

<http://journal.rmutp.ac.th/>

การต้านรังสียูวีและการยับยั้งแบคทีเรียของด้ายที่เคลือบด้วยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องกรอด้าย

วรวิทย์ ศรีวิทยากุล¹ * มาหามะสุโฮมี มะแซ¹ พงศ์พัฒน์ ศิริธรรม¹ วงศกร อ่อนเกตุพล¹
และ พีรวัส คงสง²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

² คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

¹ 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

² 744 ถนนสุนทรารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

รับบทความ 12 มิถุนายน 2563 แก้ไขบทความ 3 พฤศจิกายน 2563 ตอรับบทความ 25 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อพัฒนาสมบัติการต้านรังสียูวีและยับยั้งแบคทีเรียของด้ายเพื่อให้ได้สิ่งทอที่มีคุณภาพ โดยนำด้ายมาเคลือบด้วย โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ น้ำยาปรับผ้านุ่ม และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปริมาณตั้งแต่ 0 ถึง 0.54 โมลาร์ ด้วยเครื่องกรอด้าย ศึกษาลักษณะเส้นด้ายเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิล์มอีมิสชัน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี และวัดค่าการส่องผ่านแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งผลการป้องกันรังสียูวีของการเคลือบได้ผลดีมาก ผลของการยับยั้งแบคทีเรียของด้ายเคลือบพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 0.45 โมลาร์ สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส* และ *เอสเชอริเชีย โคลิ* ได้สูงถึงร้อยละ 87 และ 91 ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าผลการวิจัยสามารถที่จะพัฒนาไปในทางที่เกิดการประยุกต์ใช้ทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพของผ้าและนวัตกรรมด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ

คำสำคัญ : แพกเตอร์การป้องกันรังสียูวี; การป้องกันรังสียูวี; การยับยั้งแบคทีเรีย; พอลิไวนิลแอลกอฮอล์; เครื่องกรอ
ด้าย; สิ่งทอ

<http://journal.rmutp.ac.th/>

UV Protection and Antibacterial Properties of Yarn Coated with Polyvinyl Alcohol by Nip-rollers Process

Worawit Sriwittayakul^{1*} Mahamasuhaimi Masae¹ Pongpat Keereetham¹
Wongsakon Onketpon¹ and Peerawas Kongsong²

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya

² Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan

¹ 1, Ratchadamnoennok Rd., Bo Yang, Muang Songkhla, Songkhla 90000

² 744, Suranarai Rd., Nai Muang, Muang, Nakhon Ratchasima 30000

Received 12 June 2020; Revised 3 November 2020; Accepted 25 December 2020

Abstract

The objective of this study is to explore a method to improve UV protection and antibacterial properties of the cotton yarn surface to produce high-quality textile products. Cotton yarns were coated with sodium hydrogen phosphate, magnesium chloride, softener solution and 0 to 0.54 M of polyvinyl alcohol to hold surface yarns to the yarn body using the winding machine. The coated yarns were analyzed using Field emission scanning electron microscope, Fourier transform infrared spectroscopy and UV-Vis spectrophotometer. Optimal results were achieved when coating with 0.45 M PVA exhibited UV protection was excellent protection. The cotton yarn coated 0.45 M polyvinyl alcohol displayed the antibacterial activity in the presence of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* was 87 and 91%, respectively. The expected overall properties may open the way towards new applications of high performance fabrics, leading to an innovative product development in the textile industry

Keywords : UPF; UV Protection; Antibacterial; Polyvinyl Alcohol; Winding Machine; Textiles

* Corresponding Author. Tel.: +668 6597 5702, E-mail Address: Chan_worawit@hotmail.com

1. บทนำ

เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม นอกจากจะสวมใส่เพื่อความสวยงามแล้ว ยังมีหน้าที่ปกป้องร่างกายผู้สวมใส่จากสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น รังสียูวี (Ultraviolet Light, UV) เนื่องจากจะทำอันตรายต่อผิวได้ เป็นสาเหตุของผิวหนังไหม้เกรียม และอาจทำให้เกิดเป็นมะเร็งของผิวหนังได้ เพราะรังสีชนิดนี้จะทำให้เกิดความผิดปกติของกลไกการควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์ ความยาวคลื่นของแสงยูวีนั้นอยู่ในช่วง 200-400 นาโนเมตร และแบ่งย่อยออกได้ดังนี้ คือ UV-A อยู่ในช่วง 315-400 นาโนเมตร UV-B อยู่ในช่วง 280-315 นาโนเมตร และ UV-C อยู่ในช่วง 200-280 นาโนเมตร UV-C ได้ถูกดูดกลืนโดยโอโซนในชั้นบรรยากาศ UV-B เป็นสาเหตุให้เกิดการเกรียมแดด เป็นฝ้า แห้งกร้าน และทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ UV-A สามารถส่องผ่านกระจก และเมฆเข้าถึงชั้นบรรยากาศ รังสีนี้ทำให้ผิวคล้ำแดดเพราะกระตุ้นให้เกิดการสร้างเมลานิน และเป็นสาเหตุให้เกิดรอยเหี่ยวย่น ปัจจัยที่ทำให้ผ้ามีสมบัติต้านรังสียูวี ได้แก่ องค์ประกอบของผ้า โครงสร้างของผ้า การบิดของเส้นใย ความหนา น้ำหนัก การเปียก ความชื้น การคลายตัว สารเคมีและสารเติมรวมทั้งสีของผ้า [1] อิทธิพลสารตัวเติมในระหว่างขั้นตอนการปั่นเส้นด้ายหรือเคลือบบนเส้นด้ายโดยตรง สารตัวเติม เช่น สี้อม รงควัตถุ (Pigment) สารปรับสภาพ (Delusterant) สารเพิ่มความสว่าง (Optical Brighteners) และสารดูดซับรังสียูวี (UV Absorbers) ซึ่งเป็นการช่วยปรับปรุงสมบัติป้องกันรังสียูวีแก่ผ้าที่มีความป้องกันต่ำ เช่น ผ้าฝ้ายไหม เรย่อน ผ้าขนสัตว์ เส้นใยไนลอน และผ้าที่ยังไม่ย้อมสีได้ สารตัวเติมพวกไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และสังกะสีออกไซด์ (ZnO) ทำให้เส้นด้ายมีความสว่างขึ้น และสะท้อนรังสียูวีในช่วงความยาวคลื่น 360-430 นาโนเมตร อนุภาคนาโนของเงิน (Ag) ที่เคลือบบนผ้าฝ้าย แสดงสมบัติป้องกันรังสียูวีที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายฟอก สารดูดซับรังสียูวีที่ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ที่ไม่

มีสี เรียกว่า โครมอฟอร์ (Chromophore) จะมีหมู่ฟังก์ชันหรือส่วนของโครงสร้างที่ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีได้ [2], [3] นอกจากการป้องกันดังกล่าวสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียยังเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง เพราะเสื้อผ้าหลังจากมีการใช้งานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ความชื้นและอุณหภูมิที่บนร่างกายมนุษย์ เหมาะสมอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย และเมื่อแบคทีเรียย่อยสลายเหงื่อที่อยู่บนร่างกายเราและทำให้เกิดกลิ่นอันไม่พึง สาระเคลือบที่มีสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ พอลิไดเมทิลไซลอกเซนที่มีหมู่ปลายสายโซ่เป็นหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxy End-functionalized Polydimethyl siloxane, HOPDMS) และพอลิไดเอทอกซีไซลอกเซน (Poly diethoxysiloxane, PDES) รวมทั้งพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ งานวิจัยผ้าไหมเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์ และรีดิวซ์กราฟีนออกไซด์ (Reduced Graphene Oxide, RGO) [4] ผ้าฝ้ายเคลือบโคโคซาน ไทเทเนียมไดออกไซด์ และซิลิกา (SiO_2) สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *เอสเชอริเชีย โคลิ* (*E. coli*) และ *สแตปทีโลคอคคัส ออเรียส* (*S. aureus*) [5] ในเส้นใยสังเคราะห์ที่ได้เป็นอย่างดี สารยับยั้งแบคทีเรียที่เติมลงในกระบวนการสังเคราะห์เส้นด้ายพอลิเมอร์โดยตรง เช่น สารประกอบ ควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (Quaternary Ammonium Compounds; QACs) มีการยับยั้งแบคทีเรียค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น [6] กระบวนการเคลือบสารเพิ่มสมบัติต่าง ๆ บนเส้นด้ายจะใช้การกรอด้วยจุ่มลงในอ่างที่มีสารเคลือบ ทำให้แห้งแล้วม้วนเก็บ จากการศึกษาพบว่าความเร็วในการดึง ม้วนเป็นปัจจัยที่ผลต่อการเสื่อมของความแข็งแรง การยืดออก (Elongation) ความเป็นขน (Hairiness) ในเส้นด้าย ซึ่งความเร็วตั้งแต่ 1,000 ถึง 1,400 เมตรต่อนาที สามารถกำจัดเส้นด้ายที่มีขนาดสั้น ขนบนเส้นด้าย และสิ่งแปลกปลอมในเส้นใยเส้นด้ายหวี (Combed Counts) และเส้นด้ายสาบ (Carded Counts) ออกไปสูงถึงร้อยละ 40-60 และ 65-85 แต่หากใช้ความเร็วสูง

1,500 เมตรต่อนาที จะทำให้เส้นด้ายขาด [7] การปรับปรุงผิวเส้นด้ายของฝ้ายด้วยการจุ่มเคลือบด้วยเมทิลเมทาคริเลต (Methyl Methacrylate) ด้วยกระบวนการบิวด-ทำให้แห้ง-ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยความร้อน (Pad-Dry-Cure) แล้วอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส ทำให้ความเป็นขนของเส้นด้ายฝ้ายลดลง แต่สมบัติความต้านทานแรงดึงและค่าการยืดตัวลดลง [8] การศึกษาการปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าของเส้นด้ายฝ้ายด้วยเฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) และวิธีโอะระเหยของพอลิไพโรล (Polypyrrole) เส้นด้ายถูกดึงด้วยอัตราเร็ว 2 เมตรต่อนาที ผ่านอ่างสารละลายที่มีส่วนผสมของสารตั้งต้นเฟอร์ริคคลอไรด์และเมทานอล เมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนแล้วดึงผ่านห้องพอลิเมอไรเซชันที่มีไอของพอลิไพโรลมอนอเมอร์ ทำให้เกิดเป็นชั้นฟิล์มพอลิไพโรลและเหล็กบนผิวด้าย ชั้นเคลือบมีความหนาประมาณ 1-2 ไมโครเมตร ค่าความเหนียวและค่าการยืดตัวของเส้นด้ายลดลงตามปริมาณสารตั้งต้นที่เพิ่มขึ้น และแสดงสมบัติความต้านทานไฟฟ้าลดลง [9]

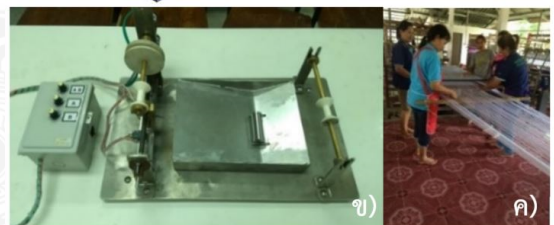
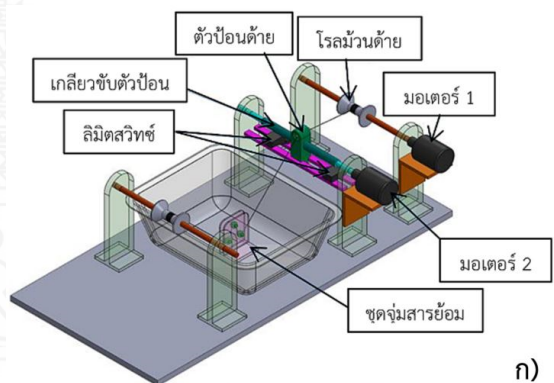
ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาการเคลือบเส้นด้ายด้วยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแมกนีเซียมคลอไรด์ ด้วยเครื่องกรอด้าย แล้วทดสอบสมบัติการป้องกันรังสียูวีและสมบัติการยับยั้งแบคทีเรีย

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบด้ายและการทดสอบ

สารละลาย ก คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA, Ajax Finechem) ในน้ำ 400 มิลลิลิตร โดยแปรผันปริมาณ 0.35, 0.45 และ 0.54 โมลาร์ (ในน้ำทั้งหมด 1,300 มิลลิลิตร) กวนนาน 30 นาที และใช้ความร้อนช่วยในการทำละลาย สารละลาย ข คือ สารละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (NaH_2PO_4 , Ajax Finechem) ปริมาณ 30 กรัม ในน้ำ 500 มิลลิลิตร

กวนเป็นเวลา 30 นาที สารเคลือบเตรียมได้โดยเติมแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Ajax Finechem) ปริมาณ 6 กรัม และน้ำยาปรับผ้านุ่ม 4 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำ 400 มิลลิลิตร แล้วใส่สารละลาย ก และ ข ผสมกันในบีกเกอร์ที่ได้เตรียมไว้ กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นใส่สารเคมีดังกล่าวลงไปในช่วงจุ่มสารเคลือบของเครื่องกรอด้าย นำด้ายที่เป็นเส้นใยฝ้ายเมอร์เซอร์ไรซ์ 60 (Mercerizing Cotton No. 60) เข้าเครื่องกรอด้ายผ่านชุดจุ่มสารเคลือบด้วยความเร็วเชิงเส้นที่ 4.6 เมตรต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 1 ก) และ ข)



รูปที่ 1 ก) แบบร่างของเครื่องกรอด้าย ข) เครื่องกรอด้าย และ ค) การเข้าด้ายที่เคลือบด้วยฝืนหวิเพื่อทอมือด้วยก็

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติและการทดสอบสมบัติต่าง ๆ

นำด้ายที่ผ่านการจุ่มเคลือบไปให้แห้งสนิท และทดสอบสมบัติต่างๆ คือ โครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope,

FESEM, FEI, Apreo) และวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุบนเส้นด้ายด้วย (Energy Dispersive X-ray Spectrometer, EDS) วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีของชั้นเคลือบที่ด้ายดูดซับด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FTIR, Bruker, VERTEX 70) เทคนิคโพแทสเซียมโบรมไนด์เพตเลต (KBr Pellet) นำด้ายที่ผ่านการเคลือบแล้วทอมือให้เป็นผืนด้ายที่กระตุก ปลายผ้าทอหยกดอก หน้ากว้าง 40 นิ้ว ใช้ด้ายทั้งหมด 2540 เส้น ดังรูปที่ 1 ค) แล้วทดสอบการป้องกันรังสียูวีของผ้าด้วยมาตรฐาน AATCC Test Method 183-2004 ด้วยเครื่องวัดค่าการส่องผ่านแสง (UV-Vis Spectro Photometer, GENESYS 10s) ตั้งแต่ความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร และคำนวณค่าแฟกเตอร์การป้องกันรังสียูวี (Ultraviolet Protection Factor, UPF) ดังสมการที่ (1)

$$UPF = \frac{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} A_{\lambda}}{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} T_{\lambda} S_{\lambda} A_{\lambda}} \quad (1)$$

เมื่อ E_{λ} คือ ค่าความเข้มรังสีที่มีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ S_{λ} คือ ความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ T_{λ} คือ ค่าการส่องผ่านของแสงผ่านชิ้นตัวอย่างที่สามารถวิเคราะห์ได้ A_{λ} คือ ความยาวคลื่นที่ใช้ทดสอบ (นาโนเมตร)

ตารางที่ 1 ระดับ UPF ในการป้องกันรังสียูวี [10], [11]

ช่วง UPF	ระดับการป้องกันรังสียูวี	ร้อยละการส่องผ่านรังสี UV-B (%)
<15	ป้องกันรังสียูวีได้น้อย (≤93.3%)	<6.7
15-24	ป้องกันรังสียูวีได้ดี (93.3-95.9%)	6.7-4.2
25-39	ป้องกันรังสียูวีได้ดีมาก (96.0-97.4%)	4.1-2.6
40-50, 50+	การป้องกันรังสียูวีได้สูงสุด	≤2.5

ค่าการต้านรังสียูวีจะบ่งบอกถึงความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของสิ่งทอ ซึ่งตามมาตรฐานจะกำหนดค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวีดังตารางที่ 1 สำหรับผลการทดสอบการต้านรังสียูวีได้ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่าง

2.3 การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย จะทดสอบกับแบคทีเรีย 2 ชนิด โดยชนิดแกรมบวก คือ *S. aureus* และชนิดแกรมลบ คือ *E. coli* โดยเริ่มต้นจากนำเชื้อแบคทีเรียใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลว (Trypticase Soy Broth) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร โดยใช้วิธีการเจือจางตัวอย่างเชื้อเริ่มต้นเพื่อการนับจำนวนจุลินทรีย์ (Serial Dilution Method) แล้วนำ 0.1 มิลลิลิตร ไปหยดบนอาหารแข็งสำหรับเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ และ *S. aureus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวกใช้อาหารวุ้นเลี้ยงเชื้อ (Nutrient Agar, NA) โดยใช้เทคนิคการทำให้เชื้อกระจายในจานเพาะเชื้อ (Spread Plate) แล้วเจือจางจำนวนเชื้อให้อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี หลังจากที่อยู่ความเข้มข้นของเชื้อตั้งต้นแล้ว ก็นำเชื้อที่ได้ไปเตรียมให้มีความเข้มข้นเชื้อประมาณ 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปทดสอบตามมาตรฐานทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียของสิ่งทอ คือ AATCC Test Method 100-2004 การคำนวณอัตราการลดลงของแบคทีเรีย (% Disinfection) โดยใช้สมการที่ (2)

$$\%Disinfection = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ N_0 คือ จำนวนเชื้อเริ่มต้น 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และ N คือ จำนวนเชื้อ ณ เวลาทดสอบต่าง ๆ (โคโลนีต่อมิลลิลิตร)

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 พื้นผิวของด้ายเคลือบจากการวิเคราะห์

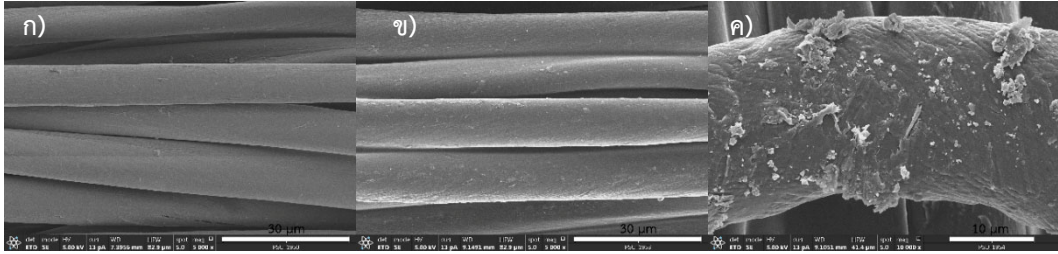
FESEM และ EDS

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคลักษณะผิวของเส้นด้ายเมื่อทำการเคลือบด้วย โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ น้ำยาปรับผ้านุ่ม และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ที่มีความเหมาะสมที่ความเข้มข้น 0.45 โมลาร์ ดังรูปที่ 2 โดยใช้กำลังขยายต่างกัน คือ 5,000 และ 10,000 เท่า ตามลำดับ ลักษณะพื้นผิวของเส้นด้ายที่ไม่มีผ่านการเคลือบ (รูปที่ 2 ก) จะมีลักษณะค่อนข้างเรียบ ในขณะที่ลักษณะพื้นผิวของเส้นด้ายที่ผ่านการเคลือบที่ความเร็ว 4.6 เมตรต่อนาที (รูปที่ 2 ข และ ค) จะเห็นได้ว่ามีสารเคลือบติดที่ผิวด้าย ลักษณะผิวมีความขรุขระ ไม่เรียบ ผลการวิเคราะห์การกระจายของธาตุบนผิววิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS รูปที่ 3 ผลการทดลองผ้าที่เคลือบด้วย โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ น้ำยาปรับผ้านุ่มและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พบธาตุคาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ฟอสฟอรัส (P) โซเดียม (Na) คลอไรด์ (Cl) และแมกนีเซียม (Mg) รูปที่ 3 ข) กระจายตัวอยู่ทั่วเส้นด้าย และมีปริมาณร้อยละ 48.4, 48.1, 1.6, 1.2, 0.4 และ 0.1 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในขณะที่เส้นด้ายไม่เคลือบจะพบเพียงธาตุคาร์บอนและออกซิเจนมีปริมาณร้อยละ 50.2 และ 49.8 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ รูปที่ 3 ก) ดังนั้นจึงบ่งบอกได้ว่าสารเคลือบที่ใช้ในการทดลองนั้นได้ติดบนผ้าและเส้นใย

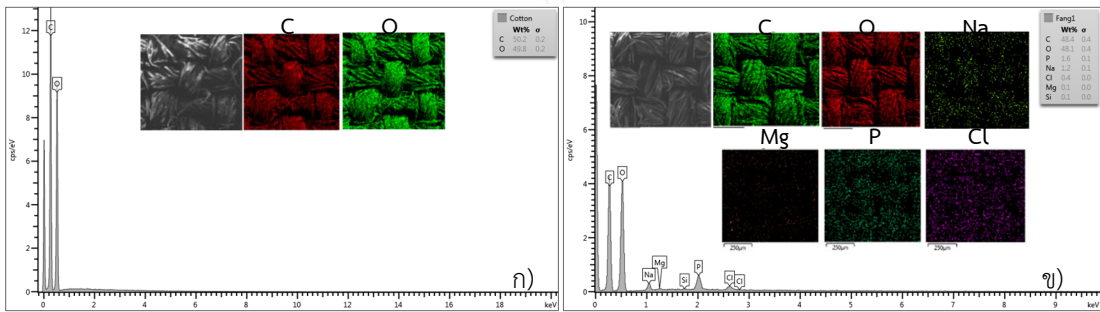
3.2 สมบัติการต้านรังสียูวีของด้ายเคลือบ

ผลการทดลองพบว่าเส้นด้ายที่เคลือบด้วย โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต และแมกนีเซียมคลอไรด์ และน้ำยาปรับผ้านุ่มปริมาตร 4 มิลลิลิตร โดยแปรผันปริมาณ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้น 0.35,

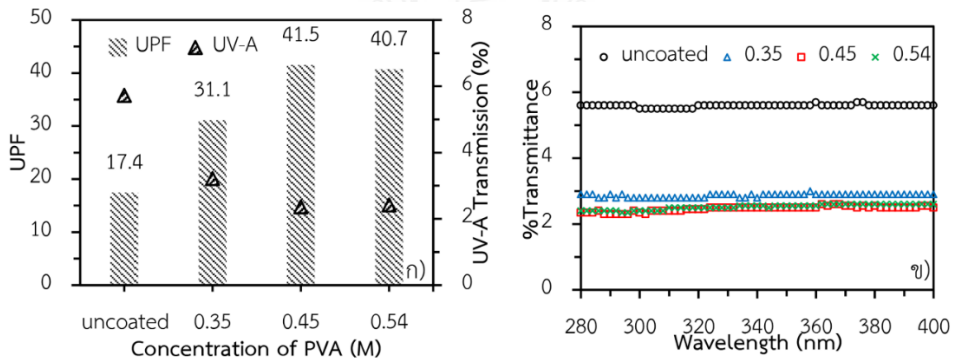
0.45 และ 0.54 โมลาร์ นำมาทอให้เป็นผืน ทดสอบค่าการส่องผ่านแสงและการต้านรังสียูวี ผลการทดสอบดังรูปที่ 3 ก) แสดงให้เห็นค่าการส่องผ่านแสงเปรียบเทียบที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ของผ้าลดลงเมื่อเส้นใยถูกเคลือบด้วยสารตัวเติมปริมาณเพิ่มขึ้น โดยค่าการส่องผ่านแสงของผ้าที่เคลือบด้วยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 0.45 โมลาร์ เพียงร้อยละ 2.5 แต่ถ้าหากผ้าไม่เคลือบจะมีร้อยละของการส่องผ่านของแสงถึงร้อยละ 5.6 เมื่อคำนวณค่า UPF ดังรูปที่ 3 ข) จะเห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารตัวเติมเพิ่มขึ้น และผ้าเคลือบจะมี UPF สูงกว่าด้ายที่ไม่ได้เคลือบ (Uncoated) อีกด้วย โดยเมื่อการเติมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มากขึ้นที่ความเข้มข้น 0.45 โมลาร์ จะมี UPF สูงสุด คือ 41 ส่วนค่าร้อยละการส่องผ่านแสงผ่านเนื้อผ้าของ UV-A จะแปรผกผันกับระดับการป้องกันรังสียูวี คือ ถ้าหากผ้ามี UPF สูง UV-A ส่องผ่านเนื้อผ้าลดลงตามมาตรฐานจะต้องต่ำกว่าร้อยละ 5 ตามมาตรฐานยุโรปและจีน [6], [7] ดังนั้นจากการทดลองพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น 0.45 โมลาร์ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการต้านรังสียูวี คือ อยู่ระดับช่วง 40-50 แสดงถึงความสามารถในการป้องกันรังสียูวีได้สูงสุดซึ่งแม้ผ้าทอที่ด้ายเคลือบด้วยสารดังกล่าวไม่สามารถอธิบายสมบัติต้านรังสียูวีอย่างเห็นได้ชัด แต่คาดว่าในการเคลือบสาร สารเคลือบจะทำให้เส้นด้ายเกิดการพันธะเชื่อมโยงกัน เกิดเส้นด้ายขยายตัวและบิดงอหรือทำให้รูระหว่างเส้นใยเล็กลง ซึ่งพบว่าผ้าเคลือบมีความหนาแน่นของผ้าทอเคลือบสารดังกล่าวมีค่าลดลงจาก 4.37 เหลือ 3.89 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าไม่เคลือบ ซึ่งการส่องผ่านแสงผ่านเนื้อผ้ายังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ประกอบอีกด้วย เช่น ลักษณะการทอเป็นต้น ดังรูปที่ 5 ก) - ง) นอกจากนี้



รูปที่ 2 ภาพ FESEM ก) ผ้าไม่เคลือบ และผ้าเคลือบด้วยความเร็ว 4.6 เมตรต่อนาที ที่กำลังขยาย ข) 5,000 เท่า และ ค) 10,000 เท่า

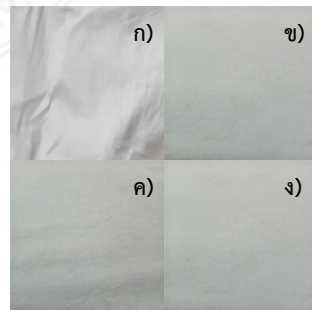


รูปที่ 3 EDS ก) ผ้าไม่เคลือบ ข) ผ้าเคลือบ ด้วยโซเดียมไคโอโรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ โพลิไวนิลแอลกอฮอล์ และน้ำยาปรับผ้านุ่ม



รูปที่ 4 ก) UPF (กราฟแท่ง) และค่า UV-A (▲) และ ข) ค่าการส่องผ่านแสงของผ้าฝ้ายเปรียบเทียบกับที่ไม่เคลือบ

สีผ้าก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ผ้ามีความต้านทานรังสียูวีสูงกว่าผ้าที่ยังไม่เคลือบ เนื่องจากผ้าเคลือบจะดูดกลืนแสงในช่วงที่มองเห็นได้ (Visible Light) และรังสียูวี ซึ่งเกิดจากเม็ดสีและลิกนินเป็นตัวดูดซับยูวี [2] โดยเมื่อผ้าหรือเส้นใยถูกฟอกขาว เช่น กระบวนการเมอร์เซอร์ไรซ์ที่เป็นกระบวนการปรับปรุงผิวผ้าฝ้ายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ผ้าฝ้ายมีความเงาวาวมากขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้สารสี หรือลิกนินถูกกำจัดทำให้สูญเสียสมบัติดังกล่าว จากการศึกษพบว่าการใช้สาร



รูปที่ 5 ภาพถ่ายผ้า ก) ผ้าไม่เคลือบ และผ้าเคลือบด้วย ข) PVA40 ค) PVA50 และ ง) PVA60

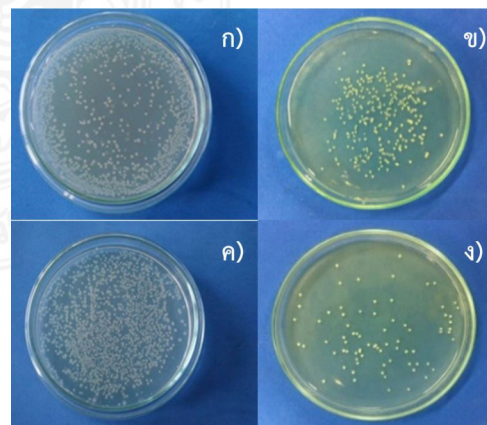
เคลือบผ้าชนิดเดียวกันและความเข้มข้นต่างกันแสดงให้เห็นว่าค่า UPF มีค่าแตกต่างกันด้วย ในขณะที่ผ้าที่ความสว่างกว่าจึงดูดกลืนแสงได้น้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าการส่องผ่านแสง รูปที่ 4 ข) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นสีเคลือบที่เพิ่มขึ้นหรือโชนสีที่เข้มกว่าจะมีค่า UPF ที่สูงกว่าผ้าสีขาว [2] โดยมีค่าการส่องผ่านน้อยกว่าร้อยละ 20 ในขณะเดียวกัน ความลึกของสีมีอิทธิพลต่อความป้องกันรังสียูวีได้เช่นกัน

3.3 การยับยั้งแบคทีเรีย

การทดลองยับยั้งแบคทีเรียตามมาตรฐาน AATCC Test Method 100-2004 ผลการทดลองเส้นด้ายผ่านการเคลือบด้วยโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ น้ำยาปรับผ้านุ่ม และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ดังรูปที่ 6 ก) - ง) พบว่าเส้นด้ายเคลือบสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ถึงร้อยละ 87 ในเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 6 ข) ผลการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *E. coli* ที่เวลา 24 ชั่วโมง เส้นด้ายเคลือบสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ถึงร้อยละ 91 ดังรูปที่ 6 ง) เพราะในสารเคลือบยังมีกลุ่มไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl Radical, OH) ในหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Groups) ของสารเคลือบ มีฤทธิ์รุนแรงต่อเซลล์ของแบคทีเรีย โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะถูกออกซิไดซ์ ทำให้เกิดการเสียหายของโปรตีนและไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทำให้เกิดภาวะความผิดปกติของระบบควบคุมการแพร่ของสารต่างๆ เข้า-ออกเซลล์ เซลล์หยุดการเจริญเติบโตหรือทำลายเยื่อหุ้ม โครงสร้างโมเลกุล และโปรตีนภายในเซลล์

นอกจากนี้กลไกการยับยั้งแบคทีเรียของสารกระตุ้นที่เติมลงไปนีสีย้อม เนื่องจากเมื่อไอออนของโลหะจะสัมผัสกับผนังเซลล์ ซึ่งสามารถแพร่กระจายประจุไปเกาะตามผนังและแทรกเข้าไปภายในเซลล์ ทำให้เกิดภาวะรวมตัวของดีเอ็นเอ (DNA Condensation) ภายในเซลล์ ประจุของโลหะเข้าไปจับเอนไซม์โปรตีนเนส

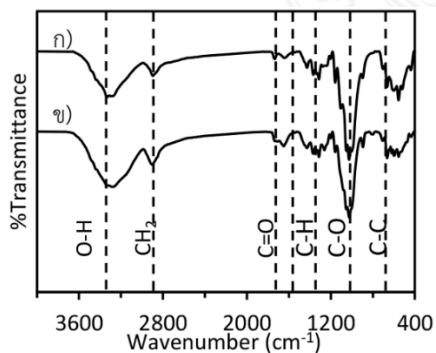
(Proteinase) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบเมตาบอลิซึมของเซลล์ ซึ่งจะจับกับหมู่ซัลฟิไดรล (-SH) ที่มีอะตอมของซัลเฟอร์ (S) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีประจุเป็นลบ (S^{2-}) และทำให้เกิดกระบวนการทำงานของเอนไซม์หยุดการทำงานเซลล์แบคทีเรียจึงหยุดการเจริญเติบโตเสื่อมสภาพ และตายในที่สุด และการที่แบคทีเรีย *E. coli* สามารถยับยั้งได้สูงกว่า *S. aureus* นั้น เนื่องจาก *S. aureus* มีผนังเซลล์ที่หนากว่า *E. coli* [11]-[13] สมบัติยับยั้งแบคทีเรียของแมกนีเซียมคลอไรด์และธาตุกลุ่มคลอไรด์ อธิบายได้ด้วยการจับกันทางชีวภาพของแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ซึ่งมีรัศมีไอออน (Ionic Radius) น้อย และมีความหนาแน่นประจุ (Charge Density) สูง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เนื่องจากความหนาแน่นประจุสูงของแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) ทำให้ไอออนบวกเป็นตัวให้โปรตอนโมเลกุลของน้ำมากขึ้น ไอออนนี้ทำให้เกิดการยับยั้งแบคทีเรีย ซึ่งเกี่ยวกับปฏิกิริยาออสโมซิส การขนส่งสารระหว่างเซลล์ ปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับโปรตีนและลิปิด ทำให้เกิดความผิดปกติของการยอมให้สารผ่านเข้าเซลล์ (Membrane Permeability) และศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane Potential) ทำให้เซลล์หยุดการเจริญเติบโตในที่สุด [14], [15]



รูปที่ 6 การกระจายตัวแบคทีเรียของ *S. aureus* ก) เวลาเริ่มต้น ข) ที่เวลา 24 ชม. และการกระจายตัวแบคทีเรียของ *E. coli* ค) เวลาเริ่มต้น ง) ที่เวลา 24 ชม.

3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย FTIR

ผลการศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารเคลือบที่ติดบนเส้นด้ายเคลือบด้วยเทคนิค FTIR ช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-4,000 ต่อเซนติเมตร ดังรูปที่ 7 พบว่าตำแหน่งเลขคลื่นหลักของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ตำแหน่ง 3280, 2917, 1730, 1425, 1324, 1024 และ 839 ต่อเซนติเมตร ซึ่งเกิดการสั่นของโครงสร้างต่าง ๆ คือ การยืดออกของ O-H ของหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) การยืดแบบไม่สมมาตรของหมู่ CH_2 การสั่นของ $\text{C}=\text{O}$ ที่พบได้ในโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และเซลลูโลสในฝ้าย การสั่นแบบเบี่ยงเบนของ C-H ของ CH_2 โครงสร้าง C-H การสั่นของ C-O ของหมู่อะซีทิล (Acetyl Groups) และการสั่นของโครงสร้าง C-C ตามลำดับ [16] สำหรับที่ตำแหน่งเลขคลื่นที่แสดงถึงโครงสร้างเซลลูโลสของเส้นด้ายฝ้าย จะเกิดการสั่นของ C-H, การงอของ C-H การสั่นของโครงสร้าง C-OH และการสั่นออกนอกระนาบของ C-C ของโครงสร้างวงแหวนเบนซีน (Benzene Rings) ที่ตำแหน่งเลขคลื่นที่ 2900, 1420, 1150, 1024 และ 891 ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่ตำแหน่งเลขคลื่นที่ 3431, 1725 และ 1014 ต่อเซนติเมตร จะเป็นการสั่นของ O-H, $\text{C}=\text{O}$ และการสั่นออกนอกระนาบของ O-H ในโครงสร้างหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl Groups) [17] จากผลการวิเคราะห์พบองค์ประกอบทางเคมีที่มีอิทธิพลต่อการ



รูปที่ 7 FTIR ก) ฝ้าย และ ข) เส้นด้ายเคลือบด้วยสารเคลือบ

ยับยั้งแบคทีเรีย คือ หมู่ไฮดรอกซิล และหมู่คาร์บอกซิลิกในเซลลูโลสและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ตามลำดับ ซึ่งหมู่ทั้ง 2 ก็สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้เช่นกัน

ในขณะที่ไม่สามารถตรวจพบองค์ประกอบของน้ำยาปรับผ้านุ่มที่ขายตามท้องตลาดนั้น มักเป็นสารประกอบ ควอเทอร์นารี แอมโมเนียม (Quaternary Ammonium Compounds) ที่มีตำแหน่งเลขคลื่นหลักที่ 2925 และ 2850 ต่อเซนติเมตร [18]

4. สรุป

ด้ายที่เคลือบด้วยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 0.45 โมลาร์ โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตแมกนีเซียมคลอไรด์ ด้วยเครื่องกรอด้วย ซึ่งพบธาตุดังกล่าวติดบนพื้นผิวของด้ายที่เคลือบด้วยความเร็ว 4.6 เมตรต่อนาที แล้วนำไปทอหม้อด้วยกึ่งรถูก นำไปศึกษาการป้องกันรังสียูวีของด้ายเคลือบอยู่ในระดับมีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้สูงสุด ผลการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ถึงร้อยละ 87 และ 91 ตามลำดับ เนื่องจากมีการยับยั้งแบคทีเรียนั้นเพราะมีโครงสร้างทางเคมีของธาตุที่เคลือบติดบนเส้นด้ายเคลือบซึ่งได้จากผลการวิเคราะห์ด้วย FTIR พบว่าตำแหน่งเลขคลื่นหลักของเซลลูโลสและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเกิดการสั่นของโครงสร้างในกลุ่มไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอกซิลิก ตามลำดับ ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบรายได้ปี 2562 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. W. Kan, "A Study on Ultraviolet protection of 100% cotton knitted fabric:

- Effect of fabric parameters,” *The Scientific World Journal*, vol. 2014, pp. 1-10, 2014.
- [2] P. D. Dubrovski, *Woven fabric engineering: Woven fabrics and ultraviolet protection*, 1 st ed. BoD–Books on Demand, 2010.
- [3] A.Sivakumar, R. Murugan, K. Sundaresan and S. Periyasamy, “UV protection and self-cleaning finish for cotton fabric using metal oxide nanoparticles,” *Indian journal of Fibre and Textile Research*, vol. 38, no. 3, pp. 285-292, 2013.
- [4] M. Masae, L. Wanapong, L. Sikong, P. Choopool and P. Kongsong, “Hydrophobic and antibacterial activity of silk textile surfaces using reduced graphene oxide (rGO) and TiO₂ coating,” *Journal of Materials Science and Applied Energy*, vol. 7, no. 3, pp. 307-316, 2018.
- [5] M. Masae, P. Pitsuwan, T. Sriwang, S. Sukwisut and P. Choopool, “Hydrophobicity and antibacterial activity of coated cotton fabrics with chitosan, TiO₂ and SiO₂,” *Journal of Science and Technology*, vol. 11, no. 21, pp. 165-178, 2019.
- [6] M. Periolatto, F. Ferrero, C. Vineis, A. Varesano and G. Gozzelino, “Novel Anti microbial Agents and Processes for Textile Applications,” *Antibacterial Agents*, vol. 17, 2017.
- [7] M. D. Zahidul Islam, “Effect of Winding Speed on Yarn Properties,” *Journal of Engineering Research and Application*, vol. 9, no. 3, pp. 28-34, 2019.
- [8] M. Shanbeh, B. Baghaei, S. Alidadi and A. Tabibi, “Coating of Core Yarn. An Alternative Method of Decreasing the Strip-back Phenomenon of Core-spun Yarns,” *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol. 19, no. 5, pp. 28-32, 2011.
- [9] Z. Yildiz, I. Usta and A. Gungor, “Investigation of the electrical properties and electromagnetic shielding effectiveness of polypyrrole coated cotton yarns,” *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol. 2, no. 98, pp. 32-37, 2013.
- [10] G. Daniele, B. Laura, D. L. Sara, P. Patrizia, S. Arianna, C. Francesca, S. Francesco, Z. Gaetano and R. Annalisa, “UV protective properties of cotton and flax fabrics dyed with multifunctional plant extracts,” *Dyes and Pigments*, vol. 105, pp. 89-96, 2014.
- [11] W. Sriwittayakul, T. Rungrodejarnuati, T. Srimuni, M. Masae and P. Choopool, “Antibacterial activity and solar UV-protective properties of cotton dyed with natural dye compared with commercial yellow robe,” *RMUTI JOURNAL Science and Technology*, vol. 12, no. 1, pp. 27-41, 2019.
- [12] F. Ruipérez, J. I. Mujika, J. M. Ugalde, C. Exley and X. Lopez, “Pro-oxidant activity of aluminum: promoting the Fenton reaction by reducing Fe (III) to Fe (II),” *Journal of Inorganic Biochemistry*, vol. 117, pp. 118-123, 2012.
- [13] F. S. Ghaheh, S. M. Mortazavi, F. Alihosseini, A. Fassihi, A. S. Nateri and D. Abedi,

- “Assessment of antibacterial activity of wool fabrics dyed with natural dyes,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 72, pp. 139-45, 2014.
- [14] R. J. Lambert and M. Stratford, “Weak-acid preservatives: modelling microbial inhibition and response,” *Journal of Applied Microbiology*, vol. 86, no. 1, pp. 157-164, 1999.
- [15] P. O. Alarcón, K. Sossa, D. Contreras, H. Urrutia and A. Nocker, “Antimicrobial properties of magnesium chloride at low pH in the presence of anionic bases,” *Magnesium Research*, vol. 27, no. 2, pp. 57-68, 2014.
- [16] P. Garside and P. Wyeth, “Identification of cellulosic fibres by FTIR spectroscopy- thread and single fibre analysis by attenuated total reflectance,” *Studies in conservation*, vol. 48, no. 4, pp. 269-275, 2003.
- [17] A. Kharazmi, N. Faraji, R. M. Hussin, E. Saion, W. M. Yunus and K. Behzad, “Structural, optical, opto-thermal and thermal properties of ZnS-PVA nanofluids synthesized through a radiolytic approach,” *Beilstein Journal of Nanotechnology*, vol. 6, no. 1, pp. 529-536, 2015.
- [18] Y. Liu, C. Xiao, X. Li, L. Li, X. Ren, J. Liang and T. S. Huang, “Antibacterial efficacy of functionalized silk fabrics by radical copolymerization with quaternary ammonium salts,” *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 133, no. 21, pp. 43450, 2016.