

تحسين الخواص الأدائية لبعض الأقمشة القطنية المخلوطة

وإكسابها خاصية العزل الحراري والتدفئة الذاتية باستخدام الطين النانوي

أ.د. أميرة عبد الله نورالدين^١، أ.د. وفاء محمد سماحة^٢، أ.د. نجلاء محمد ماضي^٣، أ.م.د. محمد عزت محمد^٤، م.م. هدير لطفي أحمد عبد القادر^٥

^١ قسم الاقتصاد المنزلي/كلية التربية النوعية / جامعة المنصورة - مصر

dr_amira_20@yahoo.com

^٢ قسم الاقتصاد المنزلي/ كلية التربية النوعية / جامعة المنصورة - مصر

dr_wafaa_s@mans.edu.eg

^٣ قسم الاقتصاد المنزلي/ كلية التربية النوعية / جامعة المنصورة - مصر

naglaamady@mans.edu.eg

^٤ قسم هندسة النسيج/ كلية الهندسة ومعهد بحوث وتكنولوجيا النسيج / جامعة الإسكندرية والمركز القومي للبحوث - مصر

mezzat2012@gmail.com

^٥ قسم الاقتصاد لمنزلي/ كلية التربية النوعية / جامعة المنصورة - مصر

hadeerghoneem@mans.edu.eg

المؤلف المراسل: هدير لطفي أحمد عبد القادر - hadeerghoneem@mans.edu.eg

الملخص:

هدف البحث إلى تحسين الخواص الأدائية لبعض الأقمشة القطنية المخلوطة وإكسابها خاصية العزل الحراري والتدفئة الذاتية باستخدام الطين النانوي. وتحديد أفضل تركيز للمادة لتحقيق أفضل الخواص الوظيفية. حيث استخدم تركيز ٣% من مادة الطين النانوي على خامة الكستور المخلوط (E) بنسبة ٩٠% قطن و ١٠% بولي إستر وقد حققت أعلى معامل جودة كلية وتحسن كبير في الخواص الوظيفية. بينما استخدم تركيز ٣% على خامة القطن المخلوط (C) بنسبة ٣٣% قطن و ٦٧% بولي إستر كانت أقل العينات تحسن في الخواص الوظيفية، وتوصلت النتائج إلى أن استخدام الطين النانوي يمثل اتجاهاً فعالاً لتحسين أداء الأقمشة الحرارية دون تأثير سلبي على خصائصها الميكانيكية أو الشكلية. ويوصي البحث بأنه يمكن توظيف هذه المادة في تصنيع منسوجات نكية توفر راحة حرارية عالية وتدفئة ذاتية ملائمة للظروف المناخية القاسية.

الكلمات المفتاحية: الطين النانوي؛ العزل الحراري للأقمشة؛ التدفئة الذاتية للأقمشة؛ الخواص الادائية لأقمشة الكستور.

المقدمة والمشكلة البحثية:

شهد العالم في العقود الأخيرة تطورًا كبيرًا في مجال تقنيات النانو، حيث أصبحت التطبيقات النانوية أحد أهم المجالات البحثية التي تسهم في تطوير مختلف الصناعات، بما في ذلك صناعة المنسوجات (علي، ٢٠١٩). وقد أسهمت هذه التقنية في إحداث نقلة نوعية في أداء الأقمشة، من خلال إكسابها خصائص جديدة مثل مقاومة البكتيريا، ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية، والعزل الحراري، ومقاومة الماء (السيد، ٢٠٢٠). وتعد تقنية النانو من التقنيات الحديثة التي أتاحت للباحثين إمكانية التحكم في البنية الدقيقة للمواد على المستوى الذري والجزيئي، مما ساعد على تطوير مواد ذات أداء وظيفي متفوق مقارنة بالمواد التقليدية. (Uddin,2024)

وتعد المواد النانوية ذات الطابع الطبقي مثل الطين النانوي من بين أكثر المواد استخدامًا في التطبيقات النسيجية، نظرًا لقدرتها على تحسين الثبات الحراري وزيادة مقاومة التآكل دون التأثير السلبي على ملمس القماش (Fang et al,2006). أما في مجال الأقمشة الذكية، فقد أصبحت الحاجة ماسة إلى تطوير منسوجات قادرة على التكيف مع المتغيرات البيئية وتوفير الراحة الحرارية للمستخدم. ويعد العزل الحراري أحد أهم الخصائص المطلوبة في الملابس المخصصة للبيئات الباردة (خليل، ٢٠٢١).

وأكدت نتائج دراسة (عبد الرحمن، ٢٠١٨) و (Havenith et al., 2015) أن زيادة المسامية الدقيقة داخل النسيج تسهم في احتجاز الهواء، مما يؤدي إلى تحسين القدرة العازلة للقماش، وهو ما يُعد عاملاً حاسماً في تصميم الملابس الشتوية والوظيفية. وأوضحت دراسة (Zhang,2018) أن إدخال المواد النانوية داخل الألياف النسيجية يسهم في تحسين خصائص الاحتفاظ بالحرارة من خلال تكوين مسارات حرارية معقدة تقلل من الفقد الحراري. كما تناولت دراسة (مصطفى، ٢٠٢٠) تطوير أقمشة شتوية باستخدام المعالجات النانوية، وأكدت نتائجها أن النانوكلاي يُعد من المواد الفعالة في تحسين قدرة القماش على الاحتفاظ بالحرارة. وفي الاتجاه ذاته، (أوضح حسن، ٢٠٢٣) أن استخدام النانوكلاي يعزز مقاومة الأقمشة للعوامل البيئية، خاصة الرطوبة والبرودة، مما يزيد من كفاءتها في البيئات منخفضة الحرارة.

كما أشارت دراسة (Li et al., 2018) إلى أن التركيب النسيجي لأقمشة الكستور يسمح بقبول المعالجات الكيميائية والفيزيائية، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات النانوية الهادفة إلى تحسين الخواص الأدائية. وفي الإطار نفسه، أوضح (Park,2019) أن معالجة الأقمشة الطبيعية بالنانوكلاي أدت إلى تحسين مقاومتها للرطوبة والبرودة في البيئات ذات درجات الحرارة المنخفضة. كما أثبتت (Kumar,2021) أن المزج بين النانوكلاي وأكسيد الجرافين يحقق أداءً حراريًا متوازنًا للأقمشة الصناعية، نتيجة التكامل بين الخصائص العازلة للنانوكلاي والموصلية الحرارية المنضبطة لأكسيد الجرافين.

كما أوضحت دراسة (Zhang et al., 2020) أن التوزيع المتجانس لجزيئات الطين النانوي داخل بنية القماش يُعد عاملاً أساسيًا لتحقيق كفاءة عالية في العزل الحراري، وهو ما يعزز من إمكانية استخدامه في تطبيقات التدفئة الذاتية للأقمشة. (وتوصل العبد، ٢٠٢٠) أن معالجة الأقمشة القطنية بالطين النانوي أدت إلى زيادة مقاومتها للحرارة مع تقليل نفاذية الهواء، وهو ما يعكس إيجابيًا على كفاءة العزل الحراري. وفي السياق نفسه، أكدت دراسة (شريف، ٢٠٢٢) أن دمج المواد النانوية

المتقدمة مثل الجرافين والنانوكلاي يسهم في رفع كفاءة العزل الحراري للأقمشة الذكية، نتيجة لقدرتها على إعاقة انتقال الحرارة داخل البنية النسيجية. كما توصل (عبد الرحمن، ٢٠٢٢) إلى أن استخدام النانوكلاي بالتكامل مع المواد الماصة للحرارة أدى إلى تحسين ثبات الخواص الحرارية للأقمشة حتى بعد الغسيل المتكرر، مما يعزز من الاستدامة الوظيفية لهذه المعالجات.

وأكدت نتائج دراسة (Havenith et al., 2015)؛ (Zhang et al., 2020). أن تقنيات النانو عند تطبيقها بصورة مدروسة، لا تؤثر سلبيًا على راحة الملابس، بل تسهم في تحسين الأداء الوظيفي للأقمشة مع الحفاظ على خصائصها الأساسية. وأوضح (Fang et al, 2006) أن دمج الطين النانوي مع مواد تغيير الطور (PCM) أدى إلى تحسين ملحوظ في كفاءة العزل الحراري، نتيجة لقدرة هذه المواد على تخزين الحرارة وإطلاقها تدريجيًا. وأشار (Uddin, 2024) إلى أن النانوكلاي يُستخدم على نطاق واسع في تطوير المنسوجات الذكية لما يتمتع به من ثبات حراري عالٍ وتوافق جيد مع الألياف النسيجية المختلفة. كما أكدت (Chen, 2020) أن النانو كلاي يمكن أن يعمل كمكون منظم للحرارة داخل الأقمشة الذكية، مما يسهم في تحقيق التوازن الحراري للملبس.

ومن خلال استعراض الدراسات السابقة، يتضح أن معظم الأبحاث ركزت على تحسين العزل الحراري للأقمشة بصفة عامة، أو على استخدام المواد النانوية في المنسوجات دون التركيز الكافي على الأقمشة القطنية المخلوطة مثل أقمشة الكستور. وأن الدراسات عن استخدام الطين النانوي في تحسين العزل الحراري والتدفئة الذاتية للأقمشة ما زالت محدودة، خاصة فيما يتعلق بدمج هذه المعالجات مع الأقمشة القطنية المخلوطة. ومن هنا تتحدد الفجوة البحثية التي يسعى البحث الحالي إلى سدها من خلال تحسين الخواص الأدائية لأقمشة الكستور وإكسابها خاصية العزل الحراري والتدفئة الذاتية باستخدام الطين النانوي.

ومما سبق تتمثل مشكلة البحث في الإجابة عن التساؤلات التالية:

١. ما إمكانية تطوير طرق فعالة لتحسين العزل الحراري والتدفئة الذاتية للأقمشة باستخدام تقنيات النانو دون التأثير على الخواص الميكانيكية أو الملمس الخارجي للنسيج؟
٢. ما أفضل خامة قطنية مستخدمة يمكن معها تحقيق أفضل الخواص الوظيفية المطلوبة؟
٣. ما أفضل تركيز لمادة المعالجة النانوية المستخدمة في تحسين الخواص الحرارية المطلوبة؟

أهداف البحث:

١. دراسة تأثير إضافة مادة الطين النانوي على الخواص الحرارية والميكانيكية لقماش الكستور والقطن المخلوط.
٢. تقييم كفاءة دمج الطين النانوي مع مواد موصلة للحرارة لإكساب القماش خاصية التدفئة الذاتية.
٣. تحديد التركيز الأمثل وطرق المعالجة التي تحقق أعلى أداء حراري.
٤. تقييم التغير في الخواص الفيزيائية والميكانيكية بعد المعالجة.

أهمية البحث:

١. المساهمة في سد الفجوة البحثية المتعلقة بدراسة تأثير الطين النانوي تحديداً على قماش الكستور، وتقييم كفاءته في دمج خاصيتي التدفئة الذاتية والعزل الحراري معاً.
٢. تقديم حلول تقنية عملية ترفع من القيمة المضافة للأقمشة القطنية المخلوطة، من خلال تحويلها من أقمشة تقليدية إلى منسوجات تقنية متطورة تمتلك خصائص حرارية فائقة.
٣. دعم التحول في قطاع صناعة المنسوجات نحو إنتاج أقمشة ذكية ذات أداء وظيفي عالٍ وخصائص مستدامة، مما يواكب التوجهات العالمية الحديثة.
٤. تسليط الضوء على فاعلية المعالجات النانوية في إكساب الأقمشة خصائص متعددة الوظائف، ليشمل مقاومة الأشعة فوق البنفسجية، والاتساخ، والرطوبة.

فروض البحث:

١. توجد فروق ذات دلالة إحصائية في خاصية العزل الحراري بين الخامات النسيجية المستخدمة قبل وبعد المعالجة النانوية.
٢. تختلف كفاءة العزل الحراري باختلاف تركيز مادة المعالجة النانوية المستخدمة.
٣. تُسهم المعالجة النانوية في تحسين الخواص الحرارية والفيزيائية بوجه عام.

الإطار النظري:

يُعرّف العزل الحراري بأنه قدرة المادة على الحد من انتقال الحرارة بين الجسم والوسط المحيط، وهي خاصية تعتمد على طبيعة الألياف وبنية النسيج وسمكه وكثافته، حيث أن العزل الحراري للأقمشة بوصفه قدرة النسيج على الحد من انتقال الحرارة بين جسم الإنسان والبيئة المحيطة، وذلك من خلال التحكم في آليات انتقال الحرارة المتمثلة في التوصيل والحمل والإشعاع. وأن كفاءة العزل الحراري تتأثر بعدة عوامل بنائية، من أهمها سُمك القماش، ودرجة المسامية، ونوع الألياف المستخدمة، وطبيعة التركيب النسيجي. (Zhang,2018).

ويبرز مفهوم التدفئة الذاتية للأقمشة كأحد الاتجاهات الحديثة في تكنولوجيا المنسوجات الذكية، والذي يقوم على دمج مواد موصلة أو ماصة للحرارة مع الأنسجة لتوليد أو احتجاز الحرارة (Chen,2020).

ويعد الطين النانوي مادة واعدة يمكنها تعزيز الأداء الحراري للأقمشة من خلال تحسين التوصيل الحراري والاحتفاظ بالحرارة في الوقت ذاته (عبد الرحمن، ٢٠٢٢).

وعلى مستوى الخواص الحرارية، ينعكس خلط القطن بالألياف الأخرى على قدرة النسيج على تنظيم الحرارة والتهوية ونفاذية الهواء، وهي عناصر محورية في تقييم الراحة الحرارية للأقمشة. كما بينت الأبحاث أن البنية النسيجية للأقمشة القطنية

المخلوطة غالبًا ما تحتوي على مسامية متوازنة تسمح بحدوث تبادل حراري تدريجي، مما يجعلها خيارًا مناسبًا في البيئات متقلبة الحرارة. (Rahman et al,2021).

أما فيما يتعلق بفاعلية تطبيق المواد النانوية وخاصة الطين النانوي على الأقمشة القطنية المخلوطة، فقد تزايد الاهتمام البحثي خلال السنوات الأخيرة نحو فهم كيفية تفاعل الجسيمات النانوية مع البنية الهجينة للخامة. ويُعد قماش الكستور من الأقمشة الشتوية الكثيفة المستخدمة في الملابس الخارجية مثل المعاطف والسترات، ويتميز بلمس ناعم وخواص فيزيائية جيدة. إلا أنه يفتقر إلى الكفاءة العالية في العزل الحراري، مما يحد من استخدامه في درجات الحرارة المنخفضة جدًا (مصطفى، ٢٠٢٠).

حيث يعد استخدام الطين النانوي بوصفه مادة نانوية ذات تركيب طبقي مميز، يتيح تكوين مسارات معقدة تعيق انتقال الحرارة داخل النسيج. وأظهرت نتائج هذه الدراسات أن إدخال الطين النانوي إلى الأقمشة يساهم في زيادة مقاومة انتقال الحرارة، وتقليل الفقد الحراري، فضلًا عن تحسين بعض الخواص الميكانيكية.

وتتمتع الأقمشة القطنية المخلوطة بخصائص تجمع بين الراحة والمتانة وسهولة التشكيل، حيث تُعد أقمشة الكستور من الأقمشة الشائعة الاستخدام في الملابس اليومية. وأوضحت هذه الدراسات أن هذه الأقمشة، رغم تميزها بالنعومة والقدرة على امتصاص الرطوبة، تعاني من انخفاض نسبي في كفاءة العزل الحراري في حالتها التقليدية، الأمر الذي يستدعي إدخال معالجات وظيفية لتحسين أدائها الحراري.

ولذلك أشارت عدد من الدراسات إلى فاعلية الطين النانوي في تحسين الخواص الحرارية للأقمشة القطنية، وأهمية تقنيات النانو ودورها في إكساب الأقمشة خواص وظيفية متقدمة، مثل العزل الحراري، ومقاومة الماء، وتحسين المتانة. وأشارت هذه الدراسات إلى تنوع طرق معالجة الأقمشة باستخدام المواد النانوية، مثل طريقة الغمر، والطلاء، وتقنية (السول جيل)، حيث تختلف فاعلية كل طريقة باختلاف نوع القماش والمادة النانوية المستخدمة.

إجراءات البحث:

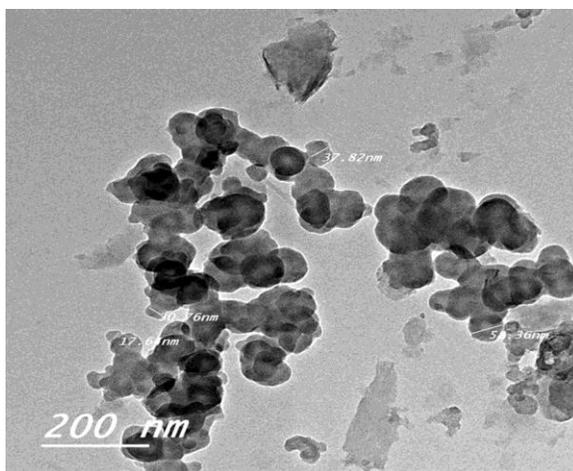
اعتمد البحث على المنهج التجريبي من خلال معالجة عينات من قماش الكستور والقطن المخلوط باستخدام محاليل تحتوي على تركيزات مختلفة من الطين النانوي، مع مقارنة نتائجها بعينات غير معالجة. وتم قياس الخصائص الفيزيائية والحرارية للأقمشة باستخدام أجهزة قياس انتقال الحرارة والموصلية الحرارية، كما تم تقييم ثبات الخواص بعد الغسيل. تطبيق البحث في الفترة من (٢٠٢٣م: ٢٠٢٥م) بمعامل كلية التربية النوعية جامعة المنصورة ومعامل المركز القومي للبحوث بالدقي.

تم إجراء اختبار تحليل التباين (ANOVA) لتقدير معنوية الاختلاف بين الخامات النسيجية المستخدمة وتركيزات مادة المعالجة المستخدمة للتحاليل المختلفة ولدراسة تأثير معنوية متغيرات البحث المختلفة على الخواص الوظيفية للأقمشة المستخدمة في البحث.

المواد المستخدمة بالبحث وطرق معالجتها:

تشتمل على أربع عينات من قماش الكستور والقطن المخلوط باستخدام (٨) قطع من القماش بمقاس ٤٠x٤٠سم حيث قُسمت إلى عينات ضابطة (خام) كما هو موضح مواصفاتها بجدول (١) وعينات معالجة بتركيزات (١%، ٢%، ٣%) من الطين النانوي لكل نوع:

- عدد (٢) من العينات هي العينة الخام.
- عدد (٢) من العينات المعالجة بالطين النانوي باختلاف التركيزات.
- المادة الطينية المستخدمة هي (طين الكاولينيت) والذي يُستخدم لتحضير الكاولين النانوي (NK).
- جميع المواد الكيميائية المستخدمة كانت من الدرجة المختبرية، واستُخدمت دون مزيد من التنقية.
- تم استخدام الماء المقطر في جميع التحضيرات.
- التركيب الكيميائي للكاولين النانوي هو $(2H_2O \cdot 7Al_2Si_2O)$
- خضع الكاولين لمعالجة حرارية عند ٨٠٠ درجة مئوية لمدة ساعتين في فرن كهربائي أوتوماتيكي لضمان التحلل الكامل والحصول على كاولين نانوي غير متبلور نشط $(7Al_2Si_2O)$.
- أُجريت هذه العملية في مختبر تقنية النانو التابع للمؤسسة الوطنية لأبحاث الإسكان والبناء (Morsy et al) (2010).
- تم فحص مورفولوجيا مسحوق الطين النانوي المُحضّر (الكاولين النانوي) باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ (JEOL، JEM-1230، اليابان، بجهد تسريع ١٢٠ كيلو فولت).
- تم الحصول على عينة التحليل بالمجهر الإلكتروني النافذ بوضع قطرة من محلول الغرواني على شبكة نحاسية مطلية بالكربون.
- جُففت العينات في درجة حرارة الغرفة وفُحصت باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ دون أي تعديل أو طلاء إضافي كما بالصورة رقم (١).
- كانت الخواص الفيزيائية لمادة الطين النانوي كالتالي: متوسط حجم الجسيمات (نانومتر): ١٠٠، ٥٠، ١٠ نانومتر، ومساحة السطح ($م^2/غ$): ٤٨، والكثافة الظاهرية ($كغ/م^3$): ١٩٠، واللون: كريمي فاتح.



صورة (١) توضح حجم جسيمات الطين النانوي بالميكروسكوب الالكتروني النافذ.

جدول (١) يوضح مواصفات الخامة النسيجية المستخدمة في البحث

sample	Type of material	cotton percentage	Textile composition	Thickness	Average weight per square meter (g/m ²)
C	blended cotton	33%	Plain 1/1	0.24	123.53
E	Mixed castor	90%	Twill 1/2	0.50	214.69

تجهيز الخامات ومعالجتها بالمادة النانوية:

▪ تجهيز القماش:

شراء القماش من شركة ديتكس للغزل والنسيج والتريكو بسندوب محافظة الدقهلية بمصر، وذلك بالمواصفة التي ذكرت بالجدول السابق والموضح به مواصفات الخامة النسيجية المستخدمة.. والجدول رقم (٢) يوضح رمز العينة ونوع الخامة المستخدمة وفقا لنتيجة اختبار التحليل الكمي للعينات تركيز مادة المعالجة لها:

جدول (٢) يوضح وصف العينات ومواد وتركيزات مادة المعالجة

رمز العينة	نوع الخامة المستخدمة وفقا لنتيجة اختبار التحليل الكمي للعينات	تركيز مادة المعالجة
C	عينة غير معالجة من قماش قطن مخلوط ٣٣% قطن ٦٧% بولي استر	العينة الخام الاولى
C1	عينة معالجة من قماش قطن مخلوط ٣٣% قطن ٦٧% بولي استر	معالجة بتركيز ١%
C2	عينة معالجة من قماش قطن مخلوط ٣٣% قطن ٦٧% بولي استر	معالجة بتركيز ٢%
C3	عينة معالجة من قماش قطن مخلوط ٣٣% قطن ٦٧% بولي استر	معالجة بتركيز ٣%
E	عينة غير معالجة من قماش الكستور المخلوط ٩٠% قطن ١٠% بولي استر	العينة الخام الاولى
E1	عينة معالجة من قماش الكستور المخلوط ٩٠% قطن ١٠% بولي استر	معالجة بتركيز ١%
E2	عينة معالجة من قماش الكستور المخلوط ٩٠% قطن ١٠% بولي استر	معالجة بتركيز ٢%
E3	عينة معالجة من قماش الكستور المخلوط ٩٠% قطن ١٠% بولي استر	معالجة بتركيز ٣%

■ معالجة الخامات:

١. تم استخدام ماء مقطر بنسبة ١ : ١٠ أي ١٠ مل ماء لكل جرام قماش.
٢. لتحضير تركيز ١% من مادة المعالجة (جرام لكل ١٠٠ مل ماء) تم استخدام ١٠,٢٨٩ جم من الطين النانوي.
٣. إضافة ١٠,٣ جم من مادة المعالجة الي ١,٠٢٨ لتر من الماء المقطر وتم التقليب جيدا عند درجة حرارة ٨٠ درجة مئوية وذلك من خلال (stirring heater).
٤. مزج المحلول جيداً وفي درجة ٨٠ درجة مئوية ثم نقع القماش وذلك لمدة ساعة.
٥. شطف القماش بالماء الجاري لمدة ثلاث دقائق بدون عصر.
٦. عصر القماش جيداً من محلول المعالجة باستخدام رول للعصر مفرود على سطح مائل للتخلص من الماء ومحلول المعالجة الزائد وتوزيعه بصورة متساوية على القماش.
٧. تجفيف العينات في الفرن الحراري على حرارة ١٠٠ درجة مئوية لمدة ٥ : ١٠ دقائق.
٨. لتحضير تركيز ٢% من مادة المعالجة فقد تم استخدام ٢٠,٥٧٩ جم من الطين النانوي. وتم تجهيز العينات بنفس الطريقة السابقة لتركيز ١% وفي نفس ظروف المعالجة. ولتحضير تركيز ٣% من محلول المعالجة فقد تم استخدام ٣٠,٨٦٧ جم من الطين النانوي.

■ الاختبارات المعملية:

- تضمنت المنهجية إجراء مجموعة من القياسات الطبيعية والميكانيكية واختبارات الأداء الوظيفي على كل من العينات الخام والعينات المعالجة نانويًا، وذلك وفقاً للمواصفات القياسية التالية:
١. وزن المتر المربع: تم القياس وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM D3776. لتقدير كمية الطين النانوي التي ترسبت داخل القماش بعد المعالجة، والتحقق من ثبات المعالجة النانوية.
 ٢. سمك العينات: تم القياس وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM D1777. حيث أن السمك عامل مهم في العزل الحراري؛ فالمعالجة النانوية قد تزيد من الفراغات الهوائية المحبوسة داخل الألياف أو تغلفها، مما يقلل من تسرب حرارة الجسم للخارج وتم قياس السمك لضمان أن خاصية التدفئة الذاتية لم تأت على حساب مرونة القماش.
 ٣. نفاذية الهواء: تم القياس وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM D737. عند دمج الطين النانوي قد يسد بعض مسام الأقمشة المعالجة لذا يخدم هذا الاختبار البحث في إيجاد التوازن بين سد المسام لزيادة التدفئة وبين السماح بمرور الهواء لضمان عدم تعرق المستخدم.
 ٤. درجة صلابة العينات: تم القياس وفقاً للمواصفة الأمريكية STM D1388 وذلك للتأكد من أن تركيزات الطين النانوي (١%، ٢%، ٣%) لم تعمل على تيبس القماش.
 ٥. معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية (UPF) أُجري الاختبار بمعمل الفوتومتري بمركز البحوث باستخدام جهاز "الاسبكتروفوتوميتر" وفقاً للمواصفة AATCC 183. التوصل إلى أن الطين النانوي لا يوفر التدفئة فقط ولكن يعمل على حماية جلد المستخدم.
 ٦. الموصلية الحرارية: تم القياس باستخدام جهاز Thermo Labo KES-F7 وفقاً للمواصفة ASTM C518. هدف البحث هو تقليل الموصلية الحرارية للعمل على لزيادة العزل وفي ذات الوقت زيادة التدفئة الذاتية.

النتائج والمناقشة:

- تم إجراء القياسات الطبيعية والميكانيكية بالنسبة للعينات محل البحث وجاءت النتائج كما هو واضح في الجدول رقم (٣). والذي يوضح متوسط النتائج لثلاث قراءات مختلفة من كل اختبار.

جدول (٣) يوضح نتائج اختبار القياسات الطبيعية للخامة المستخدمة قبل المعالجة وبعدها.

Average hardness Mg cm		Average air permeability (cm ³ /cm ² /sec	Average weight per square meter in g/m ²	Average sample thickness (mm)	Sample
Bending length weft	Bending length warp				
3.50	3.13	84.43	123.53	0.24	C
3.70	3.23	38.03	124.49	0.25	C1
3.73	3.67	27.73	128.06	0.25	C2
4.20	4.00	26.00	131.16	0.26	C3
3.27	4.30	52.87	214.69	0.50	E
3.90	4.00	44.17	218.13	0.51	E1
4.07	4.17	40.43	219.63	0.52	E2
4.17	4.20	31.03	224.51	0.52	E3

- تم إجراء اختبارات الخواص الوظيفية بالنسبة للعينات محل البحث والمتمثلة في (العزل الحراري ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية) وجاءت النتائج كما هو واضح في الجدول رقم (٤). والذي يوضح متوسط النتائج لثلاث قراءات مختلفة من كل اختبار.

جدول (٤) يوضح نتائج اختبار العزل الحراري ومقاومة العينات للأشعة فوق بنفسجية الضارة.

Thermal conductivity test results (W/cm. oC)	Heat Flow (W) test results	Results of the Ultraviolet (-) Protection (UPF) test	Sample
0.004656	4.78	4.50	C
0.004652	4.65	6.63	C1
0.004314	4.30	8.17	C2
0.004313	4.15	10.40	C3
0.004314	2.14	53.30	E
0.004024	1.99	73.29	E1
0.003974	1.92	116.39	E2
0.003755	1.79	220.10	E3

- تم عمل تحليل إحصائي لنتائج القياسات والاختبارات لمعرفة مدى الاختلاف بين العينات والتأكد من صحة الفرض وتم استخدام تحليل التباين (ANOVA) لتحديد معنوية الاختلاف بين العينات المختبرة وكانت قيمة (P) دالة معنويا عندما تكون أصغر من أو تساوي ٠,٠٥ وتكون (P) غير دالة معنويا عندما تكون أكبر من ٠,٠٥.
- تم عمل تقييم للجودة الكلية للعينات محل البحث وذلك لمعرفة أي من هذه العينات قد حققت أعلى تحسن في الخواص الوظيفية المطلوبة.

ويمكن توضيح أي من الاختبارات السابقة كان لها فروق معنوية بين النتائج للعينات المختبرة كما هو موضح في الجداول والأشكال التالية:

أولاً: الاختبارات الوظيفية:

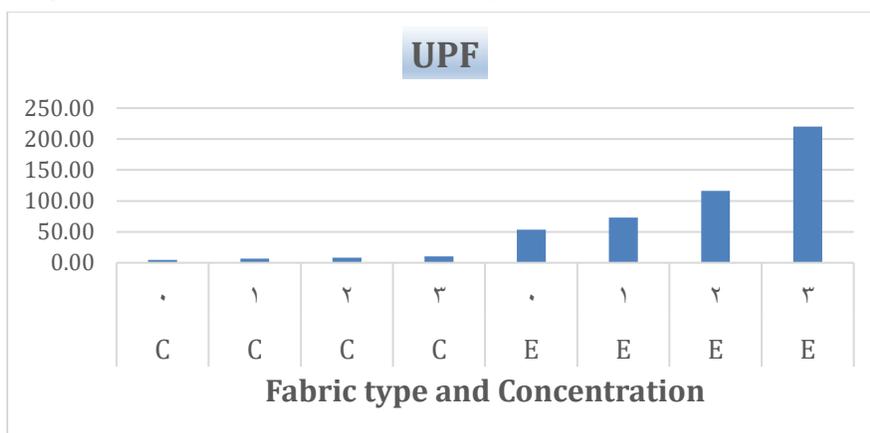
١. اختبار معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية.

جدول (٥) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لعامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية للعينات.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	23477	23477	23477	9.06	0.057
Concentration	3	8833	8833	2944	1.14	0.460
Error*	3	7778	7778	2593		
Total	7	40088				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (٥) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية بقيمة (0.057) بالنسبة لنوع الخامة، أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (0.460) وهذا يدل على أن (P. Value) أكبر من (٠,٠٥) مما يدل على أن تركيز مادة المعالجة على الخامة النسيجية المستخدمة ليس لها تأثير معنوي على معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية بالنسبة للعينات (C) أما في العينات (E) كان اختلاف تركيز مادة المعالجة لها تأثير معنوي على معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية. ويمكن توضيح نتائج تحليل التباين من خلال الشكل البياني رقم (١)



شكل (١) نتائج اختبار معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية.

يتضح من الشكل (١):

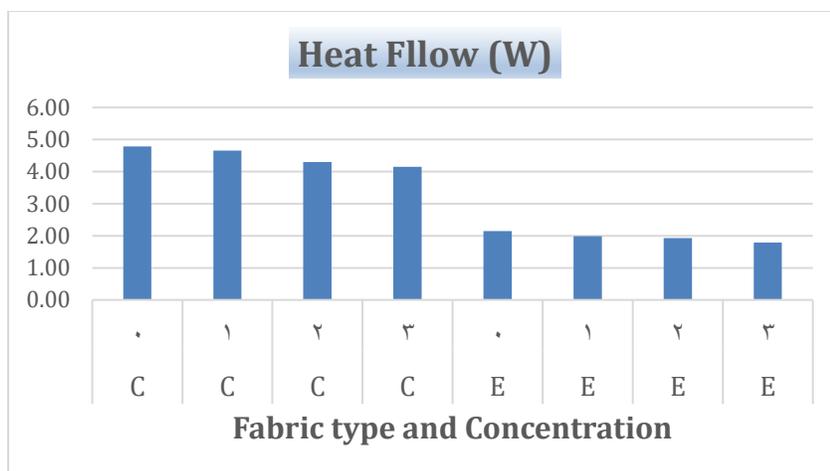
- أن زيادة تركيز مادة المعالجة على الخامة (C) ليس لها تأثير واضح على العينات محل البحث.
 - أما بزيادة تركيز مادة المعالجة على الخامة (E) يزداد معها معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية. وقد حققت أعلى معامل حماية عند استخدام تركيز ٣% من مادة النانو كلاي فقد بلغ معامل الحماية ٢٢٠,١٠ وهو رقم فوق ممتاز يجعل العينة قادرة على عمل حجب كامل للأشعة فوق البنفسجية الضارة. والعينات (E) يزداد فيها معامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية نظراً لأن نسبة القطن بها ٩٠% فمعدل امتصاصها أعلى وكذلك التركيب النسبي مبرد ٢/١ أكثر امتصاصاً لأن عدد تقاطعاته بالسهم أقل من السادة ١/١ العينات (C) وكذلك كان تركيز ٣% للعينة (E) أكثر حماية لنفس الأسباب.
٢. اختبار معامل التدفق الحراري.

جدول (٦) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لمعامل التدفق الحراري للعينات.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	12.6002	12.6002	12.6002	959.41	0.000
Concentration	3	0.2842	0.2842	0.0947	7.21	0.069
Error*	3	0.0394	0.0394	0.0131		
Total	7	40088				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (٦) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار معامل التدفق الحراري تساوي (٠,٠٠٠) وهي أقل من (٠,٠٥) مما يدل على أن نوع الخامة لها تأثير معنوي على معامل التدفق الحراري بالنسبة لنوع الخامة أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (٠,٠٦٩) وهي أكبر من (٠,٠٥) مما يدل على أن تركيز مادة المعالجة ليس لها تأثير معنوي على معامل التدفق الحراري للعينات. ومما سبق يتضح أن اختلاف نوع الخامة التي يتم معالجتها يكون لها تأثير معنوي في تحقيق أفضل الخواص الحرارية المطلوبة وهو ما يتوافق مع صحة الفرض بأن اختلاف نوع الخامة يؤثر على خواص الأداء الوظيفي. وتم توضيح ذلك بيانياً من خلال الشكل رقم (٢).



شكل (٢) نتائج اختبار معامل التدفق الحراري.

يتضح من الشكل (٢):

- أنه مع زيادة تركيز مادة المعالجة على الخامات محل البحث فإن معامل التدفق الحراري للعينات يقل مما يدل على أن الخامة أصبحت ذات قدرة على العزل الحراري أفضل وتحقيق الخواص الحرارية المطلوبة لأن خاصية التدفق الحراري هي من الخواص السالبة التي يتطلب فيها أن تقل النتائج عن العينة الخام حتي تحقق اعلي خواص ادائية مطلوبة وكلما قل معامل التدفق الحراري كلما زادة قدرة الخامة علي العزل الحراري وتحقيق التدفئة الذاتية المطلوبة وخصوصا مع الخامة (E) وهي خامة الكستور حققت نتائج أفضل في معامل التدفق الحراري عن الخامة (C).

٣. اختبار معامل التوصيل الحراري.

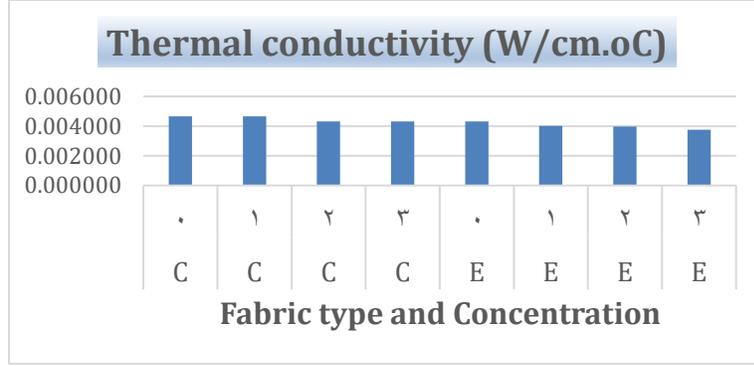
جدول (٧) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لمعامل التوصيل الحراري للعينات.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	0.0000004	0.0000004	0.0000004	39.68	0.008
Concentration	3	0.0000002	0.0000002	0.0000001	7.33	0.068
Error*	3	0.0000000	0.0000000	0.0000000		
Total	7	0.0000007				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (٧) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار معامل التوصيل الحراري بقيمة (0.008) بالنسبة لنوع الخامة مما يدل على ان نوع الخامة المستخدمة كانت لها تأثير معنوي على معامل التوصيل الحراري للعينات أما بالنسبة لتركيز مادة المعالجة فكانت (P. Value) بقيمة (0.068) وهذا يدل على أن (P. Value) بالنسبة لتركيز مادة المعالجة أكبر من (٠,٠٥) مما يدل على أن تركيز مادة المعالجة ليس لها تأثير معنوي على معامل التوصيل الحراري. ومما سبق يتضح أن اختلاف نوع الخامة المستخدمة في المعالجة كان لها تأثير في تحسين الخواص الوظيفية المطلوبة وهذا ما يتحقق معه صحة الفروض حيث أن توجد فروق ذات دلالة إحصائية في خاصية العزل الحراري بين الأقمشة القطنية المخلوطة

قبل وبعد المعالجة النانوية. وتوجد فروق ذات دلالة إحصائية بين الخامات النسيجية المستخدمة وتحقيق العزل الحراري. وأن كفاءة العزل الحراري تختلف باختلاف تركيز مادة المعالجة النانوية المستخدمة. وأن المعالجة النانوية تسهم في تحسين الخواص الحرارية والفيزيائية بوجه عام. وتم توضيح ذلك بيانيا من خلال الشكل رقم (٣).



شكل (٣) يوضح نتائج اختبار التوصيل الحراري للعينات.

يتضح من الشكل (٣):

- أن اختلاف نوع الخامة المستخدمة يؤدي إلى اختلاف في نتائج التوصيل الحراري وذلك بسبب اختلاف سمك العينات محل البحث مع زيادة تركيز مادة المعالجة على الخامات فإن معامل التوصيل الحراري للعينات يقل مما يحسن من خواص العزل الحراري لأن التوصيل الحراري من الخواص السالبة التي تحتاج الي انخفاض في درجات النتائج حتي تؤدي الي تحسن في الخواص ومن الشكل السابق نجد أن تركيز ٢% كان أفضل التركيزات علي الخامة (C) في خفض معامل التوصيل الحراري أما تركيز ٣% كان أفضل التركيزات علي الخامة (E) في خفض معامل التوصيل الحراري مما يدل على أن الخامة أصبحت ذات قدرة على العزل الحراري أفضل وتحقيق الخواص الحرارية المطلوبة ومعامل التوصيل الحراري مرتبط بمتوسط سمك العينات فمع زيادة سمك العينات يقل معامل التوصيل الحراري مما يجعل من الخامة القدرة على تحقيق العزل الحراري المطلوب.

ثانياً: الاختبارات الميكانيكية والطبيعية للعينات:

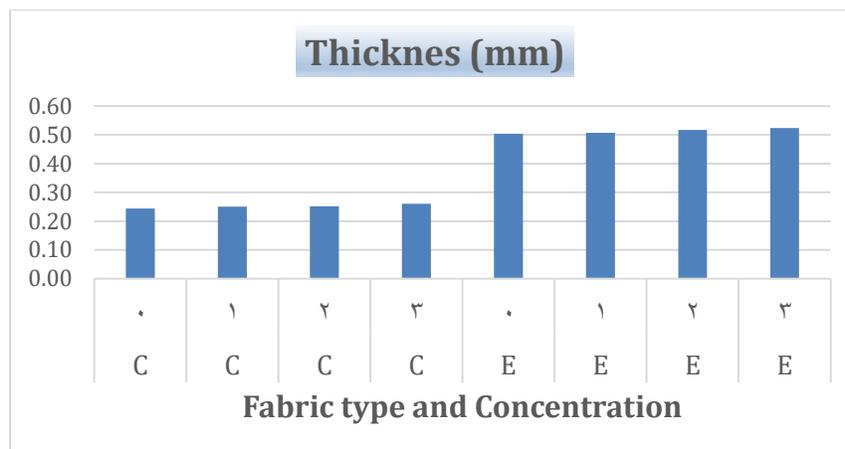
١. اختبار سمك العينات.

جدول (٨) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لسمك العينات.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	0.137813	0.137813	0.137813	11025.00	0.000
Concentration	3	0.000438	0.000438	0.000146	11.67	0.037
Error*	3	0.000038	0.000038	0.000013		
Total	7	0.138288				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (٨) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار سمك العينات بقيمة (٠,٠٠٠) بالنسبة لنوع الخامة أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (٠,٠٣٧) وهذا يدل على (P. Value) أقل من (٠,٠٥) مما يدل على أن نوع الخامة المستخدمة ونسبة تركيز مادة المعالجة كانت لها تأثير معنوي على سمك العينات.. وتم توضيح ذلك بيانياً من خلال الشكل رقم (٤).



شكل (٤) يوضح نتائج اختبار سمك العينات.

يتضح من الشكل (٤):

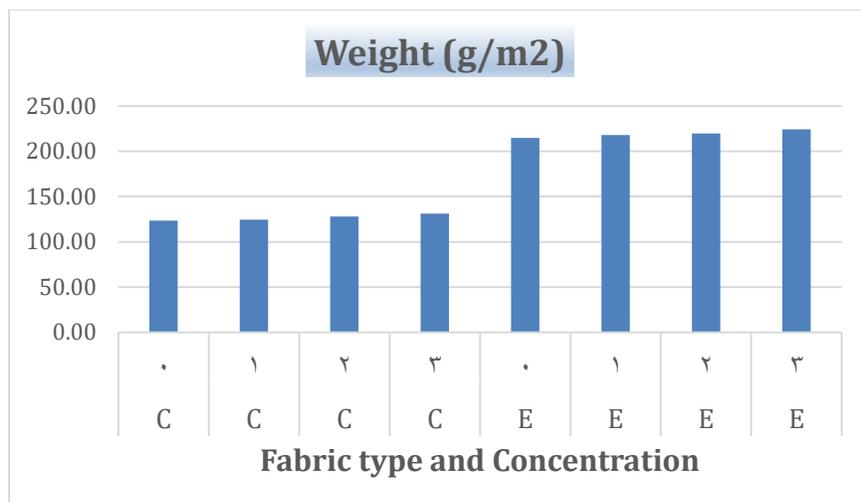
- أن مع زيادة تركيز مادة المعالجة على الخامات محل البحث يزداد معها سمك العينة. ويتضح أيضاً الخامة (C) أقل من الخامة (E) في السمك.
 - جاءت أقل العينات في السمك هي العينة (C) وهي العينة الخام ومتقارب معها في السمك باقي العينات (C) والمعالجة بالتركيزات المختلفة من مادة المعالجة.
 - أكثر العينات سمكاً فكانت العينة (E3) وهي العينة الكستور المعالجة بتركيز ٣%. وهناك فرق واضح في سمك الخامتين المستخدمتين في البحث وذلك يرجع للتركيب النسجي المستخدم وكذلك نسبة خلط الياف القطن.
٢. اختبار وزن المتر المربع للعينات:

جدول (٩) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لوزن العينات.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	17086.6	17086.6	17086.6	21985.77	0.000
Concentration	3	84.2	84.2	28.1	36.09	0.007
Error*	3	2.3	2.3	0.8		
Total	7	17173.1				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (٩) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار وزن العينات بقيمة (٠,٠٠٠) بالنسبة لنوع الخامة أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (0.007) وهذا يدل على (P. Value) أقل من (٠,٠٥) مما يدل على أن نوع الخامة المستخدمة ونسبة تركيز مادة المعالجة كانت لها تأثير معنوي على وزن العينات.. وتم توضيح ذلك بيانياً من خلال الشكل رقم (٥).



شكل (٥) يوضح نتائج اختبار وزن العينات.

يتضح من الشكل (٥):

- أن مع زيادة تركيز مادة المعالجة على الخامات محل البحث يزداد معها وزن العينة.
- يتضح أيضا الخامة (C) أقل من الخامة (E) في الوزن. وكانت أقل العينات في الوزن هي العينة (C) وهي العينة الخام ومتقارب معها في السمك باقي العينات (C) والمعالجة بالتركيزات المختلفة من مادة المعالجة.
- أكثر العينات وزناً فكانت العينة (E3) وهي العينة الكستور المعالجة بتركيز ٣%. وهناك فرق واضح في وزن الخامتين المستخدمتين في البحث وذلك يرجع للتركيب النسجي المستخدم وكذلك نسبة خلط ألياف القطن وكذلك اختلاف سمك العينات. وتم اختيار وزن وسمك مختلف للخامات يكون أعلى وأقل وذلك عن قصد لتحديد تأثير مادة المعالجة على الوزن والسمك الأعلى والأقل.

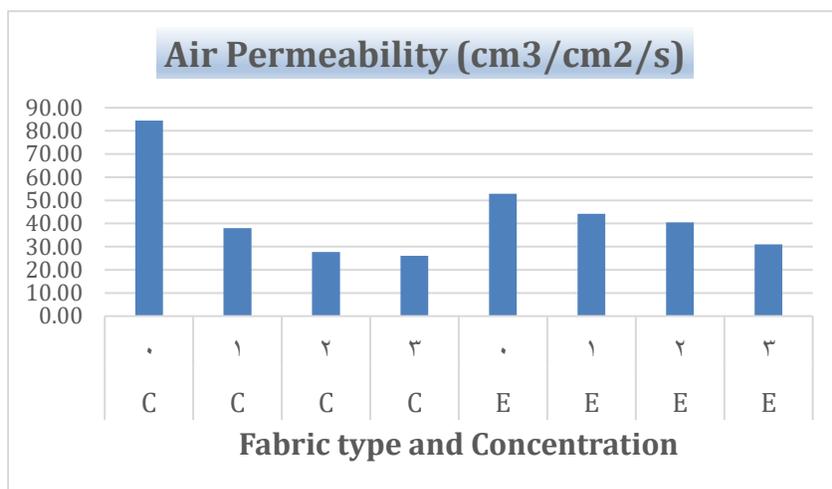
٣. اختبار نفاذية الهواء للعينات.

جدول (١٠) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لاختبار نفاذية الهواء للعينات.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	7.4	7.4	7.4	0.04	0.860
Concentration	3	1901.8	1901.8	633.9	3.16	0.185
Error*	3	602.8	602.8	200.9		
Total	7	2511.9				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (١٠) يتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار نفاذية الهواء بقيمة (0.860) بالنسبة لنوع الخامة أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (0.185) وهذا يدل على (P. Value) أكبر من (٠,٠٥) مما يدل على أن نوع الخامة المستخدمة ونسبة تركيز مادة المعالجة ليس لها تأثير معنوي على نفاذية الهواء بالنسبة للعينات محل البحث. وتم توضيح ذلك بيانياً من خلال الشكل رقم (٦).



شكل (٦) يوضح نتائج اختبار نفاذية الهواء للعينات.

يتضح من الشكل (٦):

- أنه كلما زاد تركيز مادة المعالجة على الخامات المستخدمة فإن نفاذية الهواء تقل وهذه الخاصية أيضاً من الخواص السالبة التي تتطلب أن يقل معها نتائج الاختبار مما يدل على تحسن في الخواص المطلوبة.
- أن الخامة (E) أقل في نفاذية الهواء من الخامة (C) وأصبحت أقل مع المعالجة النانونية لها مما يؤدي الي تحسن الخواص الحرارية لهذه العينات.
- أقل العينات في نفاذية الهواء كانت العينة (C3) وتليها العينة (C2) ثم العينة (E3).
- أعلى العينات نفاذية للهواء فكانت العينة (C0) وهي العينة الغير معالجة ويليهما العينة (E0) وهي العينة الغير معالجة. ويرجع ذلك لاختلاف سمك العينات واختلاف التركيب النسجي لها.

٤. اختبار صلابة العينات:

جدول (١١) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لاختبار صلابة العينات في اتجاه السداء.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	0.87120	0.87120	0.87120	10.26	0.049
Concentration	3	0.28045	0.28045	0.09348	1.10	0.469
Error*	3	0.25470	0.25470	0.08490		
Total	7	1.40635				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

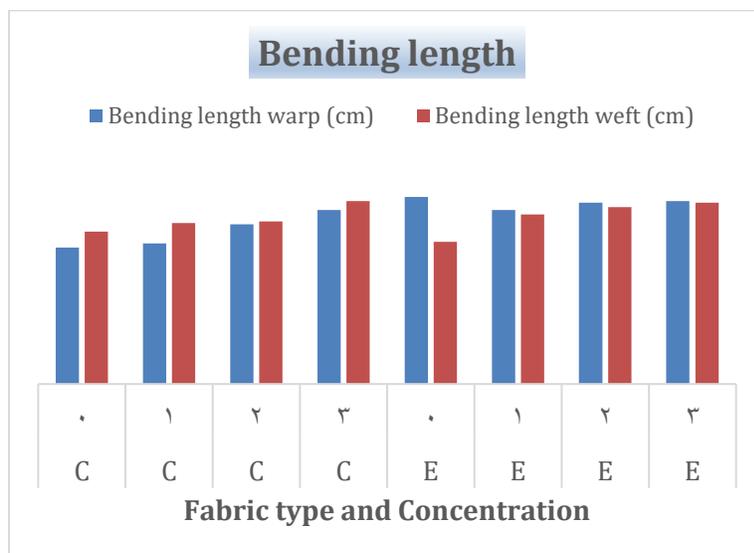
من خلال جدول (١١) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار وزن العينات بقيمة (0.049) بالنسبة لنوع الخامة مما يدل على أن نوع الخامة المستخدمة لها تأثير معنوي على صلابة العينات في اتجاه السداء. أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (0.469) وهذا يدل على (P. Value) بالنسبة لتركيز مادة المعالجة أكبر من (٠,٠٥) مما يدل على أن تركيز مادة المعالجة ليس لها تأثير معنوي على صلابة العينات. وتم توضيح ذلك بيانيا من خلال الشكل رقم (٧).

جدول (١٢) يوضح تحليل التباين (ANOVA) لاختبار صلابة العينات في اتجاه اللحمة.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Fabric type	1	0.00980	0.00980	0.00980	0.31	0.617
Concentration	3	0.65845	0.65845	0.21948	6.94	0.073
Error*	3	0.09490	0.09490	0.03163		
Total	7	0.76315				

* يُشير الخطأ التجريبي (Error) إلى مدى دقة القياسات وتجانس ظروف التجربة.

من خلال جدول (١٢) اتضح أن المعنوية المحسوبة (P. Value) كانت في اختبار وزن العينات بقيمة (0.617) بالنسبة لنوع الخامة أما بالنسبة للتركيز فكانت (P. Value) بقيمة (0.073) وهذا يدل على (P. Value) أكبر من (٠,٠٥) مما يدل على أن نوع الخامة المستخدمة ونسبة تركيز مادة المعالجة ليس لها تأثير معنوي على صلابة العينات في اتجاه اللحمة.



شكل (٧) يوضح نتائج اختبار الصلابة للعينات.

يتضح من الشكل (٧):

- أن نسبة الصلابة في الخامة (E) كانت أعلى من نسبة الصلابة في الخامة (C).
- مع المعالجة النانوية للخامتين قد زادت درجة الصلابة في اتجاه السداء بالنسبة للخامة (C).
- مع زيادة تركيز مادة المعالجة وأصبحت أقل في الخامة (E) بعد المعالجة لها.

- أما نسبة الصلابة في اتجاه اللحمة كانت أعلى في الخامة (C) عن الخامة (E) ومع زيادة تركيز مادة المعالجة بالنسبة للخامتين فإن نسبة الصلابة في اتجاه اللحمة تزداد في كلا.
- أن مادة المعالجة المستخدمة كان لها تأثير في تحسين الخواص الطبيعية والميكانيكية للخامات المستخدمة في الدراسة. وهذا ما يتحقق معه صحة الفروض السابق ذكرها في أن اختلاف نوع الخامة المستخدمة في المعالجة لها تأثير على الخواص الوظيفية والطبيعية للعينات وكذلك اختلاف تركيز مادة المعالج المستخدمة يؤثر على الخواص الادائية للخامات المعالجة.

ومما سبق يمكن تحديد أي من هذه العينات قد حققت أفضل تحسن في الخواص الادائية من خلال تقييم الجودة الكلية للعينات من خلال الجدول رقم (١٣):

- تم عمل تقييم جودة كلية للعينات المنتجة تحت البحث وذلك بتحويل نتائج الاختبارات المقاسة الي (Plus) وكلما كان هناك تحسن في الخواص الوظيفية كلما حصل الاختبار على عدد أعلى من (Plus) وإذا كان هناك ضعف في تحسن الخواص الوظيفية تحصل على عدد أقل من (Plus) وفي النهاية تم حساب متوسط عدد ال (Plus) وتحويله إلى نسبة مئوية.

جدول (١٣) يوضح تقييم الجودة الكلية للعينات

Fabric type	Concentration	UPF	Heat Flow %	Thermal conductivity	Thicknes	Weight	Air Permeability %	Bending length warp	Bending length %w/eff	Quality Factor	Rank
C	C0	2.0	27.2	80.7	23.8	46.4	100.0	100.0	93.3	59.2	5
C	C1	3.0	28.0	80.7	24.4	46.8	45.0	96.9	88.3	51.7	6
C	C2	3.7	30.3	87.1	24.6	48.1	32.8	85.5	87.5	50.0	7
C	C3	4.7	31.4	87.1	25.4	49.3	30.8	78.3	77.8	48.1	8
E	E0	24.2	60.8	87.1	49.2	80.7	62.6	72.9	100.0	67.2	4
E	E1	33.3	65.6	93.3	49.5	82.0	52.3	78.3	83.8	67.3	3
E	E2	52.9	67.8	94.5	50.5	82.6	47.9	75.2	80.3	69.0	2
E	E3	100	72.7	100.0	51.1	84.4	36.8	74.6	78.4	74.7	1

يتضح من جدول (١٣):

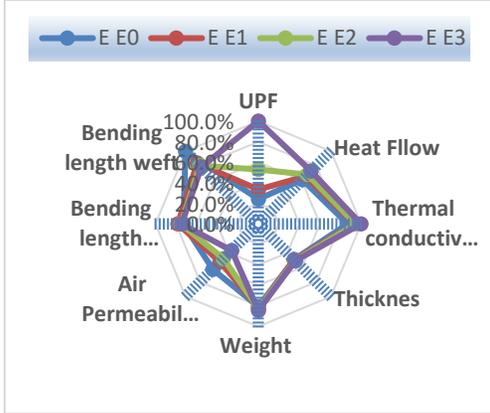
- أن أفضل خامة قد حققت الخواص الادائية المطلوبة هي الخامة الثانية (E3) وهي خامة الكستور ذات التركيب النسيجي المبرد وهي الخامة المعالجة بتركيز ٣% من مادة المعالجة.
- أقل خامة قد حققت الخواص المطلوبة وهي الخامة (C3) وهي خامة القطن المخلوطن بنسبة ٣٣% قطن والمعالجة بتركيز ٣% من مادة المعالجة بتركيب نسيجي سادة ١/١.
- من خلال جدول تقييم الجودة الكلية للعينات يظهر لنا بعض الخواص الموجبة والتي تكون فيها أعلى قيمة للنتائج هي المطلوب تحقيقها والتي تتمثل في خواص (الوزن والسلك ونفاذية الهواء ومعامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية)، وبعض الخواص السالبة والتي تكون فيها أقل قيمة للنتائج هي الخواص المطلوب تحقيقها والتي تتمثل في خواص (الصلابة ومعامل التدفق الحراري ومعامل التوصيل الحراري).

تم تحديد الخواص السالبة والموجبة بناءً على الوظيفة المطلوبة حيث أن الخواص الموجبة تحصل فيها العينات علي نتائج أعلى للاختبار والتي تتمثل في خواص (الوزن والسلك ونفاذية الهواء ومعامل الحماية من الأشعة فوق البنفسجية) ، بعض الخواص السالبة التي تكون فيها أقل قيمة للنتائج هي الخواص المطلوب تحقيقها والتي تتمثل في خواص (الصلابة ومعامل التدفق الحراري ومعامل التوصيل الحراري) ويكون ذلك هو الأفضل بالنسبة للاختبار المقاس كما هو موضح بالجدول رقم (١٤) وتم تمثيلها باستخدام أشكال الرادار (Radar Charts) متعددة المحاور شكل(٨: ١٣) فالخواص الموجبة وهي التي تمثل باللون الأحمر في الجدول أما الخواص السالبة والتي تمثل باللون الأزرق.

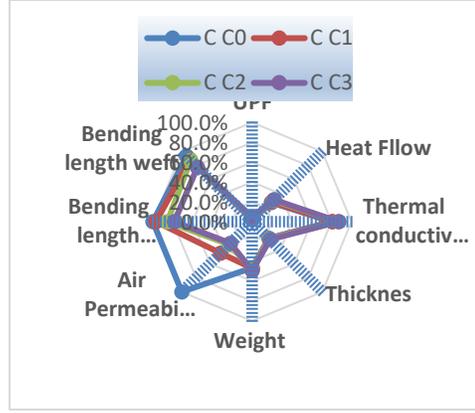
جدول (١٤) يوضح الخواص الوظيفية الموجبة والخواص السالبة

Fabric type	Concentration %	UPF	Heat Flow (W)	Thermal conductivity	Thicknes (mm)	Weight (g/m ²)	Air Permeability (cm ³ /cm ² /s)	Bending length warp (cm)	Bending length weft (cm)
C	C0	4.50	4.78	0.004656	0.24	123.53	84.43	3.13	3.50
C	C1	6.63	4.65	0.004652	0.25	124.49	38.03	3.23	3.70
C	C2	8.17	4.30	0.004314	0.25	128.06	27.73	3.67	3.73
C	C3	10.40	4.15	0.004313	0.26	131.16	26.00	4.00	4.20
E	E0	53.30	2.14	0.004314	0.50	214.69	52.87	4.30	3.27
E	E1	73.29	1.99	0.004024	0.51	218.13	44.17	4.00	3.90
E	E2	116.39	1.92	0.003974	0.52	219.63	40.43	4.17	4.07
E	E3	220.10	1.79	0.003755	0.52	224.51	31.03	4.20	4.17

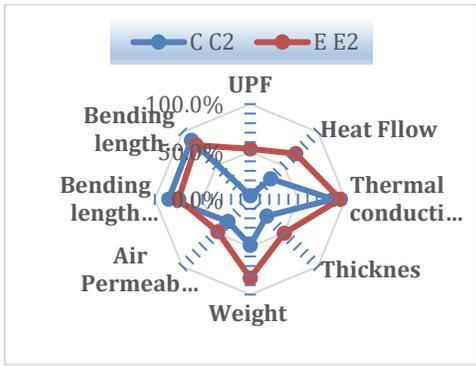
بناءً عليه يمكن تمثيل الخواص السابقة في الأشكال الرادارية الآتية:



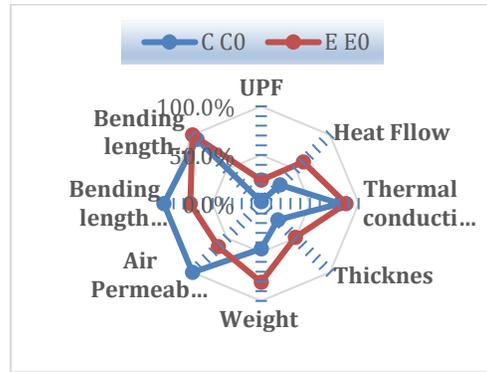
شكل (٩) يوضح معامل الجودة الكلية للخمسة (E).



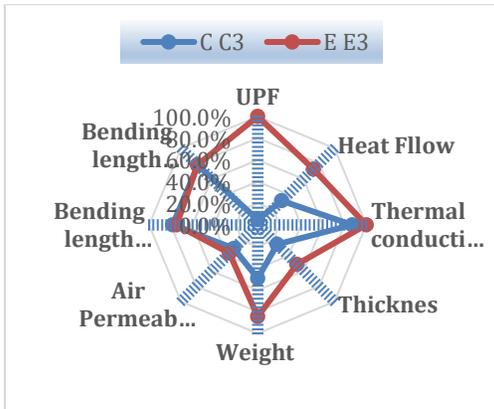
شكل (٨) يوضح معامل الجودة الكلية للخمسة (C).



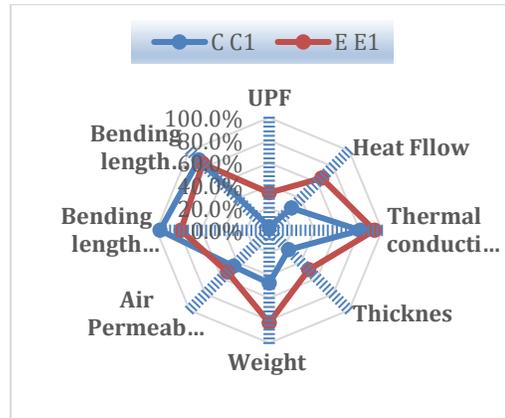
شكل (١١) معامل الجودة الكلية للعينات المعالجة بتركيز ١%.



شكل (١٠) معامل الجودة الكلية للعينات الخام.



شكل (١٣) معامل الجودة الكلية للعينات المعالجة بتركيز ٣%.



شكل (١٢) معامل الجودة الكلية للعينات المعالجة بتركيز ٢%.

يتضح من شكل (٨ : ١٣):

- أن الخامة (E3) قد حققت أعلى معامل جودة كلية أما الخامة (C3) قد حققت أقل معامل جودة.
- أن العينات E نسبة القطن بها ٩٠ % فمعامل امتصاصها أعلى وكذلك التركيب النسجي مبرد ٢/١ أكثر امتصاصا لأن عدد تقاطعاته بالسهم أقل من السادة ١/١ العينات C وكذلك كان تركيز ٣% للعيينة E أكثر تحسن في الخواص الوظيفية لنفس الأسباب. وتوضح الأشكال التالية الفروق بين الخامتين مع اختلاف التركيزات على الخواص المقاسة.

الخلاصة:

توصل البحث إلى:

- أن استخدام مادة الطين النانوي في معالجة الخامات القطنية المخلوطة كان لها تأثير ملحوظ في تحسين الخواص الوظيفية لهذه الخامات والمتمثلة في خامة القطن المخلوط بنسبة (٣٣%) قطن؛ والكستور المخلوط بنسبة ٩٠% قطن.
- تغيير تركيز مادة المعالجة كان له تأثير في مدى استجابة الخامات للتحسن في الخواص والوظيفية المطلوبة وتوصلت نتائج الدراسة الي ان استخدام تركيز ٣% من مادة النانو كلاي على الخامة (E) وهي خامة الكستور المخلوط بنسبة ٩٠% قطن و ١٠% بولي استر قد حققت أعلى معامل جودة كلية وتحسن كبير في الخواص الوظيفية المطلوبة بينما كان تركيز ٣% على الخامة (C) وهي القطن المخلوط بنسبة ٣٣% قطن و ٦٧% بولي استر كانت أقل العينات تحسن في الخواص الوظيفية المطلوبة. وأن خامة الكستور قد حققت تحسن كبير في الخواص الوظيفية المطلوبة مع التركيزات الثلاثة المستخدمة من مادة المعالجة وكانت أفضل من خامة القطن المخلوط بنسبة ٣٣%.

التوصيات:

- التوسع في دراسة أنواع مختلفة من النانو كلاي وتأثيرها على الأقمشة الطبيعية والصناعية.
- تطوير تقنيات معالجة صديقة للبيئة وسهلة التطبيق الصناعي.
- دراسة التوافق بين النانو-كلاي ومواد أخرى مثل PCM أو الجرافين.
- إجراء دراسات طويلة المدى حول ثبات الخواص بعد الاستخدام والغسيل.
- التعاون بين المؤسسات البحثية والصناعية لتطبيق النتائج عملياً.

المراجع العربية:

- العبد، م. ع. (٢٠٢٠). تأثير المعالجات النانوية على الخواص الحرارية للأقمشة القطنية. مجلة علوم النسيج والملابس، ١٢(٣)، ٤٥-٥٨.
- عبد الرحمن، أ. ح. (٢٠١٨). الراحة الحرارية وعلاقتها بالتركيب البنائي للأقمشة. القاهرة: دار الفكر العربي.
- عبد الرحمن، أ. م. (٢٠٢٢). تأثير دمج النانو-كلاي مع المواد الماصة للحرارة على ثبات الخواص الوظيفية للأقمشة. مجلة بحوث التربية النوعية، ٢٨(٢)، ١٠١-١١٥.
- السيد، أ. م. (٢٠٢٠). تطبيقات المواد النانوية في تحسين خواص الأقمشة الوظيفية. مجلة علوم المنسوجات، ١٢(٢)، ٤٥-٦٠.
- علي، م. أ. (٢٠١٩). تقنيات النانو وتطبيقاتها في صناعة المنسوجات. القاهرة: دار الفكر العربي.
- حسن، ك. س. (٢٠٢٣). دور الطين النانوي في تحسين مقاومة الأقمشة للعوامل البيئية. مجلة التصميم والعلوم التطبيقية، ١٥(١)، ٧٧-٩٠.
- خليل، م. إ. (٢٠٢١). المنسوجات الذكية وتطبيقاتها في الملابس الواقية. الإسكندرية: المكتب الجامعي الحديث.
- شريف، ن. م. (٢٠٢٢). استخدام المواد النانوية في تطوير الأقمشة الذكية ذات العزل الحراري. مجلة علوم وتكنولوجيا المنسوجات، ٩(٤)، ١٣٣-١٤٧.
- مصطفى، أ. ي. (٢٠٢٠). تقييم الخواص الفيزيائية والحرارية للأقمشة الشتوية الثقيلة. مجلة الاقتصاد المنزلي، ٣٠(٣)، ٨٥-١٠٢.
- مصطفى، ر. ع. (٢٠٢٠). تطوير أقمشة شتوية باستخدام تقنيات النانو لتحسين العزل الحراري (رسالة ماجستير غير منشورة). كلية الاقتصاد المنزلي، جامعة حلوان، مصر.

المراجع الأجنبية:

- Chen, Y. (2020). Thermal regulation performance of nano clay-based smart textiles. *Journal of Textile Engineering*, 66(2), 89–98. <https://doi.org/10.4188/jte.66.89>
- Chen, Y. (2020). Self-heating textiles based on smart materials: A review. *Advanced Textile Materials*, 5(2), 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.atm.2020.03.005>
- Fang, G., Li, H., & Chen, Z. (2006). Preparation and thermal properties of nano clay-enhanced phase change materials. *Energy and Buildings*, 38(4), 377–381. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.07.005>
- Fang, Q., Hanna, M. A., & Rao, S. S. (2006). Thermal and mechanical properties of polymer–clay nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(4), 3562–3569. <https://doi.org/10.1002/app.24789>
- Havenith, G., den Hartog, E., & Martini, S. (2015). Clothing systems for thermal comfort. *Ergonomics*, 58(5), 1–15. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.990072>
- Kumar, R. (2021). Thermal performance of textiles treated with nano clay and graphene oxide composites. *Journal of Industrial Textiles*, 50(8), 1205–1220. <https://doi.org/10.1177/1528083720901234>
- Li, Y., Zhang, C., & Wang, X. (2018). Thermal insulation behavior of moisture-absorbing textiles under dynamic conditions. *Textile Research Journal*, 88(14), 1601–1612. <https://doi.org/10.1177/0040517517712094>
- Morsy, M. S., Alsayed, S. H., & Aqel, M. (2010). Effect of nano-clay on mechanical properties and microstructure of ordinary Portland cement mortar. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 10, 21–25.
- Park, J. H. (2019). Functional finishing of natural fabrics using nano clay for cold weather protection. *Fibers and Polymers*, 20(3), 512–519. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-8456-3>
- Rahman, M. M., Alimuzzaman, S., & Islam, M. T. (2021). Thermal comfort behavior of blended cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 91(13–14), 1623–1635. <https://doi.org/10.1177/0040517521992345>
- Uddin, F. (2024). Nano clay applications in smart and functional textiles. *Advanced Materials Research*, 1182, 55–63. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1182.55>
- Uddin, F. (2024). Nanotechnology in textile engineering: Recent advances and future perspectives. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1450–1458. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.12.018>
- Zhang, C. (2018). Enhancement of thermal retention properties of fibers using nanomaterials. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1234–1240. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.210>
- Zhang, C., Li, Y., & Wang, X. (2020). Numerical simulation of heat and moisture transfer in multilayer textile structures treated with nanomaterials. *Textile Research Journal*, 90(9–10), 987–999. <https://doi.org/10.1177/0040517519887564>

Improving the performance properties of some blended cotton fabrics and giving them the property of thermal insulation and self-heating using nano clay.

Pro. Dr. Amira Abdullah Nour El-Din¹, Pro. Dr. Wafaa Mohamed Samaha², Pro. Dr. Naglaa Mohamed Madi³, Pro. Dr. Mohamed Ezzat Mohamed⁴, Hadeer Lotfy Ahmed Abdelkader⁵.

1. Department of Home Economics / Faculty of Specific Education / Mansoura University - Egypt
dr_amira_20@yahoo.com.
2. Department of Home Economics / Faculty of Specific Education / Mansoura University – Egypt.
dr_wafaa_s@yahoo.com.
3. Department of Home Economics / Faculty of Specific Education / Mansoura University - Egypt
naglaamady@mans.edu.eg.
4. Department of Textile Engineering / Faculty of Engineering and Textile Research and Technology Institute / Alexandria University / National Research Centre - Egypt
mezzat2012@gmail.com.
5. Department of Home Economics / Faculty of Specific Education / Mansoura University – Egypt.
hadeerghoneem@mans.edu.eg

***Corresponding Author: Hadeer Lotfy Ahmed Abdelkader - hadeerghoneem@mans.edu.eg.**

Abstract:

The research aimed to improve the performance properties of some blended cotton fabrics and impart thermal insulation and self-heating properties using nanoclay, as well as determining the best concentration of the material to achieve the best functional properties. A 3% concentration of nanoclay was used on blended flannelette (E) consisting of 90% cotton and 10% polyester, which achieved the highest overall quality factor and a significant improvement in the functional properties. Meanwhile, using a 3% concentration on blended cotton (C) consisting of 33% cotton and 67% polyester resulted in the least improvement in the functional properties. The results concluded that the use of nanoclay represents an effective trend for improving the performance of thermal fabrics without a negative impact on their mechanical or aesthetic properties. The research recommends that this material can be utilized in manufacturing smart textiles that provide high thermal comfort and self-heating suitable for extreme climatic conditions.

Keywords: nanoclay; thermal insulation of fabrics; self-heating textiles; performance properties of castor fabrics.