

การยับยั้งแบคทีเรียและการต้านรังสียูวีจากแสงอาทิตย์ของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีธรรมชาติเปรียบเทียบกับผ้าจิวร

Antibacterial Activity and Solar UV-Protective Properties of Cotton Dyed with Natural Dye Compared with Commercial Yellow Robe

วรวิทย์ ศรีวิทยากุล^{1*} ธฤติ รุ่งโรจน์ารักษ์¹ ทวีป ศรีมูณี¹ มาหามะสุไฮมี มะแซ¹ และภาณุมาศ ชูพูล²
Worawit Sriwittayakul, Tharueti Rungrodejarnarueti, Taweeep Srimuni, Mahamasuhaimi Masae and Parnumart Choopool

Received: June 14, 2018; Revised: October 22, 2018; Accepted: October 22, 2018

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อย้อมผ้าฝ้ายด้วยขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝาง ซึ่งเป็นสีย้อมตามธรรมชาติ โดยใช้สารช่วยติดสี คือ สารส้ม ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) ทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก เท็งื่อและน้ำ ตามมาตรฐานการทดสอบสิ่งทอ (AATCC) และศึกษาการต้านรังสียูวีของผ้าฝ้ายด้วยการคำนวณค่าการต้านรังสียูวี (Ultraviolet Protection Factor) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในสีย้อมธรรมชาติได้ด้วยเทคนิคอินฟราเรด (FT-IR Spectroscopy) การยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมทดสอบด้วยเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ซึ่งผลการทดลองผ้าย้อมสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ร้อยละ 94 และ 97 โดยสีผ้าของที่ย้อมด้วยขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝางให้สีผ้าย้อมเป็นสีเหลืองคล้ายจิวร ผลการทดลองความคงทนของสีย้อมผ้าฝ้ายพบว่ามีความคงทนของสีต่อการซัก เท็งื่อและน้ำในระดับปานกลางถึงดี การต้านรังสียูวีอยู่ในระดับค่าการต้านรังสียูวีในระดับดีมาก เป็นผลจากสารกลุ่มพอลิฟีนอลิก (Polyphenolic) และแทนนิน (Tannin) ที่มีอยู่ในขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝาง ซึ่งพืชธรรมชาติดังกล่าวก็เป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ในการย้อมผ้าจิวรและในการผลิตสีย้อมผ้าอีกด้วย

คำสำคัญ : ผ้าฝ้าย; การยับยั้งแบคทีเรีย; การต้านรังสียูวี

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkla

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา

² Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkla

* Corresponding Author E - mail Address: chan_worawit@hotmail.com

Abstract

The objective of this research was dyeing of cotton fabrics using Turmeric, Jackfruit wood and Sappan wood as a natural dye with Potassium aluminium sulfate ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) as mordant. The color fastness to washing, perspiration and water of the dyed samples was determined according to AATCC test methods. In this study the UV-protection properties were investigated on cotton fabrics. Transmittance measurements were used to calculate the ultraviolet protection factor. The chemical functional groups of the dyes were characterized by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Antibacterial activity of this dyed cotton was confirmed by exposing the fabric to *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* reduced the number of viable organisms by 94 and 97 %. Cotton fabric dyed with turmeric, jackfruit wood and sappan wood had a yellow color look, like a yellow robe. Our results revealed that color fastness to washing, perspiration and water was fair to good level. The UV protection characteristics were also very good protection due to these extract composition of polyphenolic and tannin found in turmeric, Jack fruit wood and sappan wood. These extracts contained polyphenolic and tannin. Therefore, it was suggested that these extracts have potential in producing functional dyes that could be imparted into the yellow robe dyeing natural colourant system.

Keywords: Cotton Fabrics; Antibacterial Activity; UV Protective Properties

บทนำ

การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดตามบรรพบุรุษในการย้อมผ้าที่เกี่ยวข้องกับพระพุทธศาสนา คือ การใช้สีจากแก่นขนุน ขมิ้น และไม้ฝาง มาย้อมผ้าจิวรานั้นยังมิให้เห็นในทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งในภาคใต้ นั้นนิยมใช้ไม้จากแก่นขนุน เพราะขนุนเป็นพืชที่พบได้ง่ายในพื้นที่ โดยปัจจุบันวัดเขาล้อม (ควนจง) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ยังอนุรักษ์ให้มีการย้อมผ้าจิวด้วยแก่นขนุน และการย้อมผ้าจิวด้วยไม้ฝางและแก่นขนุนยังคงสืบทอดให้เห็นจนถึงปัจจุบันอีกหลายพื้นที่ ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวถึงการย้อมผ้าด้วยสีที่ได้จากพืชนั้นมีมากมาย ซึ่งมีการศึกษาการย้อมผ้าไหมด้วยสีจากไม้โกงกางย้อม [1] การใช้ดอกไม้บานาชนิดของประเทศอิตาลีในการย้อมผ้าฝ้ายและผ้าลินิน [2] การย้อมสีผ้าขนสัตว์ด้วยชาดำและเค็มสารช่วยติดหรือสารกระตุ้นต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความคงทนของสี ได้แก่ คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) เป็นต้น ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพของโลหะเหล่านี้ต่อค่าความคงทนของสี พบว่าผ้าย้อมที่ใช้สารช่วยติดเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ทำให้ผ้าขนสัตว์มีสีติดคงทนได้ดีกว่าสารช่วยติดอื่น ๆ [3] และสารช่วยติดในกลุ่มเหล็ก (Fe) ยังมีผลต่อการต้านรังสียูวีได้อีกด้วย [4] อีกทั้งการวิจัยสกัดสีด้วยใบพืช

จำพวกผักชีล้อมผสมกับสารช่วยติดสี คือ สารส้ม ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) และสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) แล้วย้อมผ้าฝ้ายและทดสอบความคงทนของสี ซึ่งทำให้ผ้าย้อมสีดังกล่าวมีค่าความคงทนของสีได้ดี [5] การศึกษาการใช้สารสกัดสีย้อมจากพืชของจีน ชื่อว่า ไชนีสกอล (Chinese Gall) หรือส้มผสมสารส้ม ย้อมสีผ้าขนสัตว์และทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E. coli*) ได้ถึงร้อยละ 96.55 เนื่องจากพืชดังกล่าวมีกรดแกลลิก (*Gallic Acid*) เป็นส่วนประกอบทางเคมี [6] การย้อมผ้าขนสัตว์โดยใช้สีจากธรรมชาติ ได้แก่ กุหลาบแดง ชาเขียว ขมิ้นชัน ใบเทียนกิ่ง (*Henna*) และสารส้ม มาทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) และแกรมลบ คือ *Escherichia coli* (*E. coli*) และ *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) ผลทดสอบสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ถึง 80 - 99.8 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังมีความคงทนของสีด้วย [7] นอกจากนี้ได้มีการใช้สีธรรมชาติมาผสมเพื่อผลิตภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับถนอมอาหารป้องกันเชื้อราได้ คือ ขมิ้นชัน ฟรัง และเทียนกิ่ง (*Henna*) พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อราได้ เนื่องจากในพืชดังกล่าวมีโครงสร้างทางเคมี คือ เคอร์คิวมิน (*Curcumin*) และเทอฟลาวินบี (*Terflavin B*) ที่พบในขมิ้นชัน สำหรับกรดเชบูลินิก (*Chebulinic Acid*) พบในต้นสมอ (*Terminallia*) ส่วนลอสัน (*Lawson*) พบในใบเทียนกิ่ง อีกทั้งเบต้าแคโรทีน ดี-อะราบิโนส (*D-Arabinose*) และแอลอะราบิโนส (*L-Arabinose*) พบในฝรั่ง [8] การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพืชในธรรมชาติที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrometer) พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของโครงสร้างที่เป็นกรดแกลลิก ซึ่งมีโครงสร้างของแกลโลแทนนิน (*Gallotannin*) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์จากพอลิฟีนอลมอนอเมอร์ (*Polyphenol Monomer*) และกลุ่มไฮดรอกซิล (*Hydroxyl Group*) อีกทั้งยังมีองค์ประกอบของพอลิแอล คาร์โบไฮเดรต (*Polyol Carbohydrate*) เป็นโครงสร้างของกลูโคส (*Glucose*) จากข้อมูลที่ได้กล่าวมา กรดแกลลิกจะมีองค์ประกอบทางเคมีของเดฟไซด์ โมอีตี (*Depside Moiety*) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่ได้จากสีย้อมจากพืชในธรรมชาติ [9] - [10] นอกจากนี้แล้วการใช้ส่วนต่าง ๆ ของขนุนกับการรักษาโรคตามภูมิปัญญาท้องถิ่น เช่น เนื้อและรากขนุนสามารถรักษาอาการไข้และท้องเสียได้ (*Diarrhea and Fever*) ไม้ขนุนรักษาลมชัก (*Convulsions*) ใบช่วยให้น้ำนมของแม่ไหลได้ดีและรักษาแผลได้อีกด้วย เป็นต้น แก่นไม้ขนุนมีองค์ประกอบทางเคมี คือ สารฟลาโวนอยด์ (*Flavonoids*) แทนนิน (*Tannins*) อัลคาลอยด์ (*Alkaloids*) ซัฟโฟนิน (*Saponins*) สเตอรอล (*Sterols*) และไตรเทอพินอยด์ (*Triterpenoids*) เป็นต้น ซึ่งใบ เมล็ด แก่นไม้ และรากสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทั้งแกรมลบและแกรมบวก [11] - [12] สารฟลาโวนอยด์ยังช่วยสร้างเกล็ดเลือด และมีสารช่วยลดน้ำตาลในเลือดด้วย แก่นไม้ฝางใช้อย่างแพร่หลายในตำรายาท้องถิ่น ในทางการแพทย์แผนจีนได้ใช้ไม้ฝางเป็นยา เช่น บำรุงระบบหมุนเวียนเลือด (*Blood Circulation*) ยาระงับการปวดและการอักเสบ ยาแก้แพ้ (*Anti-Inflammatory*) รักษาผิว สารต้านอนุมูลอิสระ (*Antioxidant*) รวมทั้งสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น ภูมิปัญญาท้องถิ่นในประเทศไทยใช้แก่นฝางในการรักษาวัณโรค (*Tuberculosis*) ท้องเสีย และผิวหนังที่เกิดจากแบคทีเรีย เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีในไม้ฝางประกอบไปด้วย กลุ่มฟีนอลิก (*Phenolic Components*) เช่น แซนโทน (*Xanthone*) เคมาริน (*Coumarin*) ฟลาโวน (*Flavones*) โฮโมไอโซฟลาโวนอยด์ (*Homoisoflavonoids*) และบราซิลิน (*Brazilin*) เป็นต้น [13] - [15] บราซิลินเป็นสารย้อมสีแดงตามภูมิปัญญาท้องถิ่น อีกทั้งยังมีการศึกษาการนำไม้ฝางมาสกัดสารบราซิลินโดยต้มกับน้ำแล้วเก็บสารละลายผสมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ทำเป็นสีย้อมเซลล์อาทิตย์ซึ่งสามารถให้ค่าการนำไฟฟ้า

ได้ดีอีกด้วย [16] ในปัจจุบันปัญหาโลกร้อนเป็นสิ่งที่ทุกคนตระหนัก การดำรงชีวิตของมนุษย์และการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการทำลายสิ่งแวดล้อมและชั้นโอโซนในชั้นบรรยากาศโลก โดยที่โอโซนมีหน้าที่ป้องกันรังสียูวีโดยจะดูดกลืนและป้องกันไม่ให้ทะลุผ่านลงมาสู่ผิวโลก ทำให้รังสียูวีลงมาถึงผิวโลกมากขึ้น อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น และส่งผลให้เกิดโรคผิวหนังที่เกิดจากแสง เช่น ผิวคล้ำแดด เทียวย่น เกิดฝ้าและมะเร็งผิวหนัง เป็นต้น เนื่องจากภูมิคุ้มกันถูกแสงยูวีทำลาย นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการต้านรังสียูวีในผ้า ซึ่งนอกจากองค์ประกอบของผ้า โครงสร้างของผ้า สีของผ้า สารเคมี และสารเติมแต่งยังสามารถป้องกันรังสียูวีได้ด้วย [17] ซึ่งจะส่งผลต่อสุขภาพร่างกายของผู้สวมใส่ได้ อีกทั้งยังมีการศึกษาสมบัติการป้องกันรังสียูวีของผ้าฝ้ายย้อมสีที่ได้จากพืชต่าง ๆ ซึ่งผลการทดสอบสามารถป้องกันรังสียูวีได้ถึงร้อยละ 20 - 35 เนื่องจากในพืชเหล่านั้นประกอบด้วยสารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกที่มีสมบัติป้องกันรังสียูวีได้ [2]

ในการวิจัยครั้งนี้ได้มุ่งเน้นการย้อมผ้าฝ้ายด้วยพืชธรรมชาติให้มีสมบัติในการมีความคงทนของสี การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และการต้านรังสียูวี โดยใช้พืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝาง เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีอันตรายที่ทำลายสิ่งแวดล้อม และทำการทดสอบด้วยการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและสมบัติป้องกันรังสียูวี โดยเปรียบเทียบกับผ้าจีวรที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

วิธีดำเนินการวิจัย

ผ้าฝ้าย (Cotton Fabric: CF) จากร้านเล็กสโตร์ จังหวัดสงขลา แห่ผงซักฟอก 30 นาที ล้างน้ำสะอาดแล้วตากให้แห้ง ขั้นตอนการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติมีดังนี้ คือ นำผ้าที่ซักและตากให้แห้งแล้วใส่ลงในน้ำสกัดสีจากธรรมชาติผสมกับสารกระตุ้นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยอัตราส่วนผ้าฝ้าย : สีย้อมธรรมชาติ : สารช่วยติดสี : น้ำเท่ากับ 0.5 : 1.0 : 0.04 : 40 โดยน้ำหนัก ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้สารช่วยติดสี คือ สารส้ม ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) และสีย้อมธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ คือ ขมิ้น (Turmeric: T) ไม้ขนุน (Jack Fruit Wood: J) และไม้ฝาง (Sappan Wood: S) จากร้านไทรบุรีโอสถ จังหวัดสงขลา หลังจากนั้นตากผ้าที่ย้อมเรียบร้อยแล้วให้แห้ง แล้วทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติเปรียบเทียบกับผ้าจีวร (Yellow Robe: Y) ยี่ห้อหนึ่งที่วางขายในท้องตลาดต่อไป

การวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ

นำสีย้อมผ้าจากพืชและสีย้อมผ้าจีวรสังเคราะห์วิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิค Inductively Couple Plasma (ICP) รุ่น AVIO 500 บริษัท Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีของผ้าฝ้ายย้อมสีด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) รุ่น VERTEX 70 บริษัท Bruker ประเทศสหรัฐอเมริกา ศึกษาภาพถ่ายเชื้อแบคทีเรียที่ถูกทำลายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) รุ่น Quanta 400 บริษัท FEI ประเทศสหรัฐอเมริกา ทดสอบสมบัติความแตกต่างสี (The Color Difference: ΔE) ระหว่างผ้าตัวอย่างเปรียบเทียบกับจีวรยี่ห้อหนึ่งที่วางขายในท้องตลาดด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) รุ่น SC80B บริษัท SADT ประเทศจีน เป็นแหล่งกำเนิดแสงและตรวจจับสี บันทึกค่า L^* , a^* และ b^* และคำนวณค่าความแตกต่างสีของตัวอย่างจากสมการที่ (1) [18]

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

เมื่อ

ΔE	คือ	ค่าความแตกต่างสี
ΔL^*	คือ	ค่าความแตกต่างของความสว่าง (Lightness)
Δa^*	คือ	ค่าความแตกต่างของสีระหว่างสีแดงและสีเขียว
Δb^*	คือ	ค่าความแตกต่างของสีระหว่างสีเหลืองและสีฟ้า

ตัวอย่างฝ้ายอมทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก เท็งอ และน้ำ ตามมาตรฐานทดสอบสิ่งทอ AATCC Test Method 61-2010, AATCC TM 15: 2009 และ AATCC Test Method 107-2009 ตามลำดับ ซึ่งระดับความคงทนสีแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับค่าความคงทนของสี [2]

สีเปลี่ยนจากเดิม (Color Change)		สีตกติด (Color Strain)	
ระดับ	หมายถึง	ระดับ	หมายถึง
5	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี	5	ไม่มีการตกติดของสี
4	สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	4	สีตกติดเล็กน้อย
3	สีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้	3	สีตกติดพอสังเกตเห็นได้
2	สีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก	2	สีตกติดค่อนข้างมาก
1	สีเปลี่ยนแปลงมาก	1	สีตกติดมาก

น้ำสีและฝ้ายอมสียวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนของแสงที่สียอมดูดซับไว้ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrometer) รุ่น GENESYS™ 10S บริษัท Thermo Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา และทดสอบการต้านรังสียูวีของผ้าฝ้ายด้วยมาตรฐาน (AATCC Test Method 183-2004) [2] ค่าความต้านทานรังสียูวีคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$UPF = \frac{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}}{\sum_{280}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} T_{\lambda} \Delta_{\lambda}} \quad (2)$$

เมื่อ

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

ค่า UPF จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการป้องกันแสงแดดของวัสดุสิ่งทอ โดยบอกเป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสียูวีที่สัมผัสผิวเมื่อมีผ้าทดสอบป้องกันอยู่ต่อปริมาณรังสีที่สัมผัสผิวเมื่อไม่มีผ้าทดสอบ (ปริมาณรังสีที่ได้จากการคำนวณ) ซึ่งการกำหนดค่าความสามารถในการป้องกันรังสีเป็น UPF ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับค่า UPF ในการป้องกันรังสียูวี [2]

ช่วงค่า UPF	ระดับการป้องกันรังสียูวี	เปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของรังสียูวี
< 15	มีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้น้อย (ปริมาณรังสีที่ป้องกันได้อยู่ต่ำกว่า 93.3 เปอร์เซ็นต์)	> 6.7
15 - 24	มีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดี (ปริมาณรังสีที่ป้องกันได้อยู่ในช่วง 93.3 - 95.9 เปอร์เซ็นต์)	6.7 - 4.2
25 - 39	มีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดีมาก (ปริมาณรังสีที่ป้องกันได้อยู่ในช่วง 96.0 - 97.4 เปอร์เซ็นต์)	4.1 - 2.6
40 - 50, 50+	มีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้สูงสุด	≤ 2.5

ตัวอย่างผ้าทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *S. aureus* และ *E. coli* โดยเริ่มต้นจากการนำเชื้อแบคทีเรีย (ได้การอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) ใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลว (Tryptic Soy Broth) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงใน 0.85 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaCl) ในน้ำกลั่นปริมาตร 9 มิลลิลิตร โดยใช้วิธี Serial Dilution Method แล้วนำเชื้อมาเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร หยดบนอาหารแข็ง สำหรับเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบจะใช้อาหาร MacConkey Agar ส่วนเชื้อ *S. aureus* ที่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกใช้อาหาร Nutrient Agar โดยใช้เทคนิค Spread Plate แล้วเจือจางจำนวนเชื้อให้อยู่ในช่วง 30 - 300 โคโลนี หลังจากรู้ความเข้มข้นของเชื้อตั้งต้นแล้วนำเชื้อที่ได้เตรียมความเข้มข้นเชื้อประมาณ 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียของสิ่งทอตามมาตรฐาน AATCC Test Method 100-2004 และคำนวณอัตราการลดลงของแบคทีเรีย (R) ได้โดยสมการที่ (3)

$$R = 100(A - B) / A \quad (3)$$

เมื่อ

R คือ เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อแบคทีเรีย
 A คือ เชื้อแบคทีเรียเริ่มต้นทั้งหมด
 B คือ เชื้อแบคทีเรียที่เหลือ

ผลการวิจัย

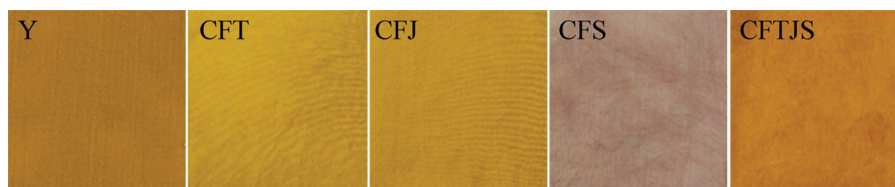
1. ลักษณะทางกายภาพและความคงทนของสี

จุดมุ่งหมายของผู้วิจัยในการย้อมผ้าที่ใช้ขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝาง เพื่อเปรียบเทียบกับผ้าจิวร ให้มีสีที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งลักษณะสีผ้าย้อมจากการมองด้วยตาเปล่าดังรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติทั้งสามชนิด คือ ขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝาง (CFTJS) จะมีสีคล้ายสีผ้าจิวร ส่วนผ้าย้อม CFT และ CFJ จะมีสีเหลืองสว่างกว่าสีจิวร ในขณะที่ผ้า CFS จะมีสีชมพูอมม่วงแตกต่างจากสีจิวรอย่างชัดเจน เมื่อวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสีผ้าย้อมสีเปรียบเทียบกับสีจิวรด้วยเครื่องวัดสีและคำนวณค่าความแตกต่างสี (ΔE) (ตารางที่ 3) จะพบว่าตัวอย่างผ้า CFTJS จะมีค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับสีผ้าจิวรน้อยที่สุด คือ 16.3 แสดงให้เห็นว่าสีย้อมธรรมชาติที่ได้จากสีย้อมผ้าผสมด้วยขมิ้น ขนุน และไม้ฝางจะมีสีใกล้เคียงกับสีจิวรมาก เนื่องจากสีย้อมผ้าที่ได้จากขมิ้นผสมกับไม้ขนุน เมื่อผสมกับน้ำสีจากไม้ฝางจะให้สีผ้าย้อมสีเหลืองหรือสีเหลืองเข้มใกล้เคียงกับสีของจิวรทั่วไป ดังรูปที่ 1 ส่วนค่าความแตกต่างสีรองลงมา คือ ผ้าย้อม CFT และ CFJ ในขณะที่ผ้าย้อม CFS ซึ่งย้อมด้วยแก่นฝางเพียงอย่างเดียวจะมีค่าความแตกต่างสีมากที่สุดถึง 43.7 นั่นคือ ผ้าย้อมสีจากไม้ฝางมีสีแตกต่างจากสีจิวรมากที่สุด เพราะผ้าย้อมฝางมีสีชมพูอมม่วง ซึ่งแตกต่างจากสีของจิวรทั่วไปมากที่สุด

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตกค้างในสีย้อมเปรียบเทียบกับน้ำสีธรรมชาติทุกสูตรและน้ำสีสังเคราะห์ย้อมผ้าจิวรยี่ห้อหนึ่งที่วางขายตามท้องตลาดด้วยเทคนิค ICP พบว่าน้ำสีธรรมชาติทุกสูตรไม่พบปริมาณโลหะหนักใด ๆ ในขณะที่ตัวอย่างน้ำสีสังเคราะห์พบปริมาณโลหะหนัก 2 ชนิด คือ ทองแดง (Cu) และโครเมียม (Cr) ปริมาณ 0.041 และ 0.014 mg/L ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสีย้อมผ้าของ Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigments Manufacturers (ETAD) ที่ยอมรับ คือ ปริมาณทองแดงและโครเมียมไม่เกิน 250 และ 100 mg/L

ตารางที่ 3 การทดสอบสมบัติความแตกต่างสีของผ้าย้อมสีธรรมชาติเปรียบเทียบกับผ้าจิวร

ตัวอย่าง	ตัวอย่าง	L^*	a^*	b^*	ΔE
ผ้าฝ้าย	CF	-	-	-	-
ผ้าจิวร	Y	50.39	26.26	40.88	0.0
ผ้าฝ้ายย้อมด้วยขมิ้น	CFT	67.5	8.88	49.95	26.0
ผ้าฝ้ายย้อมด้วยไม้ขนุน	CFJ	72.71	8.94	22.62	33.6
ผ้าฝ้ายย้อมด้วยไม้ฝาง	CFS	67.06	18.54	1.28	43.7
ผ้าฝ้ายย้อมด้วยขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝาง	CFTJS	59.75	20.17	52.74	16.3



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบสีด้วยสายตาของลักษณะสีผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติเทียบกับผ้าจิ๋ว

ตารางที่ 4 ความคงทนของสีต่อการซัก ต่อเหงื่อและต่อน้ำ

ผลการทดลอง	ความคงทนของสี					
	ต่อการซัก		ต่อเหงื่อ		ต่อน้ำ	
	Y	CFTJS	Y	CFTJS	Y	CFTJS
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	4.0	3.5	4.0	4.0	4.5	4.0
สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)						
ผ้าอะซีเตต (Acetate)	4.5	4.0	4.5	4.0	4.5	4.0
ผ้าฝ้าย (Cotton)	3.5	3.5	4.5	4.0	4.0	3.5
ผ้าไนลอน (Nylon)	4.5	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0
ผ้าไหม (Silk)	4.5	4.0	4.5	4.0	4.0	3.5
ผ้าสังเคราะห์ (Viscose Rayon)	4.0	4.0	4.5	4.5	4.5	4.0
ผ้าขนสัตว์ (Wool)	4.5	4.0	4.5	4.0	4.5	4.0

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ตารางที่ 4 พบว่าสีผ้าย้อมจากธรรมชาติทุกสูตร มีการเปลี่ยนสีหลังจากผ่านการซัก เหงื่อ และต่อน้ำในระดับ 3.5 - 4.0 คือ สีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนเกือบเปลี่ยนแปลงพอสังเกตเห็นได้ สำหรับความคงทนของสีโดยวิเคราะห์จากสีที่ตกติดกับผ้าขาวชนิดต่าง ๆ อยู่ในช่วง 3.5 - 4.5 คือ สีตกติดผ้าขาวเล็กน้อยจนเกือบไม่มีการเปลี่ยนแปลง การเปรียบเทียบความคงทนสีกับผ้าจิ๋ว ย้อมด้วยสีสังเคราะห์ตามท้องตลาด พบว่าผ้าย้อมธรรมชาติมีค่าความคงทนสีต่อการซักและการตกติดบน ผ้าขาวต่ำกว่าเล็กน้อย ซึ่งเกิดขึ้นจาก 1) การแตกตัวของโมเลกุลกลุ่มไฮดรอกซิลในสีย้อมธรรมชาติภายใต้สภาวะการทดสอบในสารละลายที่เป็นด่างที่ใช้ผงซักฟอกในการทดสอบ [19] 2) การสลายตัวของสารประกอบในสีย้อม เพราะอิทธิพลจากสารสัมผัสที่ใช้เป็นสารช่วยติดสีในครั้งนี้ จะเกิดสารประกอบโคออร์ดิเนชันกับน้ำ สีย้อมธรรมชาติ ซึ่งพันธะที่เกิดขึ้นจะเป็นพันธะเคมีที่แข็งแรง แต่ในขณะเดียวกันสารชนิดนี้จะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเส้นใย ซึ่งพันธะชนิดนี้เป็นพันธะที่ไม่แข็งแรง หรือป้องกันไม่ให้น้ำสีย้อมเกิดพันธะกับเส้นใย ทำให้ความคงทนสีต่อการซักล้างของผ้าย้อมสีธรรมชาติที่กระตุ้นด้วยสารสัมผัสมีค่าลดลง และมีค่าต่ำกว่าผ้าจิ๋ว เนื่องจากสีติดไม่คงทน [20] - [21]

2. ผลการยับยั้งแบคทีเรีย

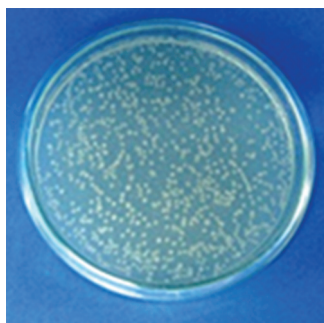
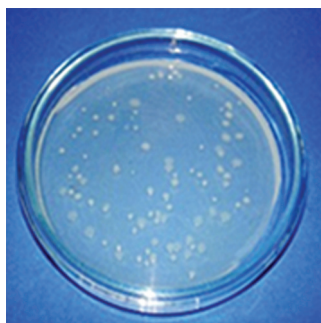
ผลการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียผ้าย้อมตามมาตรฐานทดสอบสิ่งทอ AATCC Test Method 100-2004 ซึ่งใช้เวลาทดสอบ 24 ชั่วโมง ซึ่งตัวอย่าง CFTJS ซึ่งมีสีใกล้เคียงกับตัวอย่างจิ๋วมี

ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียสูงและผลการกระจายตัวของแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบแสดงดังรูปที่ 2 (ก) - (จ) พบว่าการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* บนอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับเชื้อแบคทีเรียที่ไม่มีฝ้าย้อม ค่าความอัตราการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย (*R*) พบว่าผ้า CFTJS มีอัตราการลดลงของเชื้อแบคทีเรียมากกว่าผ้าจิวรที่ขายตามท้องตลาด โดยมีอัตราการลดลงของเชื้อแบคทีเรียทั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* สูงสุดถึง 97 และ 94 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผ้าจิวรมีอัตราการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* เพียง 52 และ 49 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์รูปร่างและโครงสร้างเซลล์แบคทีเรียหลังจากผ่านการทดสอบที่ 12 ชั่วโมง ด้วยเทคนิค SEM ทำให้เห็นรูปร่างและผนังเซลล์แบคทีเรียถูกทำลายได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 2 (ข) - (ญ) พบว่าผนังเซลล์ของเชื้อ *E. coli* บนตัวอย่าง CFTJS ถูกทำลายอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่แบคทีเรีย *E. coli* บนตัวอย่าง Y ลักษณะเซลล์จะยุบ ดังรูปที่ 2 (ข) - (ช) การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยเชื้อ *S. aureus* บนผ้า Y และ CFTJS พบเพียงผนังเซลล์มีลักษณะบวมและยุบ ดังรูปที่ 2 (ฉ) - (ญ) จากผลการทดลองดังกล่าว การที่ผนังเซลล์แบคทีเรียถูกทำลาย เนื่องจากอิทธิพลของสารแทนนินและกรดแกแลคติกที่มีอยู่ในขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฟาง รวมทั้งสารประกอบของสารส้มที่ใช้เป็นสารช่วยติดสีที่ติดในเส้นใยฝ้าย ทำให้มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ โดยทั่วไปในสีย้อมจากธรรมชาติจะมีปริมาณอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species: ROS) เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ออร์แกนิกเปอร์ออกไซด์ และซูเปอร์ออกไซด์ สารเหล่านี้จะยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายแบคทีเรียได้ นอกจากอนุมูลอิสระแล้ว ในสีย้อมยังมีกลุ่มไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl Radical: OH) จึงมีฤทธิ์รุนแรงต่อเซลล์ของแบคทีเรียโดยจะออกซิไดซ์เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนในเซลล์และมีผลต่อไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทำให้เกิดภาวะลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Lipid Peroxidation) คือ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผนังเซลล์ เกิดขึ้นในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดภาวะที่ยอมให้สารซึมผ่านได้สูงขึ้น (Permeability) ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบการยอมให้สารซึมผ่านเข้าออกจากเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติ จึงเกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ โครงสร้างโมเลกุล และโปรตีนภายในเซลล์ กลไกการยับยั้งแบคทีเรียของสารช่วยติดสีที่เคลือบไปในสีย้อม เนื่องจากเมื่อไอออนของโลหะจะสัมผัสกับผนังเซลล์ ซึ่งสามารถแพร่กระจายประจุไปเกาะตามผนังและแทรกเข้าไปภายในเซลล์ ทำให้เกิดภาวะการรวมตัวของ DNA (DNA Condensation) ภายในเซลล์ ประจุของโลหะเข้าไปจับกับเอนไซม์โปรตีนเนส (Proteinase) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับระบบเมตาบอลิซึมของเซลล์ ซึ่งจะจับกับหมู่ซัลไฟดริล (-SH) ที่มีอะตอมของซัลเฟอร์ (S) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีประจุเป็นลบ (S^{2-}) และทำให้เกิดกระบวนการทำงานของเอนไซม์หยุดการทำงานเซลล์แบคทีเรียจึงหยุดการเจริญเติบโตเสื่อมสภาพ และตายในที่สุด และการที่แบคทีเรีย *E. coli* สามารถยับยั้งได้สูงกว่า *S. aureus* นั้นเนื่องจาก *S. aureus* มีผนังเซลล์ที่หนากว่า *E. coli* จึงถูกทำลายได้ยากกว่า [22] - [23]

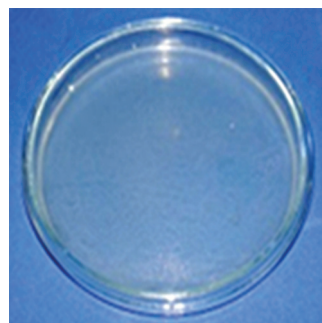
3. การต้านรังสียูวี

การทดลองวัดค่าการต้านรังสียูวี (UPF) ดังรูปที่ 3 พบว่าผ้าฝ้าย้อมขมิ้น ไม้ขนุน ไม้ฟาง และฝ้าย้อมผสมสาร 3 ชนิด มีประสิทธิภาพป้องกันรังสียูวีได้ดีมาก และสูงกว่าผ้าจิวรตามท้องตลาด ตัวอย่างผ้า CFT, CFJ, CFS และ CFTJS มีค่าการต้านรังสียูวี คือ 32.5, 47.0, 40.4 และ 27.0 ส่วนผ้า CF และ Y มีค่าการต้านทานแสงยูวีเพียง 13.8 และ 10.5 ตามลำดับ ผลการทดสอบยังพบอีกว่าค่าการส่องผ่านของรังสียูวีของแสงอาทิตย์ที่ประกอบด้วย รังสียูวีบี (UVB) และรังสียูวีเอ (UVA) ของ

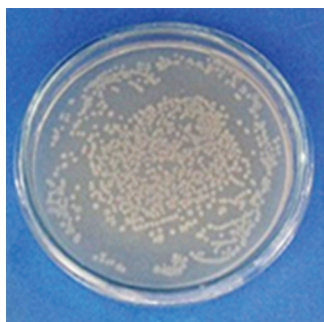
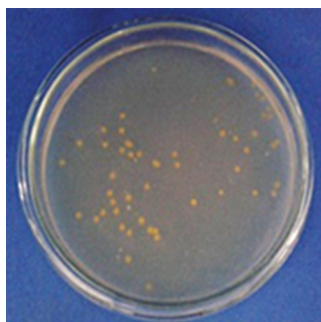
ผ้าย้อมทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานยุโรป (The European Standard for Sun Protective Clothing) คือ ถ้าหากผ้ามีค่าดังกล่าวต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือผ้าจะต้านรังสียูวีได้ดี และสอดคล้องกับมาตรฐานจีน (The Chinese National Standard GB/T18830-2002) อีกด้วย [2] สำหรับสีย้อมที่มีประสิทธิภาพต้านรังสียูวีได้นั้น เนื่องจากในสีย้อมขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฟางนั้นมีกรดแกลลิก ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแทนนินที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบกลุ่มดังกล่าวจะทำหน้าที่ดูดกลืนแสงในช่วงรังสียูวี ซึ่งมีคลื่นสั้นและพลังงานสูง กระตุ้นให้สารเหล่านี้ดูดกลืน และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน โดยอาศัยหลักการทำงาน คือ จับกับเรดิเคิลหรือออกซิเจน และกระจายรังสีที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าออกมาแทน [2], [4]

(ก) เชื้อ *E. coli* เริ่มต้น

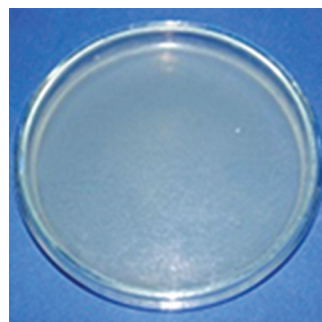
(ข) Y



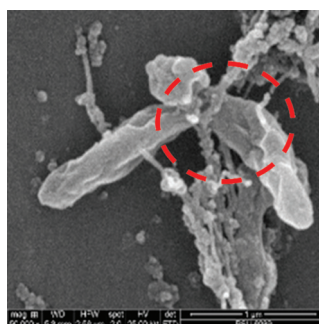
(ค) CFTJS

(ง) เชื้อ *S. aureus* เริ่มต้น

(จ) Y

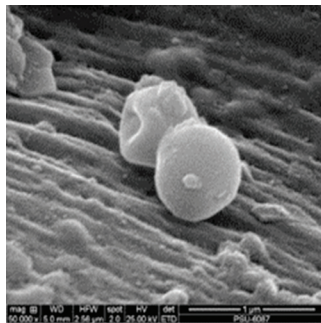
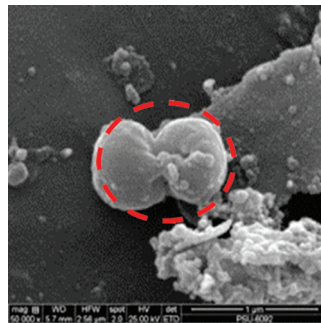


(ฉ) CFTJS

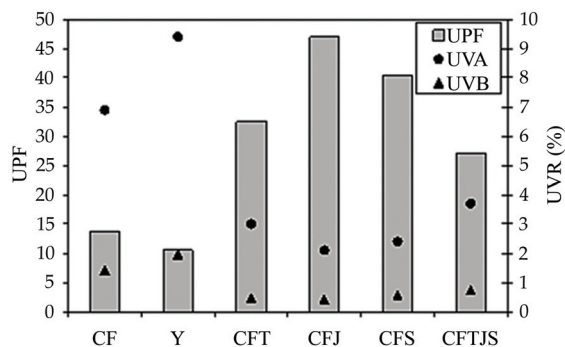
(ข) ภาพถ่าย SEM หลังทดสอบยับยั้งเชื้อ *E. coli* กับ Y

(ซ) CFTJS

รูปที่ 2 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และแบคทีเรีย *S. aureus* ของตัวอย่าง

(ฉ) เชื้อ *S. aureus* กับ Y

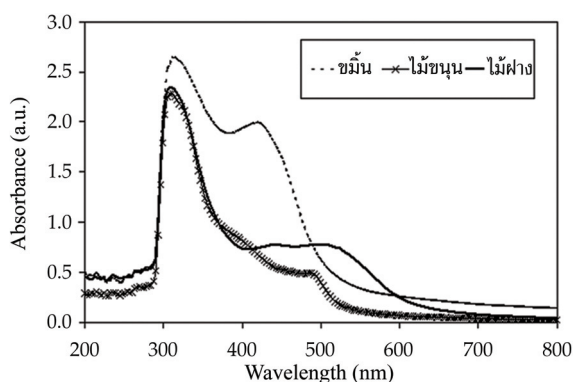
(ญ) CFTJS

รูปที่ 2 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* และแบคทีเรีย *S. aureus* ของตัวอย่าง (ต่อ)

รูปที่ 3 ผลการต้านรังสียูวีผ้าย้อมสี

4. การวิเคราะห์สีย้อมด้วยเทคนิค UV-vis

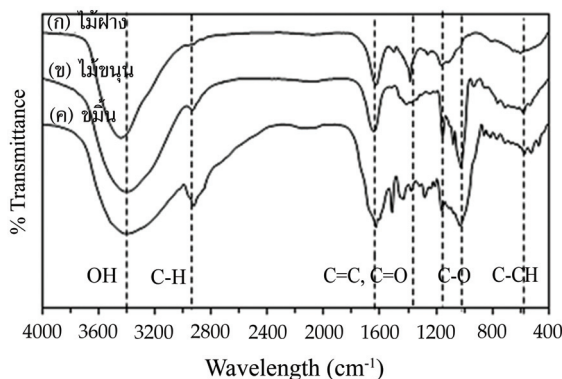
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UV-Vis แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และความยาวคลื่น (Wavelength) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมผ้าฝ้ายที่เป็นขมิ้น ไม้ขนุน และไม้ฝางจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 308 นาโนเมตร (รูปที่ 4) ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 250 - 350 นาโนเมตร จะแสดงถึงสารละลายในกลุ่มฟอลิฟินอล และกรดแกแล็กติก ยังพบว่าในขมิ้นที่อุดมไปด้วยเคอร์คูมินและฟีนอล [24] - [25] ส่วนในไม้ขนุนจะประกอบด้วยสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ แทนนิน อัลคาลอยด์ และซัพฟอนิน เป็นต้น [12], [17] และไม้ฝางจะมีองค์ประกอบทางเคมี คือ ฟีนอลิก ซึ่งจะประกอบด้วย แซนโทน คูมาริน ซาโคเน ฟลาโวน ไฮโมไอโซฟลาโวนอยด์ และบราซิลิน อีกทั้งยังมีวิตามินที่สำคัญ คือ กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acids) ไรโบฟลาวิน (Riboflavin) ไทอามิน (Thiamin) และไนอาซิน (Niacin) อีกด้วย [13] - [15] จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบที่มีอยู่ในขมิ้น ไม้ขนุน และไม้ฝางสามารถป้องกันรังสียูวีได้ ซึ่งสอดคล้องกับความยาวคลื่นที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้



รูปที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายย้อมผ้าฝ้ายและภาพแทรกเป็นสูตรโครงสร้างของกรดแกลลิก

5. การวิเคราะห์สีย้อมด้วยเทคนิค FTIR

จากผลการทดลองพบว่าสีย้อมผ้าฝ้ายด้วยน้ำสกัดจากไม้ฝาง ไม้ขนุนและขมิ้น มีตำแหน่งเลขคลื่นที่ปรากฏอย่างเด่นชัดดังรูปที่ 5 (ก) - (ค) ผลการทดลองพบว่าขมิ้นจะเกิดการสั่นที่ตำแหน่งเลขคลื่น 571 cm^{-1} แสดงถึงองค์ประกอบของแอลเคน (C-H) เลขคลื่นที่ 571 cm^{-1} แสดงถึงองค์ประกอบของแอลเคน (C-H) (รูปที่ 6) สำหรับเลขคลื่นที่ $1,161$ และ $1,028\text{ cm}^{-1}$ (ขมิ้น) (รูปที่ 6 (ค)) เลขคลื่นที่ $1,153$ และ $1,024\text{ cm}^{-1}$ (ไม้ขนุน) (รูปที่ 6 (ข)) ตำแหน่งเลขคลื่นที่ $1,160\text{ cm}^{-1}$ (ไม้ฝาง) แสดงถึงองค์ประกอบของอีเทอร์ (C-O) ตำแหน่งเลขคลื่นที่ $1,514\text{ cm}^{-1}$ (ขมิ้น) $1,645\text{ cm}^{-1}$ (ไม้ขนุน) และ $1,627\text{ cm}^{-1}$ (ไม้ฝาง) แสดงถึงองค์ประกอบของเอสเทอร์และคาร์บอนิล (C=O) ที่ตำแหน่งคลื่นที่ $1,627\text{ cm}^{-1}$ (ขมิ้น) $1,410$ (ไม้ขนุน) และ $1,384\text{ cm}^{-1}$ (ไม้ฝาง) แสดงถึงองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนโซปีค (C=C) ในตำแหน่งเลขคลื่นที่ $3,200 - 3,600\text{ cm}^{-1}$ แสดงถึงองค์ประกอบของไฮดรอกซิล (O-H) ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR ข้างต้นสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ในงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบองค์ประกอบหลักในขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฝางตำแหน่งเลขคลื่นดังกล่าว [11], [13], [24] - [26]



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ด้วย FTIR

สรุปผลการศึกษา

การนำสีพืชธรรมชาติ คือ ขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฟางย้อมผ้าฝ้าย สามารถผลิตสีย้อมจากธรรมชาติได้ ซึ่งผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีย้อมจากขมิ้น ไม้ขนุนและไม้ฟางจะให้สีเหลืองที่มีค่าความแตกต่างของสีใกล้เคียงกับผ้าจีวรมากที่สุด ผ้าฝ้ายย้อมสีจากพืชดังกล่าวมีความคงทนของสีต่อการซัก เทื่อและน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงดี แต่ความคงทนของสีต่อการซักลดลงเมื่อเทียบกับผ้าจีวร อีกทั้งสีย้อมผ้าธรรมชาตินี้ไม่พบโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ ในขณะที่สีย้อมผ้าสังเคราะห์ยังคงพบโลหะหนักแต่พบในปริมาณน้อย ผ้าย้อมสีดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสียูวีได้อยู่ในระดับดี และสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้สูงถึง 94 - 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากสารประกอบในสีย้อมผ้าจากธรรมชาตินี้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

References

- [1] Punrattanasin, N., Nakpathom, M., Somboon, B., Narumol, N., Rungruangkitkrai, N., and Mongkholrattanasit, R. (2013). Silk Dyeing with Natural Dye from Mangrove Bark (*Rhizophora apiculata* Blume) Extract. **Industrial Crops and Products**. Vol. 49, pp. 122-129. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.04.041
- [2] Grifoni, D., Bacci, L., Lonardo, S. D., Pinelli, P., Scardigli, A., Camilli, F., Sabatini, F., Zipoli, G., and Romani, A. (2014). UV Protective Properties of Cotton and Flax Fabrics Dyed with Multifunctional Plant Extracts. **Dyes Pigments**. Vol. 105, pp. 89-96. DOI: 10.1016/j.dyepig.2014.01.027
- [3] Moiz, A., Ahmed, A., Kausar, N., Ahmed, K., and Sohail, M. (2010). Study the Effect of Metal Ion on Wool Fabric Dyeing with Tea as Natural Dye. **Journal of Saudi Chemical Society**. Vol. 14, Issue 1, pp. 69-76. DOI: 10.1016/j.jscs.2009.12.011
- [4] Feng, X. X., Zhang, L. L., Chen, J. Y., and Zhang, J. C. (2006). New Insights Into Solar UV-Protective Properties of Natural Dye. **Journal of Cleaner Production**. Vol. 15, pp. 366-372. DOI: 10.1016/j.jclepro.2005.11.003
- [5] Wafa, H., Imen, E., Nizar, M., and Farouk, M. (2014). Valorization of the Leaves of Fennel (*Foeniculum vulgare*) as Natural Dyes Fixed on Modified Cotton: A Dyeing Process Optimization Based on a Response Surface Methodology. **Industrial Crops and Products**. Vol. 52, pp. 588-596. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.11.019

- [6] Bin, Z., Lu, W., Liangfei, L., and Martin, W. K. (2014). Natural Dye Extracted from Chinese Gall-the Application of Color and Antibacterial Activity to Wool Fabric. **Journal of Cleaner Production**. Vol. 80, pp. 204-210. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.05.100
- [7] Fatemeh, S. G., Sayed, M. M., Farzaneh, A., Afshin, F., Ali, S. N., and Daryoush, A. (2014). Assessment of Antibacterial Activity of Wool Fabrics Dyed with Natural Dyes. **Journal of Cleaner Production**. Vol. 72, pp. 139-145. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.02.050
- [8] Mari selvam, R., Ranjit Singh, A. J. A., and Kalirajan, K. (2012). Antifungal Activity of Different Natural Dyes Against Traditional Products Affected Fungal Pathogens. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**. Vol. 2, Issue 3, pp. S1461-S1465. DOI: 10.1016/S2221-1691(12)60438-9
- [9] Chee-Yuen, G. and Aishah, A. L. (2011). Antioxidant *Parkia speciosa* Pod Powder as Potential Functional Flour in Food Application. Physicochemical Properties' Characterization. **Food Hydrocolloids**. Vol. 25, No. 5, pp. 1174-1180. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.11.004
- [10] Tian, F., Li, B., Ji, B. P., Zhang, G. Z., and Luo, Y. C. (2009). Identification and Structure-Activity Relationship of Gallotannins Separated from Chinese Gall. **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 42, Issue 7, pp. 1289-1295. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.03.004
- [11] Septama, A. W. and Panichayupakaranant, P. (2017). Antibacterial Activity of Artocarpanone Isolated from Artocarpus Heterophyllus Heartwoods Against Diarrheal Pathogens and its Mechanism of Action on Membrane Permeability. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**. Vol. 7, pp. 064-068. DOI: 10.7324/JAPS.2017.71109
- [12] Manjeshwar, S. B., Arnadi, R. S., Raghavendra, H., Jerome, D., and Harshith, P. B. (2011). Phytochemistry, Nutritional and Pharmacological Properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): A Review. **Food Research International**. Vol. 44, No. 7, pp. 1800-1811. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.02.035
- [13] Zhang, J. Y., Wu, F. H., Qu, W., and Liang, J. Y. (2012). Two New Cassane Diterpenoids from the Seeds of *Caesalpinia sappan* Linn. **Chinese Journal of Natural Medicines**. Vol. 10, pp. 0218-0221
- [14] Hai Xuan, N., Mai Thanh, T. N., Thy Anh, N., Nhi Thi, N., Dao Anh, T. P., Phuoc Ho, T., Trong Huu, P. N., Phu Hoang, D., Nhan Trung, N., Jun-ya, U., and Suresh, A. (2013). Cleistanthane Diterpenes from the Seed of *Caesalpinia sappan* and their Antiausterity Activity Against PANC-1 Human Pancreatic Cancer Cell Line. **Fitoterapia**. Vol. 91, pp. 148-153. DOI: 10.1016/j.fitote.2013.08.018
- [15] Li-yang, T., Jian-ying, L., and Jian-ye, Z. (2013). Brazilein, a Compound Isolated from *Caesalpinia sappan* Linn., Induced Growth Inhibition in Breast Cancer Cells Via Involvement of GSK-3b/b-Catenin/cyclin D1 pathway. **Chemico-Biological Interactions**. Vol. 206, pp. 1-5

- [16] Ananth, S., Vivek, P., Saravana Kumar, G., and Murugakoothan, P. (2015). Performance of *Caesalpinia sappan* Heartwood Extract as Photo Sensitizer for Dye Sensitized Solar Cells. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**. Vol. 137, pp. 345-350. DOI: 10.1016/j.saa.2014.08.083
- [17] Kan, C. W. (2014). A Study on Ultraviolet Protection of 100% Cotton Knitted Fabric: Effect of Fabric Parameters. **The Scientific World Journal**. Vol. 2014, pp. 1-10. DOI: 10.1155/2014/506049
- [18] Bamfield, P. and Hutchings, M. G. (2010). **Chromic Phenomena: Technological Applications of Colour Chemistry**. Royal Society of Chemistry.
- [19] Räisänen, R., Nousiainen, P., and Hynninen, P. H. (2002). Dermorubin and 5-Chlorodermorubin Natural Anthraquinone Carboxylic Acids as Dyes for Wool. *Textile Research Journal*. Vol. 72, Issue 11, pp. 973-976. DOI: 10.1177/004051750207201107
- [20] Jothi, D. (2008). Extraction of Natural Dyes from African Marigold Flower (*Tagetes erecta* L.) for Textile Coloration. **Autex Research Journal**. Vol. 8, No. 2, pp. 49-53
- [21] Moiz, A., Ahmed, M. A., Kausar, N., Ahmed, K., and Sohail, M. (2010). Study the Effect of Metal Ion on Wool Fabric Dyeing with Tea as Natural Dye. **Journal of Saudi Chemical Society**. Vol. 14, Issue 1, pp. 69-76. DOI: 10.1016/j.jscs.2009.12.011
- [22] Ruipérez, F., Mujika, J. I., Ugalde, J. M., Exley, C., and Lopez, X. (2012). 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
- [23] Ghaheh, F. S., Mortazavi, S. M., Alihosseini, F., Fassihi, A., Nateri, A. S., and Abedi, D. (2014). Assessment of Antibacterial Activity of Wool Fabrics Dyed with Natural Dyes. **Journal of Cleaner Production**. Vol. 72, pp. 139-145. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.02.050
- [24] Rohman, A., Sudjadi, D., Ramadhani, D., and Nugroho, A. (2015). Analysis of Curcumin in *Curcuma longa* and *Curcuma xanthorrhiza* using FTIR Spectroscopy and Chemometrics. **Research Journal of Medicinal Plant**. Vol. 9, pp. 179-186. DOI: 10.3923/rjmp.2015.179.186
- [25] Safie, N. E., Ludin, N. A., Su'ait, M. S., Hamid, N. H., Sepeai, S., Ibrahim, M. A., and Teridi, M. A. M. (2015). Preliminary Study of Natural Pigments Photochemical Properties of *Curcuma longa* L. and *Lawsonia inermis* L. as TiO₂ Photoelectrode Sensitizer. **Malaysian Journal of Analytical Sciences**. Vol. 19, Issue 6, pp. 1243-1249
- [26] Khan, M. R., Omoloso, A. D., and Kihara, M. (2003). Antibacterial activity of *Artocarpus heterophyllus*. **Fitoterapia**. Vol. 74, Issue 5, pp. 501-505. DOI: 10.1016/S0367-326X(03)00120-5