دراسه مقارنة لتأثير تغطيه ألياف البولى استر بمركبات نانو الفضة على خواص الأداء الوظيفى لملابس الجمباز

Comparing the effect of Coating polyester Fabric with Silver Nanoparticles (AgNPs) on gymnastics costume Functional Properties

الباحثة/ إيمان محمد مصطفى غانم
اخصائى نشاط فنى - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
Researcher / Iman Muhammad Mustafa Ghanem
Specialist in artistic activity - Faculty of Applied Arts - Helwan University
em.ghanem@gmail.com

ملخص البحث

تهدف هذه الدراسه الى استخدام النانو تكنولوجى في تحسين الاداء الوظيفى لزي الجمباز، تم تغطية ألياف البوليستر المستخدمة في صناعة ملابس الجمباز التقليدية مع الجسيمات النانوية الفضية (AgNPs) لتحسين خصائصها الوظيفية لتحقيق متطلبات الاستخدام النهائي. تم تصوير سطح النسيج باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) قبل المعالجة وبعد المعالجة. تم اجراء مجموعة من الاختبارات المعملية. كانت تلك الاختبارات هي الوزن، السماكة، قوة الانفجار، الصلابة، نفاذية الهواء، مقاومة الماء. وتمت مقارنة خصائص نسيج البوليستر قبل وبعد المعالجه بالجسيمات النانوية الفضية (AgNPs)

مشكلة البحث

- ما هى الخواص الوظيفية التى يجب توافرها فى زى الجمباز ؟
- قله المعلومات الكافية عن اساليب تجهيز أقمشة زى الجمباز باستخدام انواع مختلفة من المعالجات منه النانو تكنولوجى.

أهمية البحث تحسين جودة الاداء لزي الجمباز ومعالجته مع الاحتفاظ بالخواص الوظيفية ومنها خواص الراحة المطلوب توافرها فى ملبس الجمباز وذلك لانتاج ملبس جمباز قادر على مساعدة الرياضيين فى تحسين اداءهم وبذلك المساهمة فى تحسين نتائجهم.

أهداف البحث

1- الكشف عن الخصائص الفعالة والمؤثرة فى المعالجات الكيميائية لأقمشة ملابس الجمباز بمفاهيمها الوظيفية للملابس الجاهزة.

2- تحسين جودة اداء زى الجمباز وتوفير خواص الراحة له.

3- عمل تصميم جديد لملبس جمباز يساعد على تحسين اداء اللاعبين.

منهج البحث المنهج التجريبى.

حدود البحث ملابس الجمباز الايقاعي – الفئه العمرية من 5سنوات حتى 12 سنه – المنافسات فى الصالات المغطاه.

فروض البحث

1- امكانية المعالجة الكيميائية لأقمشة ملابس الجمباز لتحسين اداء مستخدم الملبس.

2- تحديد الخواص الطبيعية والميكانيكية للأقمشة المستخدمة فى انتاج ملابس الجمباز يساعد على استخدامها بالشكل الأمثل لتوفير خواص وظيفية ملائمة للمنتج الملبسى النهائى.

الكلمات المفتاحية
تكنولوجيا النانو Nanotechnology، الجسيمات النانوية الفضية silver nanoparticles (AgNPs)
الخصائص الوظيفية functional properties ، لعبة الجمباز Gymnastics game

1-مقدمة:

حظيت الرياضة منذ فترة طويلة من الزمن باهتمام كبير ولقيت عناية كبيرة عند غالبية المجتمعات، وتعد ممارسة الرياضة من العوامل الاساسية التى تؤثر بشكل كبير على الصحة العامة للانسان، ويأتي الجمباز من ضمن النشاطات التي لقيت الدعم والاهتمام الكبيرين في العديد من الدول، ويعد الجمباز من الفعاليات الرياضية ذات الأهمية البالغة التي يمكن لكلا الجنسين من ممارستها.

وتعد الملابس الرياضية من أهم متطلبات الأنشطة الرياضية لمختلف الألعاب وقد كان للتطور المتسارع فى انتاج الألياف وتعدد اساليب وتقنيات انتاجها تبعا للنظريات الكيميائية الحديثة التى اعتمدت على أكثر من تقنية لاكساب الألياف خواص جديدة إضافة الى انتاج ألياف ذكية لها سرعة رد الفعل وتتفاعل مع طبيعة الاستخدام، وقد أسهمت تكنولوجيات متعددة فى انتاج هذه النوعيات الجديدة من الألياف من بينها (Nanotechnology) التكنولوجيا المتناهية الدقة. (1)

في بداية القرن الحادي والعشرين، وصفت "الملابس الرياضية" على انها فئة من الملابس المريحة الموجهة للموضة والتي تعتمد بشكل عام على الملابس المطورة للمشاركة في الرياضة. "الملابس الرياضية النشطة Active sportswear " هو المصطلح المستخدم لوصف الملابس التي يتم ارتداؤها خصيصًا للأنشطة والتمارين الرياضية. (2)

وقد أدى الاهتمام المتزايد بالأنشطة الرياضية وظهور رياضات أولمبية جديدة إلى تحفيز وزيادة الاستهلاك والتوقعات المتزايدة للملابس الرياضية (3)، وقد يؤثر ارتداء الملابس الرياضية المريحة على أداء اللاعب وبالتالي أصبح من أحد أهم معايير الجودة (4)، لذا يجب أن تتمتع الملابس الرياضية عالية النشاط بمرونة ومطاطية عالية لتوفير ملاءمة كافية وحرية حركة لمن يرتديها، وفي عدد من الرياضات النشطة ذات الأداء الحركى العالى مثل القفز والجري ورفع الأثقال والجمباز ، يتم استعمال قماش مطاطي في انتاج الملابس الرياضية لتحسين أداء اللاعبين ، ويوفر ارتداء الملابس الرياضية المطاطية الضاغطة Compression athletic wear (CAW) الضغط اللازم والملاءمة التشريحية للرياضي، وتُعرف أيضًا باسم "بدلات الجلد skin suits " لأنها تتوافق مع المنحنيات الطبيعية للجسم و تكون كبشرة ثانية لمرتديها (3).

ومن الخصائص الواجب توافرها للملابس الرياضية النشطة هي النعومة والمرونة ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية وخفة الوزن وسهولة العناية (4)، وعند مشاهده مسابقات الجمباز، نلاحظ مدى ثقة لاعبي الجمباز في ملابسهم. هذه الملابس رغم ضيقها والتصاقها بالجلد تمكن لاعبي الجمباز من التحرك بحرية وثقة في كل من التدريبات والمسابقات بالرغم من أن الجمباز يتطلب الكثير من الحركات الصعبة، ولا يقتصر استخدام هذا الزي فقط للاعبي الجمباز؛ العديد من الأنواع الأخرى من الرياضيين وفناني الأداء يرتدونه أيضًا (5).

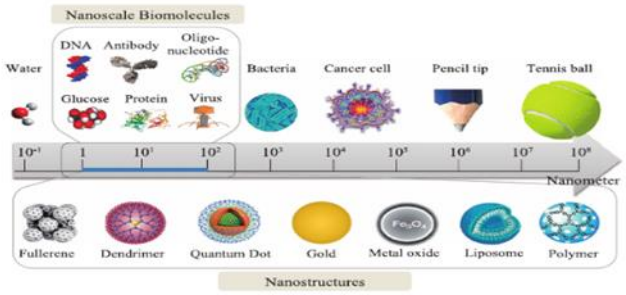
1-1-تكنولوجيا النانو

يهتم علم النانو Nanoscience بدراسه المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها ال100 نانومتر .كما يهتم بتوظيف هذه المواد المتناهية في الصغر من خلال تعيين خواصها وخصائها الكيميائية والفيزيائية مع

دراسة الظواهر المرتبطة والناشئة عن حجمها المُصغّر .ويهتم أيضاً بالتحكم التام والدقيق في إنتاج المادة، وذلك من خلال التحكم في عدد الذرات التي يتكون منها جسيم المادة، فكلما تغير عدد الذرات لجسيم المادة تغيرت خصائص المادة الناتجة إلى حد كبير. (6)

في السنوات الأخيرة، أصبحت تقنية النانو واحدة مقدمة المجالات الأكثر إثارة وأهمية في الفيزياء والبيولوجيا والهندسة والكيمياء. ويبشر بمستقبل واعدًا رائعًا بالكثير من الإنجازات التي ستغير اتجاه التقدم التكنولوجي في مجموعة هائلة من التطبيقات، وتتعامل تقنية النانو مع العديد من تراكيب المادة التي تصل مساحتها إلى جزء من المليار من المتر (7).

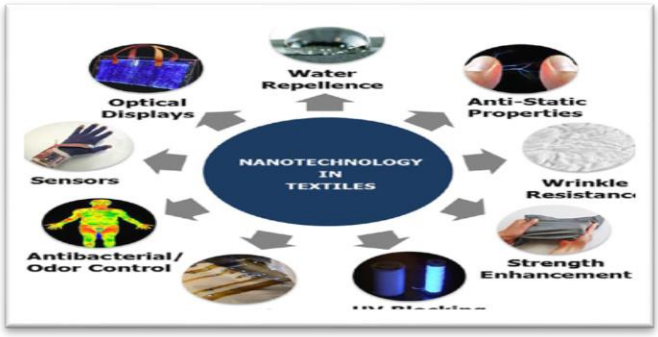
وتعد تقنية النانو مجالًا سريع النمو والتقدم يتعامل مع معالجة جزيئات المواد بحجم أقل من 1000 نانومتر(8). (شكل1).



شكل1 التكامل النانوي للجسيمات النانوية والجزيئات الحيوية

أ) تقنية النانو في المنسوجات

احدثت المنسوجات الوظيفية المصممة بالنانو ثورة في مجال المنسوجات. إن إمكانات تقنية النانو في تطوير مواد جديدة في صناعة النسيج كبيرة، فيمكن تحسين الخواص الوظيفية للمنسوجات الحالية باستخدام تقنية النانو ومن ناحية أخرى، يمكن تصنيع المنسوجات بخصائص جديدة تمامًا أو الجمع بين وظائف مختلفة في مادة نسيجية واحدة (9). (شكل 2).

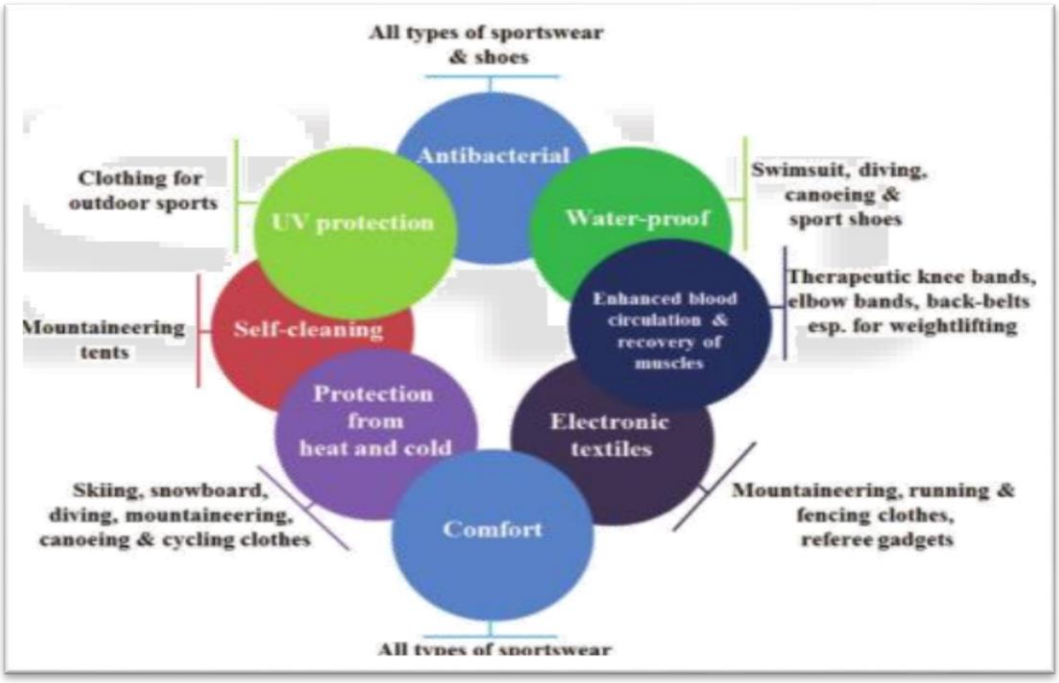


شكل2 تطبيقات تكنولوجيا النانو في المنسوجات

تقدم تقنية النانو الناشئة بسرعة طرقًا محسنة وجديدة للوصول لمجموعة من خصائص الأداء الوظيفي لمنسوجات الأقمشة. ومن الملاحظ أن صناعة المنسوجات هي من أول صناعات التصنيع التي تبتكر منتجات نهائية تطورت من خلال المعالجات القائمة على تكنولوجيا النانو. كشفت تقنية النانو أيضًا عن إمكانات تطويرية محتملة لصناعة النسيج لأن الأساليب التقليدية المستخدمة لإضفاء خصائص مختلفة على الأقمشة ومعالجتها غالبا لا تكون معالجات دائمة ويزول تأثيرها مع الوقت أو الارتداء أو تكرار عمليات الغسيل للمنسوجات (10).

ب) تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال الملابس الرياضية

تعد تقنية النانو مجالًا متعدد التخصصات وشاملًا. تطبيق تقنية النانو في الملابس الرياضية لتعزيز الأنشطة الرياضية زاد الأداء والكفاءة والراحة بشكل كبير، خلال العقد الماضي تم استخدام المواد النانوية على نطاق واسع في مجال الألبسة الرياضية. مع قدوم عصر النانو، سيكون لتقنية النانو تأثير بعيد المدى على حياة الإنسان.(11) إن الرغبة في المنتجات الرياضية ذات الأداء والكفاءة المعززة معروفة منذ سنوات عديدة، وفتحت تكنولوجيا النانو طرقًا جديدة لإنتاج الملابس الرياضية العملية. (12)

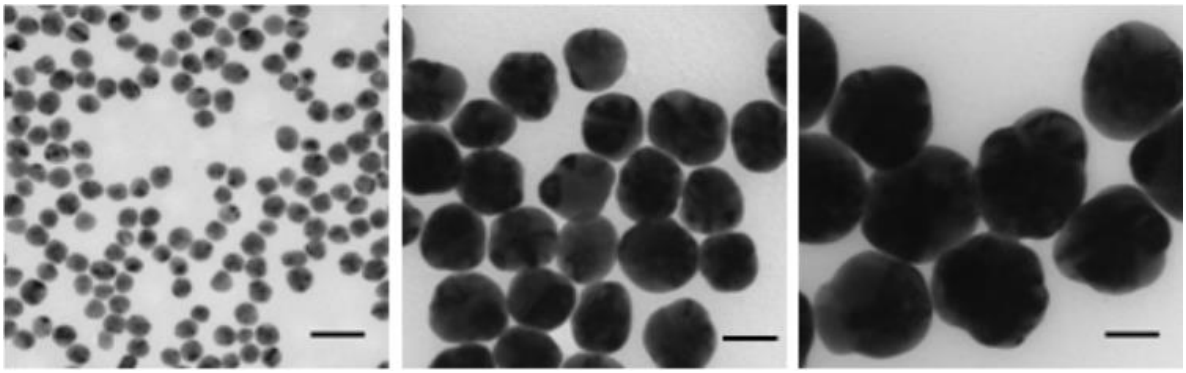


شكل3 خصائص الملابس والأحذية الرياضية المدمجة مع تكنولوجيا النانو

2-1-1-جسيمات الفضة النانوية(AgNPs)

تتمتع الجسيمات النانوية الفضية بخصائص كهربائية وحرارية فريدة ويتم دمجها في منتجات تتراوح من الخلايا الكهروضوئية إلى المستشعرات البيولوجية والكيميائية. تشمل الأمثلة الأحبار الموصلة والمعاجين والمواد المالئة التي تستخدم جزيئات الفضة في التوصيل الكهربائي العالي والاستقرار ودرجات حرارة التلبيد المنخفضة .(13)

من التطبيقات الشائعة بشكل متزايد استخدام جسيمات الفضة النانوية للمعالجة المضاد للميكروبات، والعديد من المنسوجات وضمادات الجروح والأجهزة الطبية الحيوية تحتوي الآن على جزيئات الفضة النانوية التي تطلق باستمرار مستوى منخفض من أيونات الفضة لتوفير الحماية ضد البكتيريا (14) شكل 4 يوضح صور المجهر الإلكتروني (TEM) لجسيمات الفضة النانوية.



شكل4 صور المجهر الإلكتروني للإرسال (TEM) لجسيمات الفضة النانوية

مزايا معالجه المنسوجات بجسيمات الفضة النانوية(AgNPs)

- سهولة التعامل
- غير ضار بالجلد
- صديق للبيئة
- يزيد من قابله الأقمشة لنفاذية الهواء
- مناسب لجميع المنسوجات
- ثابت في الغسيل حتى 40 درجة مئوية
- حماية طويلة الأمد للمنسوجات ضد الماء والأوساخ والشحوم
- يضفى مظهرية وملمس للأقمشة.(15)

2-التجارب العملية Experimental work

2-1مواصفات الخامة:

القماش المستخدم خلال هذه الدراسه هو قماش انترلوك تريكو لحمه مخلوط البوليستر / الليكرا بنسبة (20/80٪) تم شراءه من شركة أولاد وهبه لتجارة المنسوجات، الجدول 1 يظهر خصائصها.

جدول 1 خصائص القماش المستخدم في المعالجة

نوع الخامة	الوزن ((gm/m2	سمك القماش (mm)	مقاومة التجعد	معامل الصلابة
بوليستر / ليكرا (20٪/80)	350	0.63	172°	49°

2-2مواد كيميائية

جسيمات الفضة النانوية (AgNPs)

- المواصفات:

المظهر: سائل صافٍ، الكثافة: 1.1275 جم / مل، قيمة الهيدروكسيل: 267 إلى 295 مجم / KOH جم،

الشكل المادي: سائل شفاف عديم اللون، وزن العبوه: 400.00 جم / .mol

3-2المعالجة

في هذا البحث تم استخدام عينات الاختبار من خامة بوليستر / ليكرا (80/20٪)، تم معالجة عينات الاختبار باستخدام جزيئات الفضة النانوية (AgNPs) باستخدام تقنية الرش لتحسين خصائصه الوظيفية لتلبية متطلبات الاستخدام النهائي . في البداية تم غسل العينات جيدًا لإزالة أي شوائب ملحقة بها قبل المعالجة وتركت لتجف في وضع أفقي .تم رش الأقمشة تحت الضغط بواسطة المحلول على كل جانب ثم تترك لتجف في وضع أفقي بعد التغطية الأولى، تم تكرار العملية على عينة الاختبار ثلاث مرات أخرى باستخدام نفس التقنية.

4-2الاختبارات المعملية

إجراء الفحوص والاختبارات المعملية لعينات الأقمشة

تم اجراء عدد من الاختبارات المعملية لعينات الأقمشة لقياس الأداء والوظيفة .أجريت الاختبارات فى معمل الفحص شعبة الغزل والنسيج بالمركز القومى للبحوث في جو قياسى بدرجة حرارة 20 2 ± ºC و 65٪ ± 2 .RH تم الحصول على متوسط ثلاث قراءات لكل اختبار. تم قياس الكتلة (الوزن) باستخدام مقياس رقمي حساس طبقًا للمواصفه (ASTM D3776-96-2003)(16) تم قياس السماكة باستخدام جهاز قياس السماكة طبقاً للمواصفة-(ASTM D1777-96 .(2003)(17) .تم إجراء اختبار نفاذية الهواء باستخدام جهاز اختبار نفاذية الهواء الإلكتروني وفقًا لـ(ASTM D737-86)(18)، تم قياس قوة الانفجار باستخدام جهاز اختبار الاندفاع وفقًا للمواصفة لـ (ASTM D3787-16) (19)، تم الحصول على الصلابة باستخدام جهاز اختبار الصلابة وفقًا للمواصفة .(ASTM D1388) (20)

5-2 زي الجمباز

بعد معالجه ألياف البولى استر بجسيمات نانو الفضة واجراء الاختبارات المعملية تم استخدام القماش المعالج في تصميم وإنتاج زى للجمباز وتمت حياكة الزى باستخدام غرزة الزجزاج Zigzag Stitch للحياكة والغرزه المغلقة Straight Stitchللتثبيت كما هو موضح في الصور من (صوره 1) حتى (صوره 5).

(صورة 1) قص زي الجمباز

(صورة 2) طباعة زي الجمباز

صورة 3 خياطة زي الجمباز

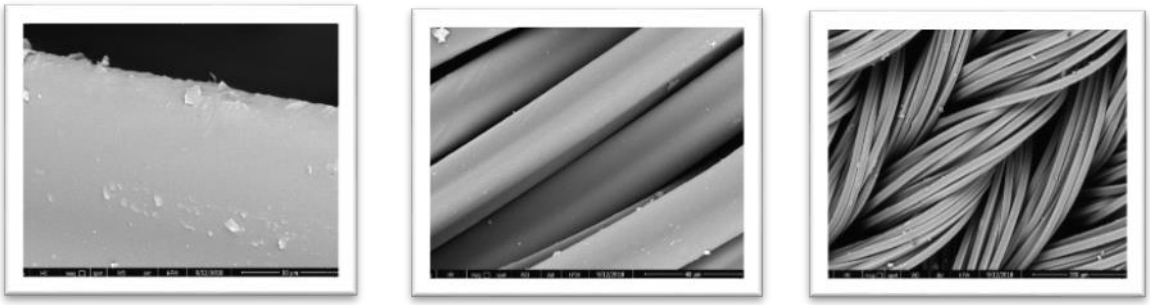
صورة 4 زي الجمباز بعد الخياطة

صورة 5 الشكل النهائى لزي الجمباز

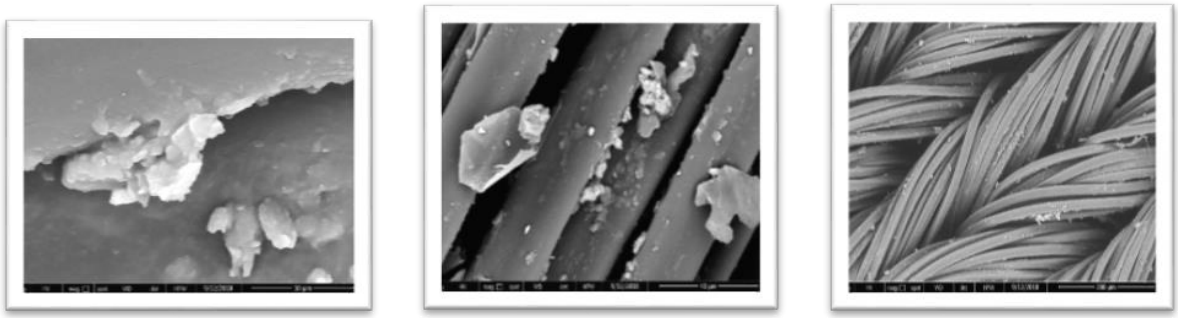
3-النتائج والمناقشات

3-1 تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية (AgNPs) على سطح الألياف

تم تحديد شكل السطح باستخدام مجهر الماسح الإلكتروني (SEM). لوحظ أن ألياف البولي استر المعالجة مع جزيئات الفضة النانوية تظهر المظهر المتقشر على السطح مما يجعل السطح أكثر خشونة ويعزز مقاومة الماء. تشكل المادة الطاردة للماء طبقة زيتية على جزيئات الفضة مثل أوراق اللوتس. تعمل الجسيمات النانوية الفضية هنا كخلايا البشرة وعامل طارد للماء مثل نتوءات شمعية، مما يؤدي إلى مقاومة فائقة للماء على ألياف البولي استر. يوضح **الشكل 5**، صورة SEM لألياف البولي استر غير المعالجة و**الشكل 6** صورة SEM لألياف البولي استر المعالج بجزيئات الفضة النانوية.



شكل 5 صورة باستخدام مجهر الماسح الإلكتروني (SEM) لألياف البولي استر غير المعالجة.



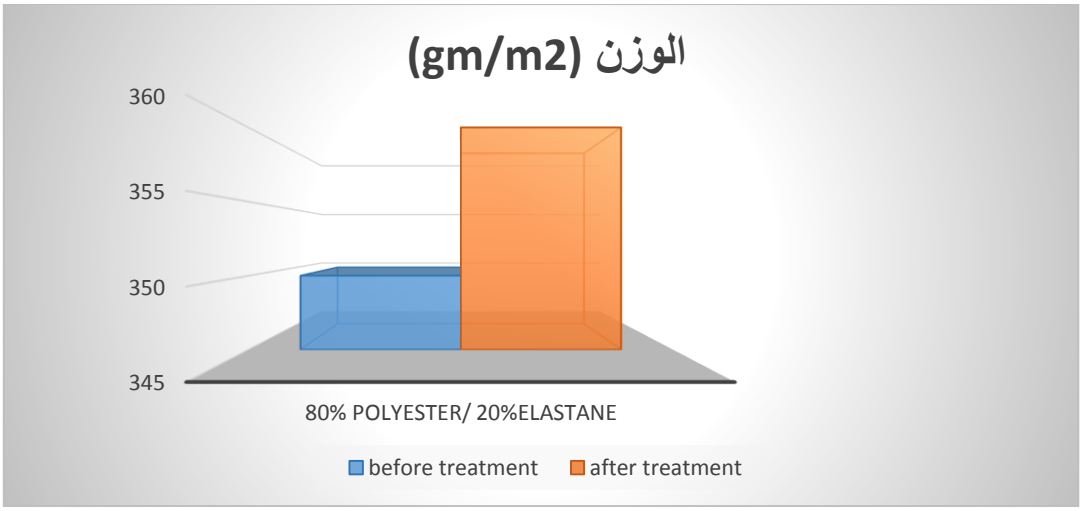
شكل 6 صورة باستخدام مجهر الماسح الإلكتروني (SEM) لألياف البولي استر المعالجة.

2-3 تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية (AgNPs) على خواص ألياف البولى استر

أ) تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية على وزن الألياف

جدول 2 الوزن قبل وبعد المعالجة

نوع العينة	الوزن(gm/m^2)	
	قبل المعالجة	بعد المعالجة
بولي استر / ليكرا (80/20٪)	350	**360**



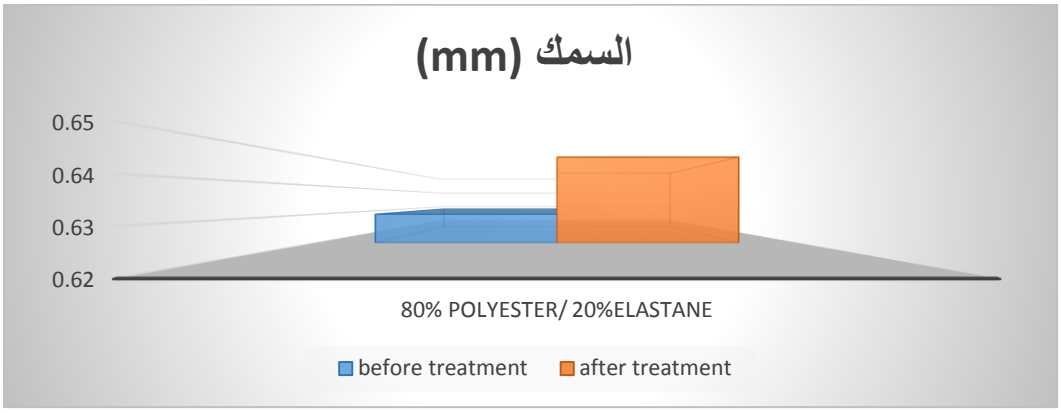
شكل 7 الوزن قبل وبعد المعالجة

يوضح الجدول 2 والشكل 7 أن وزن القماش يزداد بعد المعالجة عن وزنه قبل المعالجة ويرجع ذلك لجزيئات النانو التي تغلف الألياف وتخترقها.

ب) تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية على سماكة الألياف

جدول 3 السمك قبل وبعد المعالجة

نوع العينة	السمك(mm)	
	قبل المعالجة	بعد المعالجة
بولي استر / ليكرا (80/20٪)	0.63	0.65



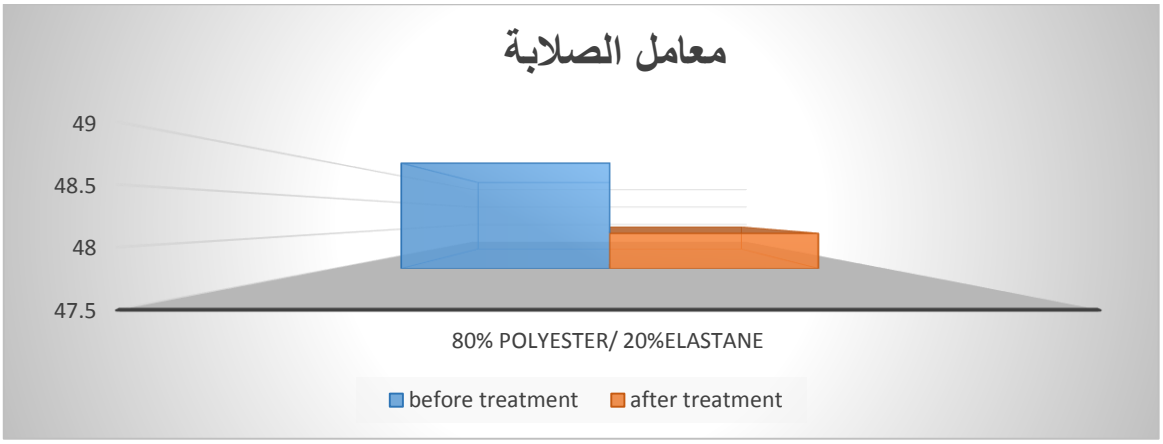
شكل 8 السمك قبل وبعد المعالجة

كما هو مبين في الجدول 3 والشكل 8، يزداد سمك الألياف بعد المعالجة قليلاً عما كان عليه قبل المعالجة، وذلك بسبب طبقة النانو الرقيقة جدًا الموجودة على سطح النسيج وحول الألياف. هذه الطبقة رقيقه جدا ولا ترى بالعين المجردة.

ج) تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية على معامل صلابة الألياف

جدول 4 معامل الصلابة قبل وبعد المعالجة

نوع العينة	معامل الصلابة	
	قبل المعالجة	بعد المعالجة
بولي استر / ليكرا (80/20٪)	49°	48°



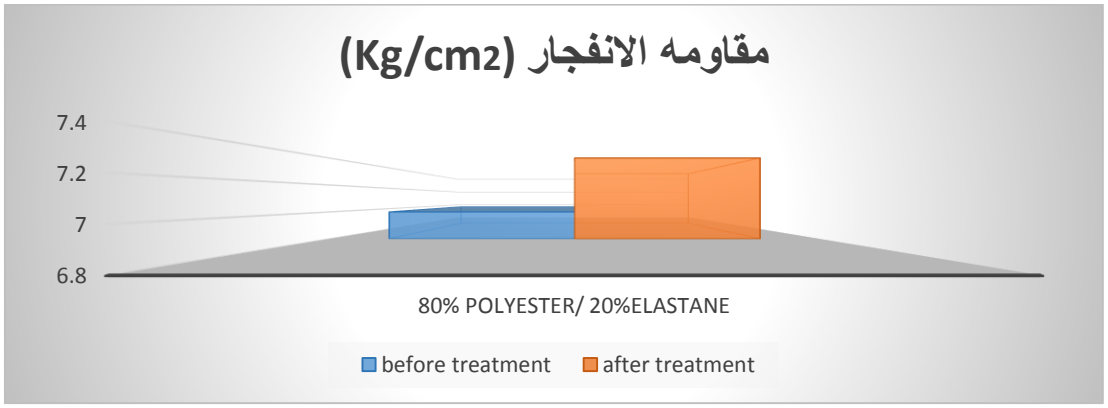
شكل 9 معامل الصلابة قبل وبعد المعالجة

كما هو مبين في الجدول 4 والشكل 9، تقل الصلابة بعد المعالجة قليلاً عما كانت عليه قبل المعالجة، يمكن أن يشير ذلك إلى طبقة النانو الرقيقة جدًا الموجودة على السطح وحول الألياف. هذا الفيلم خفي بالعين المجردة حيث أن نسيج ومظهر القماش يجعل النسيج قاسيًا قليلاً بعد المعالجة.

د) تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية على مقاومه انفجار النسيج

جدول 5 مقاومه انفجار قبل وبعد المعالجة

نوع العينة	مقاومة الانفجار(Kg/cm^2)	
	قبل المعالجة	بعد المعالجة
بولي استر / ليكرا (80/20٪)	7.0	7.4



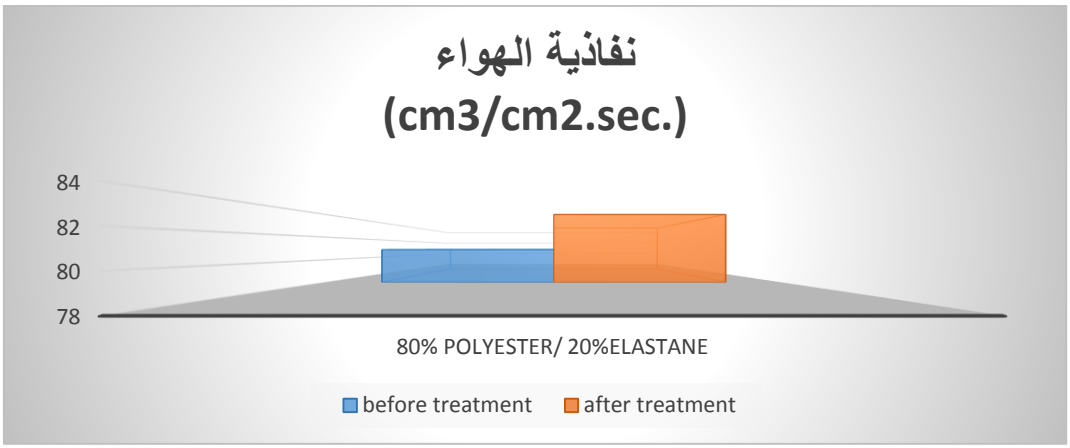
شكل 10 مقاومه انفجار قبل وبعد المعالجة

كما هو مبين في الجدول 5 والشكل 10، تزداد قوة الانفجار بعد المعالجة وهذا يشير إلى أن الزيادة في العامل مع جزيئات الفضة النانوية تؤدي إلى زيادة مقاومة قوة الانفجار للألياف

هـ) تأثير معالجة الجسيمات النانوية الفضية على نفاذية هواء النسيج

جدول 6 نفاذية الهواء قبل وبعد المعالجة

نوع العينة	نفاذية الهواء ($cm^3/cm^2.sec.$)	
	قبل المعالجة	بعد المعالجة
بولي استر / ليكرا (80/20٪)	80.9	84



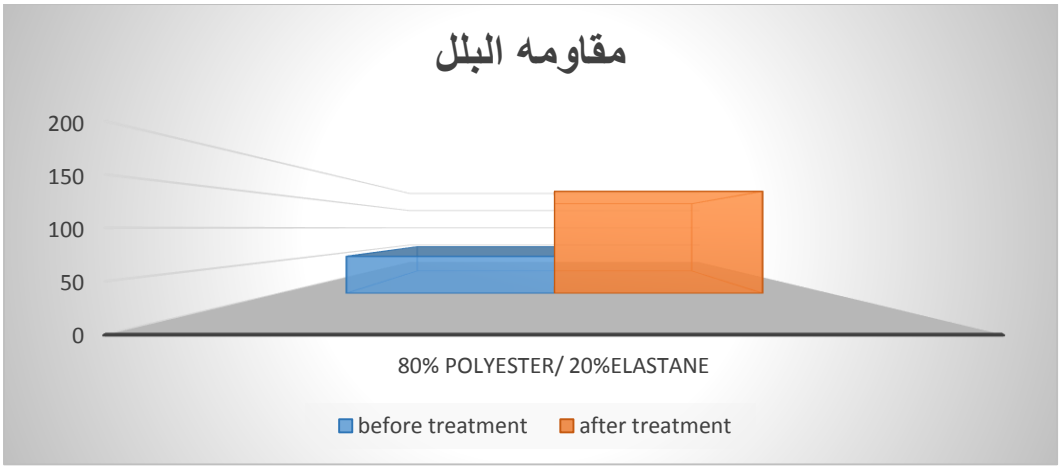
شكل 11 نفاذية الهواء قبل وبعد المعالجة

على الرغم من طبقة النانو المطلية بسطح القماش، تزداد نفاذية الهواء بعد المعالجة أكثر من المعالجة السابقة، كما هو مبين في الجدول 6 والشكل 11 وهذا يوضح أن المعالجة بالنانو تحسن قابلية التنفس للأقمشة.

و) تأثير معالجة جسيمات الفضة النانوية على مقاومة النسيج للبلل

جدول 7 مقاومة النسيج للبلل قبل وبعد المعالجة

نوع العينة		
	قبل المعالجة	بعد المعالجة
بولي استر / ليكرا (80/20٪)	56.39°	**155.76°**



شكل 14 مقاومة النسيج للبلل قبل وبعد المعالجة

يتضح من الجدول 7 والشكل 14 أن المعالجة تحسن خاصية مقاومة الماء للنسيج. كان هناك ترطيب لكامل أسطح النسيج العلوية والسفلية قبل المعالجة بينما بعد المعالجة لا يوجد أي التصاق أو ترطيب في السطح العلوي. هذا يجعل نسيج البولي استر شديد المقاومة للماء. يمكن تفسير ذلك للمسافات بين الألياف التي تكون أصغر من قطرة الماء النموذجية، ولكنها لا تزال أكبر من جزيئات الماء؛ وهكذا يبقى الماء على سطح القماش.

مناقشة النتائج

من النتائج والمناقشات المذكورة أعلاه، يمكن الاستنتاج أنه بقدر ما تتعلق نتائج المجهر الماسح الالكترونى SEM بألياف البولي ستر المعالج مع جزيئات الفضة النانوية جعلها طاردة أكثر للماء.

- عند معالجة أسطح الاقمشة بالجسيمات النانوية الفضية تصنع طبقة رقيقة للغاية غير مرئية بالعين المجردة.

معالجة ألياف البولي استر بالجسيمات النانوية الفضية له تأثير كبير على الأداء والخصائص الوظيفية.

-معالجة الألياف بالجسيمات النانوية الفضية تجعل النسيج أكثر مقاومة للانفجار وبالتالي أكثر متانة ويحسن من نفاذية الهواء وهذا يجعلها أكثر راحة.

المراجع

1- طارق صالح سعيد، أحمد محمود الشيخ – أثر تطور أنتاج الألياف المتناهية الدقة على اتجاهات التصميم والملائمة الوظيفية لأقمشة الملابس الرياضية – علوم وفنون-المجلد السابع عشر – العدد الرابع –أكتوبر 2005.

Tareq saleh Saeid, Ahmed Mahmoud Elshekh, Ather tatawer entag alalyaf al motanaheyat aldakah ala etegahat al tasmem wa almolaaama alwazefeya leakmeshat almalabes alreyadeya- Olom wa fenon – Almogalad al sabee ashar- aladad alrabee- October 2005.

2- https://www.encyclopedia.com/sports-and-everyday-life/fashion-and-clothing/clothing-jewelry-and-personal-adornment/sportswear(acsses 10/2019).

3- Rong Liu, The 5Ps Model to Optimize Compression Athletic Wear Comfort in Sports, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, 2(2009) 41.

4- M. Manshahia , A. Das, High active sportswear, Indian Journal of Fiber & Textile Research, vol. 39, December 2014, pp. 441-449.

5- https://uniqueleotards.wordpress.com/category/gymnastics-leotards/ (acsses 10/2019).

6- سالم فرج بامسعود، محروس عبد الله باحويرث -تأثير جسيمات الفضة النانوية المحضرة باستخدام مستخلص أوراق المريمرة والسيسبان في إنبات ونمو بادرات نبات الكوسة ونموها – مجلة الجامعة العربية الأمريكية للبحوث – المجلد الثالث – العدد الثانى -2017

Salem Farag Bamasod, Mahros Abd Allah Bahoyrth- Taather gosaymat alfada alnanoneya almohadarah bestekhdam mostakhlas awrak almarmareyah wa alsesban fe enbat wa nemw baderat nabat alkosa wa nemowaha – magalet algameaa alarabiyah alamrikeyah llbehoth – almogalad al thaleth – aladd althany – 2017.

7- Moustafa M. G. Fouda, Antibacterial Modification of Textiles Using Nanotechnology, A Search for Antibacterial Agents.

8- Jaworek A., Sobczyk A.T., Electrospraying route to nanotechnology: An overview, Journal of Electrostatics, 66 (2008) 197–219

9- https://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=42713.php

10- S Mahendra Kumar et al., Synthesis and characterization of nano silicon and titanium nitride powders using atmospheric microwave plasma technique, J. Chem. Sci. Vol. 124, No. 3, May 2012, pp. 557–563.

11- Rezwan Mahmud, Farhatun Nabi, Application of Nanotechnology in the field of Textile, IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE) e-ISSN: 2348-019X, p-ISSN: 2348-0181, Volume 4, Issue 1 (Jan. - Feb. 2017), PP 01-06

12- https://www.textiletoday.com.bd/impact-of-nanotechnology-in-the-arena-of-textile-apparel-finishing/

13- Nalankilli Govindan, Kanjana Subramanian, Nanofinishing of Textiles for Sportswear, International Journal for Scientific Research & Development, Vol. 5, No 07, 2017, pp. 32-36.

14- https://www.sigmaaldrich.com/technical-documents/ articles/materials-science/nanomaterials/silver-nanoparticles.html(acsses 10/2019).

15- Eman R. Saad et al., Effect of Coating with Silver Nanoparticles (AgNPs) on Cotton Fabric Functional Properties, International Design Journal vol. 4 (2), 2014.
16- ASTM D3776-96-2003: Method of test for Mass (Weight).
17- ASTM D1777-96-2003: Method of test for thickness.
18- ASTM D737-86: Method of test for of Air Permeability.
19- ASTM D3787-16: Method of test for Bursting Strength of Textiles.
20- ASTM D1388: Method of test for the determination of stiffness.