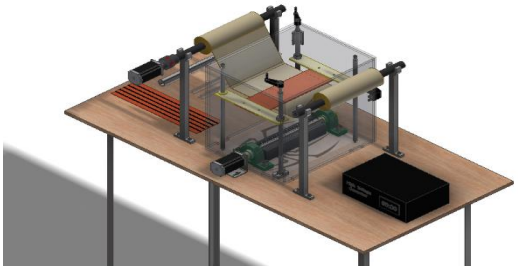
http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

الشكل (8) نبات لسان الحمل

- تم جمع كمية من النبات وتجفيفها ومن ثم طحنها وتعريضها لمذيب عضوي (كلوروفورم) كما يوضح الشكل (9)

الشكل (9) تحضير السائل المستخلص من النبات بعد تجفيفه وتقطيعه

تم تنفيذ التجارب على الجهاز المصمم المبين في الشكل (10)، والمكون من صندوق خارجي يحتوي على أسطوانة الغزل المتواجدة داخل حوض مصنوع من مادة ميتيل ميتا كريلات، بالإضافة الى محولة الجهد العالي [HV]، المحرك، قاعدة المحرك، والمجمع الذي يتكون من صفيحة معدنية تقوم بتجميع الألياف النانوية والقابلة للاستبدال بسهولة.



الشكل (10) المنظور الخارجي للجهاز المستخدم

خلال عملية الغزل الكهربائي يتم التعرض الى معاملات مختلفة مثل التوتر الكهربائي، المسافة بين الأقطاب (وهي عوامل مرتبطة بالتركيز وقد أوجدت التجارب المخبرية أفضل قيمة للتوتر الكهربائي والمسافة كما هو موضح بالجدول (1)، وأيضاً عوامل للعملية التكنولوجية وهي عوامل ثابتة مثل قطر الأسطوانة، طول الأسطوانة وسرعتها.

الجدول (1) عوامل الغزل

التيار (A)	قطر الأسطوانة (Cm)	طول الأسطوانة (Cm)	سرعة الأسطوانة (rpm)	التوتر الكهربائي (KV)	المسافة (Cm)
Ac	4	21	1.25	17	9

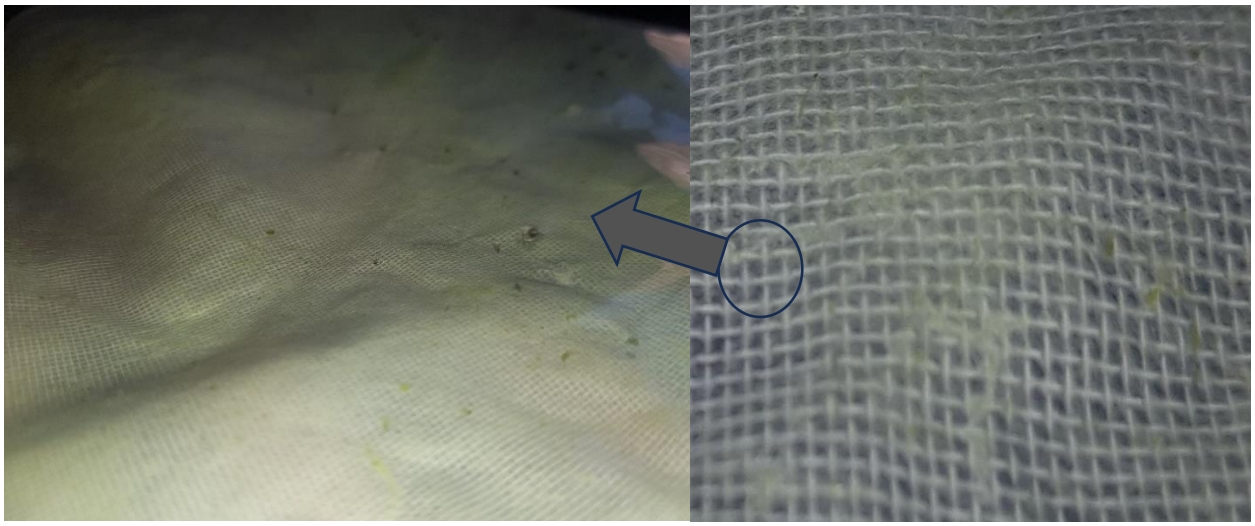
2- النتائج والمناقشة Results and Discussion:

يهدف البحث إلى محاولة إنتاج حاملات خلايا وألياف نانوية من مواد نباتية طبيعية (نبات الألوليقيرا – نبات لسان الحمل)، حيث تم تعريض السائل المستخلص من نبات الأوليفيرا للجهد العالي وكان له قابلية غزل كبيرة ولوحظ بداية تشكل ألياف ولكن لم يكن لديها المرونة والقوام الليفي المطلوب، الشكل (11)، اذ انه عند تعرض السائل الى التوتر الكهربائي كان يتشكل مخروط تايلور(وهو مخروط يدل على بداية عملية الغزل) وكانت تخرج نفثات من المخروط نحو المجمع ولكنها تبقى بحالة سائلة خلال انطلاقها داخل الحقل الكهربائي وحتى وصولها إلى المجمع، وبالتالي لا تترسب بشكل ليفي على المجمع، وهذا يعطي أفقاً بإمكانية تصنيع شبكات ألياف من خليط لهذه المادة مع مواد حيوية لديها قابلية لتشكل الألياف.

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

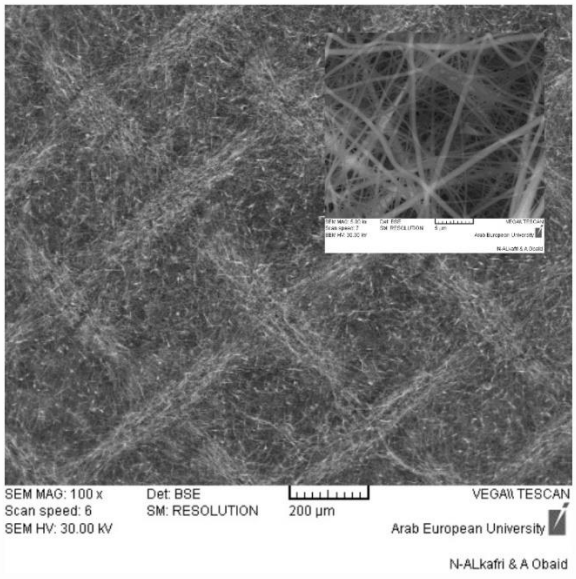
الشكل (11) يظهر قابلية الغزل للسائل المستخلص من نبات الأوليفيرا لكن دون تشكيل ليفي جاف

أيضاً تم الغزل الكهربائي للسائل المستخلص من نبات لسان الحمل ووجد قابلية للغزل لكن لم يتم تشكيل شبكة ليفية، وبعد مزجه مع سائل بوليميري (PCL) بنسبة (50/50) بتركيز (8 wt %) ولزوجة (0.79 pa.s) ثم غزله أعطى نتائج جيدة حيث تم تشكيل شبكة نانوية من البولي كابرولاكتون ويظهر على سطحها طبقة ليفية خضراء للسائل المستخلص من نبات لسان الحمل كما هو مبين في الشكل (12).



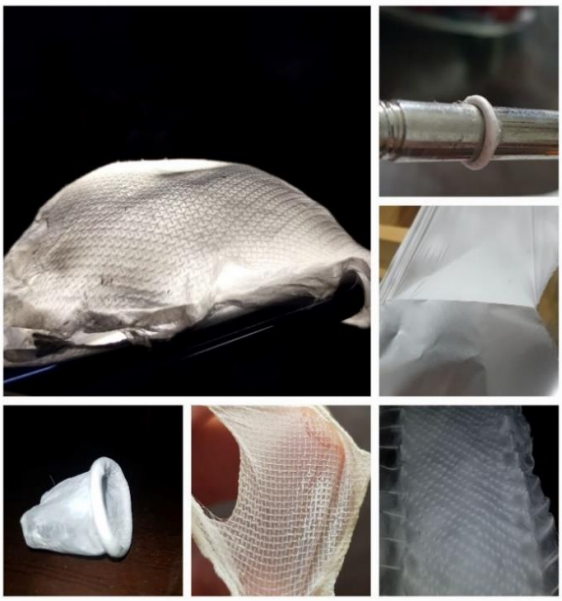
الشكل (12) تشكل شبكة نانوية من بوليمير الكابرولاكتون الممزوج مع السائل المستخلص من نبات لسان الحمل

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854



الشكل (13) صورة مجهرية بواسطة (SEM) تظهر الألياف النانوية المتشكلة

تم العمل على توجيه وترسيب الألياف النانوية بشكل جيد، مما أعطى الشبكات متانة عالية وبالتالي الاستفادة منها في تقانة الأغشية (Membrane Technology) وإمكانية صناعة أوتاد ليفية وشبكات دقيقة لعمليات الفلترة وغيرها



الشكل (14) يظهر إمكانية تصنيع الشبكات المستخدمة في هذا البحث بأشكال مختلفة

3- الاستنتاجات (Conclusions):

في هذا البحث وجدنا أنه لا يمكن غزل السائل المستخلص من النباتات بشكل منفرد وذلك بسبب الوزن الجزيئي المنخفض لهذه السوائل، اذ كان لابد من مزجه مع سائل بوليميري ذو وزن جزيئي مرتفع بحيث يكون هذا السائل البوليميري هو القاعدة وأما السائل النباتي يكون هو المحمول عليها، وهذه الطريقة تستخدم في مجالات طبية حيث يتم تحميل المادة الفعالة غير القابلة للغزل على مادة ذات أساس قابل للغزل، ويتم إما مزجهما وغزلهما سوية كما تم القيام به خلال هذا البحث، أو غزل المادة القاعدية القابلة للغزل ثم تحميل المادة الفعالة ولكن في هذه الحالة لا نحصل على خواص نانوية للمادة الفعالة، تم اختيار بوليمير الكابرولاكتون وذلك لأن مجموعة الأبحاث التي نقوم على تصديرها قائمة على هذا البوليمير إذ نقوم بدراسته بعدة طرق منها غزله بشكل منفرد على مجمعات مختلفة، ومنها غزله مع بوليميرات أخرى، ومنها غزله مع سوائل ذات أساس نباتي كما في هذا المقال. تم إنتاج أفضل شبكة نانوية عند تركيز للسائل 8%وعند قيمة التوتر 17kv والمسافة 9cm.

يمكن أن تؤدي تطبيقات تقنيات التصنيع الأكثر أمانًا واستخدام المواد الطبيعية في إنتاج حاملات الخلايا، إلى منع التلوث وتقليل استهلاك المواد الخطرة، مثل المذيبات العضوية، كما أن العمل على إنتاج شبكات نانوية من مواد نباتية أمر في غاية الأهمية وذلك بسبب المردود الاقتصادي القائم على تخفيض استيراد المواد البوليميرية غالية الثمن، إذ أن عملية غزل غرام واحد مثلاً من مادة حيوية مثل البولي لاكتيك أسيد يصل تكلفتها إلى أكثر من أربعة ملايين ليرة سورية، وهي مادة تستخدم في ترطيب البشرة وفي العلاجات من مرض الشيخوخة لتحفيزها مادة الكولاجين في الجلد، كما أنه بوليمير يستخدم في

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index
ISSN (online): 2789-6854

معالجة الجروح، ولنباتات لسان الحمل (والذي يحوي على مادة لزجة تسمى musylag) والأوليفيرا أيضاً نفس الاستخدامات إلا ولذلك تم إجراء بحث في إمكانية غزله كهربائياً. تناول البحث إمكانية القدرة على إنتاج شبكات نانوية من مستخلصات نباتية، وتم إنتاج شبكة ذات متانة عالية من بوليمير البولي كابرولاكتون محمول عليها الألياف النانوية الناتجة عن السائل المستخلص من نبات لسان الحمل ، الأمر الذي يعد بإمكانية تصنيع الكثير من الألياف النانوية ذات الأصل النباتي والاستفادة من خصائص هذه النباتات كالخصائص الغذائية والمعدلة للمناعة، وإزالة التجاعيد، والخصائص المضادة للالتهابات وتسريع التئام الجروح والتي تفيد في مجال المعالجات الطبية وغيرها، ودراسة خصائصها من الناحية النانوية مستقبلاً.

أن السائل المستخلص رخيص الثمن ومتوفر بشكل كبير،

شكر وتقدير

فريق العمل يتقدم بخالص الامتنان والود لكل من السادة:

1- د. عدنان نظام، كلية العلوم، جامعة دمشق.

2- م. آلاء خسارة، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

[1] Anton, F. (1934). U.S. Patent No. 1,975,504. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
https://patents.google.com/patent/US1975504A/en
[2] Li, D., & Xia, Y. (2004). Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel?. Advanced materials, 16(14), 1151-1170.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/adma.200400719
[3] Taylor G. Electrically driven jets. Proc. R. Soc. Lond A 313(1515), 453–475 (1969).
https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspa.1969.0205
[4] Fang, J., Niu, H., Lin, T., & Wang, X. (2008). Applications of electrospun nanofibers. Chinese science bulletin, 53, 2265-2286.
https://link.springer.com/article/10.1007/s11434-008-0319-0
[5] Iravani, S., & Varma, R. S. (2019). Plants and plant-based polymers as scaffolds for tissue engineering. Green Chemistry, 21(18), 4839-4867.
https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2019/gc/c9gc02391g
[6] Nongnut Sasithorn, Lenka Martinová, Jana Horáková and Rattanaphol Mongkholrattanasit (2016) Fabrication of Silk Fibroin Nanofibres by Needleless Electrospinning
https://www.intechopen.com/chapters/52866
[7] Mohamed H. El-Newehy , Salem S. Al-Deyab, El-Refaie Kenawy, and Ahmed Abdel-Megeed (2011) Nanospider Technology for the Production of Nylon-6 Nanofibers for Biomedical Applications
https://dl.acm.org/doi/abs/10.1155/2011/626589
[8] Willard, J. J., Drexler, J. W., Das, A., Roy, S., Shilo, S., Shoseyov, O., & Powell, H. M. (2013). Plant-derived human collagen scaffolds for skin tissue engineering. Tissue Engineering Part A, 19(13-14), 1507-1518.
https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ten.tea.2012.0338
[9] Harris, A.F., Lacombe, J., Liyanage, S. et al. (2021). Supercritical carbon dioxide decellularization of plant material to generate 3D biocompatible scaffolds. Sci Rep 11, 3643
https://www.nature.com/articles/s41598-021-83250-9
[10] Harris AF, Lacombe J, Zenhausern F. The Emerging Role of Decellularized Plant-Based Scaffolds as a New Biomaterial. International Journal of Molecular Sciences. 2021; 22(22):12347.
https://www.mdpi.com/1422-0067/22/22/12347
[11] Al-Kaabi, W. J., Albukhaty, S., Al-Fartosy, A. J., Al-Karagoly, H. K., Al-Musawi, S., Sulaiman, G. M., ... & Soliman, D. A. (2021). Development of Inula graveolens (L.) plant extract electrospun/polycaprolactone nanofibers: a novel material for biomedical application. Applied Sciences, 11(2), 828.
https://www.mdpi.com/2076-3417/11/2/828
[12] Greiner, A., & Wendorff, J. H. (2007). Electrospinning: a fascinating method for the preparation of ultrathin fibers. Angewandte Chemie International Edition, 46(30), 5670-5703.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/anie.200604646
[13] Jirsak, O., Sanetrnik, F., Lukas, D., Kotek, V., Martinova, L., & Chaloupek, J. U.S. Patent No. 7,585,437. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, (2009).
https://patents.google.com/patent/US7585437B2/en
[14] Ratner, B. D., & Bryant, S. J. (2004). Biomaterials: where we have been and where we are going. Annu. Rev. Biomed. Eng., 6, 41-75.

https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.bioeng.6.040803.140027
[15] Funda Cengiz, Tuan Anh Dao, Oldrich Jirsak (2010) Influence of Solution Properties on the Roller Electrospinning of Poly(vinyl alcohol)
https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pen.21599
[16] Yalcinkaya, F., Yalcinkaya, B., & Jirsak, O. (2017). Analysis of the effects of rotating roller speed on a roller electrospinning system. Textile Research Journal, 87(8), 913-928.
https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0040517516641362
[17] Jiang, T., Carbone, E. J., Lo, K. W. H., & Laurencin, C. T. (2015). Electrospinning of polymer nanofibers for tissue regeneration. Progress in polymer Science, 46, 1-24.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670014001397