مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 40- العدد 1 (2024) 54-64

Damascus University Journal for engineering sciences
Vol 40 No.1 (2024):54-64

تقييم عملية صباغة الأقمشة القطنية باستخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية

د. خليل الحلبي

مدرّس في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

الملخص

تعتبر الصباغة من أكثر العمليات أهمية في المعالجات الرطبة للمواد النسيجية،وهي ذات مشاكل عديدة تتمثل بالآثار البيئية الضارة الناجمة عن هذه العملية وزيادة معدلات استهلاك المياه والطاقة فيها، ووفقاً لذلك فقد استخدمت تقنيات جديدة للحد من هذه المشاكل كتقنية الأمواج فوق الصوتية. يهدف هذا البحث لدراسة أثر استخدام الأمواج فوق الصوتية إضافة لتركيز مادة الصباغ ودرجة الحرارة على عملية الصباغة، حيث تمت صباغة عينات قطنية 100% ذات تركيب نسجي سادة 1/1 باستخدام أحد الأصبغة النشطة بتركيزين للصباغ (1% و 5%) عند درجتي حرارة لحمام الصباغة (50Ċ و 60Ċ) وذلك بالطريقة التقليدية وباستخدام الأمواج فوق الصوتية. تم الاعتماد على تقنية معالجة الصور لتحديد عدد نقاط الصورة للعينات المصبوغة (pixels) والذي اعتبر كمؤشر لتحديد درجة عمق اللون وكمتحول تابع في البحث، كما قيست ثباتية لون العينات المصبوغة للغسيل. بينت نتائج التحليل الإحصائي للبيانات عند مستوى دلالة إحصائي 5% أهمية تأثير طريقة الصباغة وكل من عاملي التركيز ودرجة الحرارة والتداخل المشترك لهذه العوامل على المتحول التابع، وقد حققت الصباغة بالأمواج فوق الصوتية عند ظروف التجربة المختارة عمقاً أكبر للون وحسنت من ثباتية اللون للغسيل مقارنة مع الصباغة التقليدية. وكما أظهرت النتائج أن التقنية المقترحة في البحث قللت الزمن الضروري لإتمام عملية الصباغة وأعطت تقريباً عند درجة حرارة الصباغة 50Ċنفس عدد النقاط (pixels) الموجودة في صورة العينات المصبوغة تقليدياً لكن بتركيز صباغ أقل وهذا بدوره يدعم الجانب الاقتصادي لهذه التقنية.

الكلمات المفتاحية: المعالجات الرطبة، صباغ نشط، الأمواج فوق الصوتية، معالجة الصورة، عدد نقاط الصورة.

تاريخ الإيداع: 2022/6/14
تاريخ القبول: 2022/9/19

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص **CC BY-NC-SA 04**

Evaluation of Cotton Fabric Dyeing Process Using Ultrasound Waves Technique

Dr. Eng. Khalil Alhalabi

Lecturer, Department of Mechanical Engineering of Textile Industries and their technologies, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

Received: 14/6/2022
Accepted: 19/9/2022

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

Abstract

Dyeing is considered to be the most important process of textile wet processing, many of whose problems are the harmful effects on environment and the consumption of huge amounts of water and energy; accordingly new techniques such as the ultrasound waves (US waves) were used to avoid these problems. This research aims to investigate the effect of using US waves on dyeing process. Dye concentration and temperature of dye bath were also studied. 100% cotton samples with plain weave 1/1 were dyed traditionally and by using US waves. Reactive dye with two different concentrations (1% and 5%) and two different temperatures (50°Cand60°C) were set as the condition of dyeing process. In this study, image processing technique was used to determine the number of points of each sample image (pixels) which was considered as a measure of color intensity and taken as a dependent factor. Color fastness of dyed samples to washing was also carried out. Analyzing the results statistically at a significance level of 5% proved that dyeing method, dye concentration, process temperature and these factor interactions have affected the dependent factor. Furthermore, dyeing with US waves at the selected conditions increased the color intensity and improved color fastness of dyed samples to washing comparing with traditional dyeing. Moreover, it was found that the new technique minimized the necessary time to complete the dyeing process and gave at dyeing temperature of 50°Cnearly the same (pixels) of traditionally dyed samples but at less dyeconcetrationwhich in turn support the economical aspect of this method.

Key words: Wet processing, Reactive dye, Ultrasound waves, Image processing, Pixels.

المقدمة

تم السعي في السنوات الأخيرة لتطوير تقنيات جديدة صديقة للبيئة من أجل استخدامها في الصناعات النسيجية وذلك بغية تقليل معدل استهلاك الطاقة واستهلاك المياه مما يحقق بالنهاية وفراً للمنشأة الصناعية، إضافة لتحسين خواص المنتج النهائي. لقد شاع استخدام الأمواج فوق الصوتية في الكثير من المجالات إذ تعتبر إحدى الحلول المستخدمة لرفع مردود المعالجات الرطبة للمواد النسيجية وذلك من خلال مؤشر معدل انتقال كتلة المادة المضافة كالصباغ مثلاً باتجاه الأجزاء الداخلية للمواد النسيجية حيث غالباً ما يكون هذا المؤشر في عمليات التحضير والتجهيز النائي التقليدية منخفضاً ولهذا تحتاج إلى زمن أطول وكميات إضافية من الماء والمواد الكيميائية[1,2]. لقد بدأ استخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية في صباغة الألياف النسيجية بأنواع الأصبغة المناسبة لها في العام 1941 حيث زادت عمليات صباغة ألياف البولي أميد والأسيتات بأصبغة الديسبرس بهذه التقنية بشكل كبير وأعطت تجانساً أفضل للون، كما أعطت صباغة ألياف البوليستر بأصبغة الديسبرس أيضاً باستخدام هذه التقنية نتائج إيجابية مقارنة مع صباغتها بالطريقة التقليدية. لقد جذبت نتائج استخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية العديد من الباحثين واتسع نطاق الأبحاث ليشمل الكثير من المعالجات الرطبة الأخرى. فقد درسMia "*et al.*" وآخرون الجانب البيئي لاستخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية في عمليات الصباغة وعملية إزالة اللون وقد خلصت الدراسة إلى أن استخدام الأمواج فوق الصوتية في المعالجات الرطبة قد أحدث وفراً في مصاريف الطاقة وخفض زمن هذه العمليات وأدى إلى تحسن كبير في الجانب البيئي وذلك على مستوى معالجة مخلفات المياه الناتجة [3]، كما قام Kodric وآخرون بنمذجة عملية صباغة ألياف البوليستر بالأصبغة المعلقة (الديسبرس) بوجود أمواج فوق صوتية وتم في الدراسة الحصول على معلومات عن آلية ارتباط الصباغ بالألياف وتحديد ظروف عملية الصباغة باستخدام مصدر إضافي للطاقة وبدون استخدام الحوامل التي تزيد من نفاذية الألياف وتساعد في امتصاص جزيئات الصباغ، وقد أثبتت النتائج أن الأمواج فوق الصوتية مكنت من إجراء الصباغة بدون استخدام الحوامل وأدت لازدياد معدل استنزاف الصباغ من الحوض مع استمرار تطبيقها [4]. تمت دراسة استخدام طاقة الأمواج فوق الصوتية كذلك في عملية المرسزة لأقمشة قطنية من قبل Khajav وزملائه وذلك لجعل هذه العملية أقل ضرراً للبيئة حيث أوضحت النتائج أن عملية المرسزة كانت أكثر فاعلية مقارنة بالطريقة التقليدية، واستخدمت في الدراسة أيضاً منهجية سطوح الاستجابة لنمذجة العلاقة بين متغيرات عملية المرسزة وهي تركيزهيدروكسيد الصوديوم، زمن ودرجة حرارة عملية المرسزة وبارامترات الخرج وهي الخصائص الميكانيكية لعينات الأقمشة المعالجة ودرجة المرسزة وذلك في كلا حالتي المعالجة ووجد أن العلاقة بين متحولات الدخل والخرج متشابهة في المعالجة التقليدية وعند استخدام الأمواج فوق الصوتية إلا أن التغيرات في العينات كانت أكبر بوجود الأمواج فوق الصوتية [5]. قام الباحث Kara Boga وآخرون بدراسة استخدام الأمواج فوق الصوتية لمعالجة الأقمشة القطنية بالأنزيمات حيث استخدمت أمواج فوق صوتية بتردد 25kHZ لإزالة النشاء بمساعدة أنزيم الأميلاز وأجريت عملية الغلي للأقمشة القطنية باستخدام هيدروكسيد الصوديوم وأنزيم البكتيناز وقيست قابلية البلل ودرجة إزالة النشاء مع تطبيق الأمواج فوق الصوتية وبدونها، وقد أظهرت النتائج زيادة كفاءة الأنزيمات عند وجود الأمواج فوق الصوتية مما أدى لارتفاع درجة إزالة النشاء وقابلية البلل مقارنة بالطرائق التقليدية وهذ انعكس على معدل استهلاك المياه وقلة مقادير المواد الكيميائية المستخدمة، أصف إلى ذلك انخفاض زمن المعالجة وقلة العوادم الناتجة عن المعالجة [6]. قارن Arickan وزملاؤه في دراستهم عملية الغسيل باستخدام

الأمواج فوق الصوتية مع طريقة الغسيل التقليدية لأقمشة الجينزات وخلصت النتائج إلى أن طريقة الغسيل الجديدة أكثر فاعلية من الطريقة التقليدية وأكثر اقتصادية وأقل ضرراً للبيئة [7].

1- الأمواج فوق الصوتية

تعرف الأمواج فوق الصوتية بأنها اهتزازات ميكانيكية منتشرة ذات ترددات أعلى من الطيف المسموع للأذن البشرية والذي يقع في المجال 20HZ-20Khz. يحتاج الصوت كي ينتشر إلى وسط مرن قد تأخذ المادة فيه إحدى أشكالها الصلبة أو السائلة أو الغازية، ويمكن تقسيم طيف الاهتزازات الميكانيكية حسب قيم ترددات الاهتزازات إلى عدة مجالات كما هو بالشكل 1.

الشكل (1) تصنيف الأمواج فوق الصوتية تبعاً للترددات ومجال الاستخدام

تتسبب الأمواج ذات الترددات العالية بتشكيل فقاعات ميكروية داخل السائل أو ما يعرف بالتكهف الفقاعي وتحدث خلخلة للسائل مما يؤدي لارتفاع درجة حرارته بشكل طفيف، كما يؤدي اصطدام الفقاعات المتشكلة ببعضها وانفجارها إلى توليد أمواج صدمة صغيرة جداً لكنها شديدة الفاعلية حيث تعمل على تهييج الطبقة الحدية للسائل المحيط بالمادة المعالجة وبالتالي السماح له بالنفاذ إلى داخلها. وتعتبر ظاهرة التكهف الفقاعي مسؤولة عن الآثار الإيجابية للأمواج فوق الصوتية في أنظمة الأجسام الصلبة/السائلة أو السائلة /السائلة.

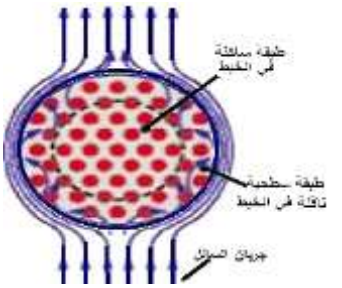
2- تطبيقات الأمواج فوق الصوتية

تنوعت مجالات استخدام الأمواج فوق الصوتية فقد استخدمت في قطاع الصناعة ومجال الطب وعمليات التنظيف الدقيقة وغيرها وصولاً لاستخدامها في مجال الصناعات النسيجية الذي يعتبر جديداً نوعاً ما. تعبر شدة الأمواج فوق الصوتية عن قياس للطاقة المتوفرة نسبة إلى وحدة الحجم من المادة أو العينة المعالجة، واعتماداً على ذلك يمكن أن تقسم التطبيقات إلى قسمين: تطبيقات تحتاج لشدة منخفضة تكون فيها مستويات طاقة الدخل متدنية إلى حد لا تحدث فيه أي تغيير في حالة الوسط كما هو الحال في الاختبارات اللاإتلافية للمواد وفي قياس خواص المرونة للمواد. وتطبيقات تحتاج إلى شدة عالية حيث يحدث فيها تغيرات كبيرة للوسط وهذه التطبيقات مهمة جداً في المعالجات الرطبة حيث تتطلب زيادة معدلات التفاعل. لقد تطور علم الأمواج فوق الصوتية على نحو واسع وأصبح مطبقاً في كثير من المجالات حيث أمكن تحديد معامل المرونة ورسم مخططات توزع الإجهادات في الفولاذ استناداً لتغير سرعة الأمواج فوق الصوتية فيها، كما تطبق الأمواج فوق الصوتية في المجال الطبي كتحديد جنس المولود وتفتيت الحصيات وفي أجهزة التنظيف والأجهزة المستخدمة في استحلاب المواد وفي الحفر ومعالجة المواد وإزالة الإجهادات الناشئة في الوصلات اللحامية المنفذة على الهياكل المعدنية بعد عمليات اللحام. أما في الصناعات النسيجية فقد بدأ استخدام الأمواج فوق الصوتية مع تطور علوم البوليمر وازدياد الطلب على الألياف الصنعية وغطت مجالات الاستخدام العمليات الميكانيكية والتريكو والأقمشة غير المنسوجة وعمليات التجهيز النهائي، إلا أن أكثر الاستخدامات كانت في المعالجات الرطبة حيث تم صباغة أنواع مختلفة من الشعيرات واتسع نطاق الاستخدام ليشمل عمليات التنشية وإزالة النشاء وعمليات المرسزة والغلي والغسيل والمعالجة بالأنزيمات والتبييض والمعالجة بالمواد المطرية.

3- صباغة الأقمشة القطنية

تمتاز المادة النسيجية عموماً بالمسامية وتعتبر وسطاً غير متجانس"، فيحتوي القماش المنسوج على مسامات دقيقة توجد

بين ألياف الخيوط تكون أكثر مقاومة لمرور السائل من خلالها ومسامات أكبر حجماً تتشكل بين الخيوط المكونة للقماش وتسهل مرور جزء كبير من السائل عبرها، ولذلك فعند توصيف تدفق السائل باتجاه الخيوط أو من خلال معدل انتقال الكتلة يجري التمييز بين طبقتين: طبقة سطحية يخترقها السائل لعمق معين وطبقة ساكنة تشكل نواة الخيط كما هو موضح بالشكل 2.



الشكل (2) معدل انتقال الكتلة السائل عبر طبقات الخيط [1]

تعتبر عملية الصباغة من أهم عمليات المعالجات الرطبة التي تجري على المواد النسيجية، ويجري فيها ارتباط المادة الملونة مع المواد المراد صباغتها لإكسابها بالنتيجة اللون المطلوب، وتتم العملية الصباغية عبر ثلاث مراحل وهي:

- الهجرة: وفيها تنتقل جزيئات مادة الصباغ من الوسط المائي إلى الحد الفاصل بين المحلول وسطح المادة النسيجية ومن ثم الامتزاز السطحي لها. ويعتبر نوع الألياف و درجة حرارة محلول الصباغة وطبيعة الوسط أهي حامضية أم قلوية إضافة لعملية التحريك من العوامل الأساسية التي تؤثر على هذه المرحلة.
- مرحلة الانتشار: ويتم فيها اختراق جزيئات الصباغ لسطح المادة النسيجية باتجاه المسامات الكائنة بين الألياف ويؤثر على هذه المرحلة عوامل عدة مثل حجم جزيئات الصباغ وعدد مسامات واحدة السطح في المادة المعالجة وتركيز جزيئات الصباغ.
- الارتباط: وفيها ترتبط جزيئات الصباغ مع الألياف بروابط مختلفة.

تعتبر الأصبغة النشطة (reactive dyes) من أكثر الأصبغة انتشاراً في صباغة ألياف القطن وتحتوي جزيئاتها على مجموعات تستطيع الاتحاد كيميائياً مع مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في السيللولوز مشكلة روابط كيميائية، وعادة ما تتم عملية الصباغة في وسط قلوي ضعيف باستخدام كربونات الصوديوم أو بي كربونات الصوديوم أو استخدام هيدروكسيد الصوديوم. إن أهم ما يميز هذه الأصبغة وجود روابط غير مشبعة تسمح لجزيء الصباغ بالدخول في تفاعل كيميائي حقيقي مع الجذور الموجودة في السيللولوز مما يزيد من ثباتيتها مع الغسيل والمعالجات المائية إضافة لذلك فهي لماعة وسهلة الاستخدام، إلا أن من أهم سلبيات هذه الأصبغة هو حدوث ظاهرة الحلمهة أثناء الصباغة وهي إمكانية دخول الأصبغة النشطة في تفاعل كيميائي مع الجذور الهيدروكسيلية التي تتشكل في حوض الصباغة بسبب تشرد الماء وعندها تصبح جزيئات الصباغ غير فعالة وغير قابلة للارتباط مع الجذور الهيدروكسيلية في السيللولوز. تحتاج عملية الصباغة كما هو الحال بالنسبة لغيرها من عمليات المعالجات الرطبة إلى كميات كبيرة من الماء والطاقة الكهربائية والحرارية كما يتطلب معظمها استخدام مواد كيميائية مساعدة.

4- معالجة الصور

يتم تقييم أثر استخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية في عملية الصباغة من خلال شدة تركيز اللون أو درجة عمقه أو خصائص الثباتية باستخدام المقاييس الرمادية أو معدل استنزاف الصباغ من حوض الصباغة وهو يعبر عن درجة انتقال الصباغ من الحوض للقماش وبالتالي مقدار ضياع تركيز الصباغ في الحوض [8] و [9]. في هذا البحث تم الاعتماد على تقنية معالجة الصور للحصول على قيمة التغير اللوني الحاصل بين العينات المصبوغة بالطريقة التقليدية والمصبوغة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية، كما تم إجراء اختبار ثباتية ألوان العينات للغسيل بعد عملية الصباغة لبيان

أثر استخدام تقنية الأمواج فوق الصوتية على على هذه الخاصية.

لقد استخدم العديد من الباحثين تقنية معالجة الصور للتحري عن عيوب النسيج وتصنيفها حيث قامت كل من إسراء وإيمان ببناء نظام فعال باستخدام التقنيات المتقدمة في معالجة الصور يتألف من طورين: يتحرى الأول عن مكان وجود العيب فيما يتم في الطور الثاني تصنيف العيب وقد وصلت دقة النظام المقترح إلى 95.7% مقارنة بطرائق التصنيف التقليدية المستخدمة [10]. وفي دراسة أخرى قام بها Getu وSahu تم التحري عن بعض العيوب الشائعة في الأقمشة القطنية كبقع الماء والشحم والزيت وبقع الصباغ والشعيرات الغريبة بالاستعانة بنظام مطور يعالج الصور باستخدام شبكات عصبونية متعددة الطبقات ويعطي دقة أكبر عند تحديد وتصنيف عيوب هذه الأقمشة [11]. يقوم مبدأ معالجة الصور المستخدم في البحث على إدخال صور العينات المصبوغة من خلال الماسح الضوئي Brother ADS-2200 لبرنامج تحليل الصورة ومعالجتها، حيث تحول الصورة الملونة إلى صورة بتدريجات اللون الرمادي ويتم إنشاء المدرج التكراري لها ومن ثم يتم حساب عدد النقاط الموجودة في الصورة أو ما يعرف بالبكسل (pixels) وهو مؤشر على عمق اللون وشدة تركيزه في العينة. هذا وقد تم مسح صور جميع العينات بنفس الدقة 300dpi لإظهار أثر استخدام الطريقة المقترحة. تم القيام بهذا الإجراء للعينات المصبوغة بكلا الطريقتين، ومن خلال عدد نقاط الصورة للعينة المصبوغة بالطريقة التقليدية (pxl_{tr}) وعدد نقاط الصورة للعينة المصبوغة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية (pxl_{us}) يمكن حساب معدل التغير اللوني[12] CCR (color changing rate) اعتماداً على العلاقة:

$$CCR\% = \frac{[(pxls)_{us} - (pxls)_{tr}] \times 100\%}{(pxls)_{us}}$$

5- الإجراء التجريبي

6-1 مواد البحث

تم صباغة عينات من قماش قطني 100% ذات تركيب نسجي سادة 1/1 بأبعاد cm (10 × 10) وتزن العينة الواحدة 2g ، لإجراء عملية الصباغة التقليدية لهذه العينات استخدم في بناء الحمام الصباغي كل من المواد التالية:

حمض الخل بتركيز 1g/l، مادة مبللة بتركيز 2g/l، ملح الطعام، كربونات الصوديوم، الماء المقطر، ميزان حرارة، ميزان الكتروني حساس وسخان كهربائي. أما في عملية الصباغة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية فاستخدمت نفس المواد السابقة إضافة لجهاز Digital Ultrasonic Cleaner موديل PS-40A الموضح بالشكل (3) والموجود في المعهد العالي للعلوم التطبيقية في دمشق و يعمل غلى توليد أمواج فوق صوتية بتردد 42kHZ.

الشكل (3) جهاز توليد الأمواج فوق الصوتية

من أجل معالجة صور العينات المصبوغة وبيان التغير اللوني الحاصل بنتيجة الصباغة بكلا الطريقتين تم استخدم برنامج MATLAB ،أما لتحديد درجة ثباتية لون العينات المصبوغة للغسيل فقد استخدم المقياس الرمادي وهو مؤلف من خمس درجات، يعطي الرقم 5 أفضل درجة ثباتية فيما الرقم 1 أسوأ ثباتية كذلك توجد بين هذه الدرجات أنصاف درجة. كما استخدم برنامج SPSS 18 من أجل التحليل الإحصائي للبيانات التي تم الحصول عليها.

6-2 الطريقة

تم اختيار تركيزين للصباغ 1% و 5% وأجريت عملية الصباغة بكلا الطريقتين التقليدية وتحت تأثير الأمواج فوق

الصوتية وذلك عند درجتي حرارة مختلفتين هما 50Ċ و 60 Ċ. تم صباغة عينتين عند كل تركيز للصباغ وعند كل درجة حرارةوجرى تحديد كمية المواد الداخلة في بناء الحمام الصباغي عند نسبة حوض 1/30. في عملية الصباغة التقليدية أضيف الماء المقطر والمادة المبللة والصباغ للعينة في بيشر الصباغة ووضع البيشر على السخان للوصول إلى الدرجة 40Ċ حيث استغرق ذلك 10min ثم أضيف الملح على دفعات مع التحريك، واستمر التسخين للوصول للدرجة 50Ċ وللدرجة 60Ċ مستغرقاً ذلك زمناً وقدره 15min و 20min على التوالي. أضيف بعدها كربونات الصوديوم على دفعات للتخفيف من ظاهرة الحلمهة واستمرت عملية التحريك 20min ومن ثم تم غسل العينات بالماء وإضافة حمض الخل لتعديل الوسط القلوي. في طريقة الصباغة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية أضيف الماء المقطر والمادة المبللة والصباغ للعينة في بيشر الصباغة ووضع البيشر في جهاز توليد الأمواج فوق الصوتية للوصول إلى الدرجة 40Ċ حيث استغرق ذلك 5min ثم أضيف الملح على دفعات مع التحريك، واستمر التسخين للوصول للدرجة 50Ċ وللدرجة 60Ċ استغرقت هذه العملية زمناً وقدره 7min و 10min على التوالي. أضيف بعدها كربونات الصوديوم على دفعات مع التحريك لمدة 10min وغسلت العينات بعد ذلك بالماء وأضيف حمض الخل لتعديل الوسط القلوي. يبين الجدول (1) الزمن اللازم لإتمام عملية الصباغة.

الجدول (1) الزمن اللازم لإتمام عملية الصباغة[min]

الزمن اللازم لإتمام عملية الصباغة [min]			
صباغة تقليدية		صباغة بطريقة UV Waves	
عند 50Ċ	عند 60Ċ	عند 50Ċ	عند 60Ċ
45	50	22	25

بعد إنجاز عملية صباغة العينات تحت ظروف التجربة تمت معالجة صور هذه العينات باستخدام برنامج MATLAB وحسب عدد النقاط في كل صورة (pixels) فكانت النتائج كما هو موضح بالجدول (2)

الجدول (2)عدد نقاط صورة العينات (pixels)

صباغة تقليدية			
عند 50Ċ		عند 60Ċ	
DC=1%	DC=5%	DC=1%	DC=5%
3899766	4050776	4522734	5125223
3900015	4088788	4743871	5006711
صباغة بطريقة UV Waves			
عند 50Ċ		عند 60Ċ	
DC=1%	DC=5%	DC=1%	DC=5%
4092960	4229640	4764678	6748161
4102640	4233535	4689127	6846522

تركيز الصباغ: (DC%)

تم إجراء اختبار ثباتية لون العينات للغسيل وفق المواصفة القياسية ISO 105 C06: 2010 حيث قصت العينات بأبعاد $4cm \times 10cm$ وتم تحضير محلول الغسيل على الشكل التالي: وزن 1g من مركب صوديوم بيربورات و 4g من مسحوق غسيل معياري ثم أضيفت الكمية إلى لتر واحد من الماء المقطر. بعد ذلك نم أخذ 150ml من محلول الغسيل الناتج ووضع في الوعاء الفولاذي الذي ثبت ضمن آلة الغسيل. أضيفت العينة مع 25 كرة فولاذية صغيرة إلى الوعاء واستمرت عملية الغسيل 40min عند درجة حرارة غسيل 50Ċ، بعد ذلك أخرجت العينة وغسلت بماء نظيف وجففت ثم تم قياس الثباتية باستخدام المقياس الرمادي

6-3 التحليل الإحصائي للنتائج

بغية التحقق من أهمية الطريقة المتبعة في عملية الصباغة وبالتالي إثبات جدوى استخدام الأمواج فوق الصوتية في هذا المجال، إضافة لبحث أثر كل من العوامل الأخرى المدروسة وهي درجة الحرارة وتركيز الصباغ والتأثير المشترك لهذه العوامل على درجة عمق اللون، تم بداية تعريف متحولات الدراسة في واجهة برنامج SPSS كما هو موضح بالشكل 4

الشكل (4) تعريف المتحولات في واجهة برنامج SPSS

اختير تصميم القياسات المتكررة (repeated measures) للوصول لهدف البحث لما له من مزايا إذ يتطلب عدداً قليلاً من المشاهدات يؤدي لتقليل تباين الخطأ وهو ما من شأنه إظهار أثر واضح للمتحول المستقل مع ملاحظة أن لهذا التصميم أشكالاً عدة وذلك اعتماداً على عدد متحولات الأسطر (nest factor) وعدد متحولات الأعمدة (crossover factor). في البحث استخدمت طريقة الصباغ كمتحول وحيد في الأسطر، في حين هناك متحولان اثنان في الأعمدة وهما تركيز الصباغ ودرجة الحرارة. وبالتالي يأخذ التصميم التجريبي للبحث الشكل المبين بالجدول (3)

الجدول (3) التصميم التجريبي للبحث

	تركيز الصباغ 1%		تركيز الصباغ 5%	
الصباغة	50C°	60C°	50C°	60C°
التقليدية	$Pxl_{1\%50C°}$	$Pxl_{1\%60C°}$	$Pxl_{5\%50C°}$	$Pxl_{5\%60C°}$
	$Pxl_{1\%50C°}$	$Pxl_{1\%60C°}$	$Pxl_{5\%50C°}$	$Pxl_{5\%60C°}$
US	$Pxl_{1\%50C°}$	$Pxl_{1\%60C°}$	$Pxl_{5\%50C°}$	$Pxl_{5\%60C°}$
	$Pxl_{1\%50C°}$	$Pxl_{1\%60C°}$	$Pxl_{5\%50C°}$	$Pxl_{5\%60C°}$

Pxl: pixels, US: Ultra sonic waves

هذا وقد تم إجراء الاختبارات الإحصائية عند مستوى دلالةإحصائي$\alpha = 5\%$

6-4 مناقشة النتائج

تم اختيار عدد النقاط في صور العينات الملونة (pixels) كمتحول تابع. يمكن التحليل الإحصائي المقترح للبحث من إنجاز اختبار الفرضيات الصفرية التالية:

- لا فرق مهم من الناحية الإحصائية بين كل من طريقتي الصباغة التقليدية والصباغة باستخدام الأمواج فوق الصوتية.
- ليس هناك تأثير مهم من الناحية الإحصائية لتركيز الصباغ في عملية الصباغة.
- ليس هناك تأثير مهم من الناحية الإحصائية لدرجة حرارة الصباغة في عملية الصباغة.
- ليس هناك أهمية للتأثير المشترك (الثنائي والثلاثي) للعوامل المدروسة على عملية الصباغة.

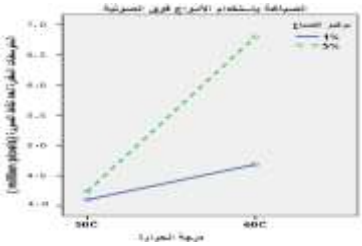
يبين الجدول (4) نتائج اختبار الفرضيات الصفرية التي اعتمدت في البحث حيث أجري اختبار F الإحصائي وهو الاختبار المستخدم في تحليل التباين تحتشروط خاصة تعطي دقة أكبر للنتائج.

الجدول (4) نتائج اختبار فرضيات الصفرية البحث

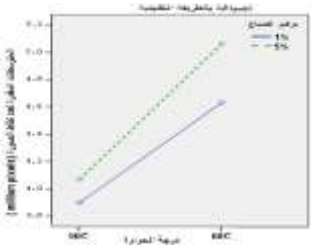
مصدر التباين	قيمة F	Sig.
درجة الحرارة	6807.3	0.000
التأثير مشترك لدرجة الحرارة والطريقة	576.7	0.002
تركيز الصباغ	334.5	0.003
التأثير المشترك لتركيز الصباغ والطريقة	111.5	0.009
التأثير المشترك لتركيز الصباغ ودرجة الحرارة	133.9	0.007
التأثير المشترك للعوامل الثلاثة مجتمعة	78.5	0.012

بالاعتماد على قيم مستوى دلالة اختبار الفرضيات التي تم الحصول عليها والمبينة بالجدول ومقارنتها بمستوى الدلالة الإحصائي المفترض ($\alpha = 5\%$) يمكن الحكم على قبول أو رفض الفرضيات السابقة، حيث أن القيمة الأصغر من 5% توافق وقوع قيمة الاختبار في منطقة رفض الفرض الصفري. يلاحظ من الجدول أن جميع قيم مستوى دلالة الاختبار أصغر من 5% وهو مؤشر على رفض الفرضيات المدروسة في البحث وبالتالي قبول الفرضيات البديلة لها وبعبارة أخرى يمكن الاستنتاج بأن طريقة الصباغة قد أثرت على المتحول التابع وبالتالي على درجة عمق اللون حيث كان متوسط عدد نقاط الصورة (pixels) عند الصباغة باستخدام الأمواج فوق الصوتية أكبر مقارنة مع عدد نقاط الصورة عند الصباغة التقليدية، وهو يعزى إلى ظاهرة التكهف الفقاعي التي تخلقها الأمواج فوق الصوتية وتساهم بتسهيل نفاذ الصباغ عبر المسامات الكائنة بين خيوط القماش. كذلك الأمر بالنسبة

لدرجة الحرارة وتركيز الصباغ المستخدم، حيث أن متوسط عدد النقاط في الصورة عند الصباغة بدرجة الحرارة الأعلى 60Ċ واستخدام تركيز الصباغ 5% أكبر من عدد النقاط في الصورة عند الصباغة بدرجة الحرارة 50Ċ واستخدام تركيز الصباغ 1%. وبالتالي الفرق بين هذه المتوسطات مهم إحصائياً، أضف إلى ذلك أن التأثير الثنائي والثلاثي المشترك للعوامل المدروسة ذات تأثير مهم أيضاً من الناحية الإحصائية على درجة عمق لون العينات المصبوغة. يمكن تفسير أثر تداخل العوامل المدروسة على جودة عملية الصباغة بالاستعانة بالمخططين (الشكل 5 و6).



الشكل (5) أثر تداخل العوامل المدروسة على المتحول التابع في الصباغة بطريقة الأمواج فوق الصوتية



الشكل (6) أثر تداخل العوامل المدروسة على المتحول التابع في الصباغة بالطريقة التقليدية

حيث يلاحظ أنه بزيادة تركيز الصباغ وارتفاع درجة الحرارة تزداد درجة عمق اللون ويتضح أيضاً أن أن استخدام الأمواج فوق الصوتية في عملية الصباغة يساهم إلى حد كبير بزيادة شدة تركيز اللون مقارنة بالصباغة التقليدية وذلك عند كل من درجتي الحرارة وتركيزي الصباغ المستخدمين. تم الحصول على أفضل درجة عمق للون (6.797341million pixels) باستخدام الأمواج فوق الصوتية وعند تركيز صباغ 5% والدرجة 60Ċ. من النتائج المهمة أيضاً أنه في الصباغة بمساعدة الأمواج فوق الصوتية عند الدرجة 50Ċ وتركيز الصباغ 1% تم الحصول على (4.097800million pixels) وهو تقريباً نفس عدد النقاط الذي تم الحصول عليه عند صباغة العينات تقليدياً عند نفس درجة الحرارة ولكن بتركيز صباغ 5% حيث بلغ هذا العدد (4.069782millionpixels) وهو ما يعني توفيراً في تكاليف مواد الصباغة. إن عدم توازي الخطوط في الشكلين هو دليل على أهمية التأثير المشترك لعاملي التركيز ودرجة الحرارة على قيم المتحول التابع وهذا يدعم نتيجة اختبار الفرضية الصفرية الرابعة. ونظراً لوضوح درجة عدم التوازي في المخطط الأول فإن التأثير المشترك التأثير المشترك لعاملي التركيز ودرجة الحرارة ذو أهمية أكبر بوجود الأمواج فوق الصوتية.

استخدم المقياس الرمادي لقياس ثباتية لون العينات المصبوغة للغسيل وكانت النتائج كما بالجدول (5)

الجدول (5) نتائج اختبار ثباتية ألوان العينات للغسيل

الصباغة	50Ċ		60Ċ	
تقليدية	DC=1%	DC=5%	DC=1%	DC=5%
	2/3	3	3/4	3/4
بوجود US WAVES	DC=1%	DC=5%	DC=1%	DC=5%
	3/4	3/4	4	4

يلاحظ من النتائج أن التقنية المقترحة أعطت قيماً أفضل لثباتية اللون مقارنة بنتائج الصباغة التقليدية خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة وهذا يمكن أن يعزى إلى تغلغل جزيئات الصباغ إلى المنطقة الساكنة الموجودة في مراكز الخيوط المصنعة منها العينات وذلك بفعل الترددات العالية للاهتزازات في الوسط السائل المكون لحمام الصاغة والخلخلة التي تحدث في المنطقة التي تكون على تماس مع سطح العينة. كذلك فإن وجود الأمواج فوق الصوتية سهل من ارتباط جزيئات الصباغ ودخولها في تفاعل كيميائي مع الجذور الموجودة في السللولوز وهذا ساهم بزيادة ثباتية لون العينات على الغسيل. كما مكنت تقنية الأمواج فوق الصوتية من الحصول على قيم الثباتية ذاتها مع ازدياد تركيز الصباغ عند كلا درجتي الحرارة وبالتالي يمكن استخدام تركيز الصباغ الأقل للحصول على

نفس الثباتية وهو أيضاً مؤشر على جدوى هذه الطريقة من الناحية الاقتصادية.

6- الاستنتاجات

يمكن ذكر نتائج البحث على النحو التالي:

1-يمكن أن تعزى الآثار الإيجابية لتقنية الأمواج فوق الصوتية إلى ظاهرة التكهف الفقاعي.

2-تم تقليص زمن إتمام عملية الصباغة باستخدام الأمواج فوق الصوتية من 45min في الصباغة التقليدية إلى 22min وذلك للوصول لدرجة حرارة 50Ċ ومن 50min في الصباغة التقليدية إلى 25min وذلك للوصول لدرجة حرارة 60Ċ هو ما يعني وفراً في مصاريف الطاقة الكهربائية اللازمة للتسخين.

3-تم تقدير عمق اللون في العينات المصبوغة اعتماداً على تقنية معالجة الصور حيث استخدم مؤشر عدد النقاط في الصورة (pixels) كمتحول تابع في الدراسة.

4-تم استخدام تصميم القياسات المتكررة لدراسة تأثير استخدام الأمواج فوق الصوتية في عملية الصباغة وكذلك لدراسة تأثير كل من تركيز الصباغ المستخدم ودرجة حرارة حمام الصباغة والتأثير المشترك لهذ العوامل مجتمعة على المتحول التابع.

5-أظهرت نتائج التحليل الإحصائي للبيانات عند مستوى دلالة إحصائي 5% أهمية كل العوامل المدروسة وتأثيراتها الثنائية والثلاثية المشتركة على قيمة المتحول التابع.

6-تبين أن زيادة درجة الحرارة وتركيز الصباغ يؤدي لزيادة عمق اللون في العينات المصبوغة خاصة عند استخدام الأمواج فوق الصوتية.

7-تم الحصول على أكبر عدد لنقاط الصورة 6.7973million pixels مع استخدام الأمواج فوق الصوتية وعند تركيز صباغ 5% ودرجة حرارة 60Ċ مقارنة بـ 5.065967million pixels في الصباغة التقليدية وعند نفس الظروف.

8-أثبتت النتائج أنه يمكن الحصول على نفس درجة عمق اللون عند(50Ċ) بكلا طريقتي الصباغة ولكن بتركيز الصباغ الأقل (1%) في حال الأمواج فوق الصوتية وهو مايعني توفيراً في تكاليف مواد الصباغة.

9-أعطت تقنية الأمواج فوق الصوتية قيماً أفضل لثباتية اللون على الغسيل مقارنة بنتائج الصباغة التقليدية خاصة عند ارتفاع درجة الحرارة، كما تم الحصول على قيم الثباتية ذاتها مع ازدياد تركيز الصباغ وذلك عند كلا درجتي الحرارة.

7- التوصيات المتعلقة بالبحث:

1-يوصى باستخدام أنواع مختلفة من الأصبغة لصباغة عينات من الأقمشة مصنوعة من ألياف نسيجية أخرى.

2-يوصى أيضاً باستخدام تراكيز صباغ ودرجات حرارة مختلفة غير التي درست في البحث.

3-استخدام طرائق أخرى في قياس شدة تركيز اللون كالاستعانة بجهاز سبيكتروفوتوميتر ومقارنة النتائج مع نتائج البحث.

4-إجراء الاختبارات الأخرى المتعلقة بثباتية لون العينات المصبوغة كثباتية اللون للاحتكاك والتحقق من أثر الأمواج فوق الصوتية على الخصائص الميكانيكية للقماش.

5-نمذجة العلاقة رياضياً بين درجة شدة اللون والمتحولات المستقلة المعتمدة في البحث.

6-استخدام الأمواج فوق الصوتية في المعالجات الرطبة الأخرى المستخدمة في الصناعات النسيجية وإبراز الآثار الإيجابية لها ودراسة الجدوى الاقتصادية لتطبيقها في معامل الغزل والنسيج في الجمهورية العربية السورية.

مسرد الملاحظات:

المصطلح العربي	المصطلح الانكليزي
المعالجات الرطبة	Wet processing
الأمواج فوق الصوتية	Ultrasound waves
أصبغة نشطة	Reactive dye
معالجة الصور	Image processing
عدد نقاط الصورة	Pixels
القياسات المتكررة	Repeated measures

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

المراجع References

1. Laga, S. K.**Ultrasonic technology: its application in textile wet processing.**15 May 2012. http://www.newclothmarketonline.com/featured-articles/utrasonic-technology-its-application-textile-wet-processing/
2. Nagaje, V. B. and Hulle, A. A.(2015). **Ultrasonic assisted Wet Processing,** Basic and Applied Engineering Research, Vol 2(1) P:79-82 India.
3. Mia, S., Ahmad, R, Nahar, N., Fayzullayeva, K and Heng Q.,(2017). **Ultrasonic Textile Dyeing and Dyes Decoloration; an Environment Friendly Technique,** International Journal of Scientific and Engineering Research. Vol. 8 (12) p: 1182-1191Berlin, Germany.
4. Kodric, M., Stojanovitc, S., Markovic, B. and Dordevic, D. (2017)**Modelling Of Polyester Fabric Dyeing In The Presence Of Ultrasonic Waves, association of the chemical engineers of Serbia AChE. Q23(1) p: 131-139 Serbia.**
5. Khajavi, R., Berendjchi, A., Moghaddam, M. B. and Akhani, M. (2015), **Ultrasound-Assisted Mercerizing of Cotton Fabric: a Numerical Model Based on Response Surface Methodology (RSM),** Fibers and Polymers. Vol. 16 , No6 p: 1281-1288
6. Karaboğa, C., Körlü, Ö., Duran, K. and Bahtiyari, M. I. (2007), Use of ultrasonic Technology in Enzymatic pretreatment processes of cotton fabrics, fibers and textiles in Eastern Eourope. Vol. 15, No. 4 p: 97-100
7. Arikan, A., Karadag, T., Avci, M. E. and Karlik, O., (2018), the use of ultrasonic washing technology in denim fabric, international journal and scientific and technological research. Vol. 4, No. 10 p: 455-461.
8. بكر، حسين و زهرة، أمين (2014)، دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على جودة صباغة الألياف الصوفية بالأصبغة الحامضية. مجلة جامعة البعث، مجلد: 37، عدد 7 الصفحة 117-137 حمص سوريا.
9. خليل، جيما وسفور، زياد. (2017)، دراسة تأثير الأمواج فوق الصوتية على صباغة لبوليستر بالأصبغة المعلقة. مجلة جامعة البعث، مجلد: 39، عدد 3 الصفحة 95-119 حمص سوريا.
10. محمد خضر، اسراء وصبحي محمد، إيمان. (2019)، تمييز بعض عيوب نسيج القماش باعتماد طرائق معالجة الصور والتقنيات الذكائية. مجلة التربية العلم للبحوث العلمية الأساسية، المجلد 28، العدد 4 الصفحة 158-175 جامعة الموصل العراق.
11. Getu, S. and Sahu, O., (2014), identification of dyed fabric defects by artificial neural network, research journal of modeling and simulation. Vol. 1, No.2 p: 14-19.
12. أحمد، غاندي. (2019)، اختبار وتحديد درجة مظهرية الغزول القطنية باستخدام الذكاء الصناعي. دكتوراه. قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها. كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية. جامعة دمشق. سوريا. عدد الصفحات 178.