สมบัติต้านรังสียูวีและยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดง

มาหามะสูไฮมี มะแซ[1*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000
ประมวล ทรายทอง[2]
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10903
พีรวัส คงสง[3]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
และ สายใจ วัฒนเสน[4]
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ต.เขารูปช้าง อ.เมือง สงขลา 90000

** Corresponding Author: susumeme1983@yahoo.com*
[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
[2] นักวิจัยชำนาญการพิเศษ ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
[3] อาจารย์ สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
[4] อาจารย์ โปรแกรมวิชาชีววิทยาและชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้อมูลบทความ

ประวัติบทความ :
รับเพื่อพิจารณา : 15 มีนาคม 2562
แก้ไข : 8 พฤษภาคม 2563
ตอบรับ : 10 มิถุนายน 2563

คำสำคัญ :
ราข้าวแดง / สีย้อมธรรมชาติ / ความคงทนของสี / ผ้าฝ้าย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อพัฒนาการย้อมผ้าฝ้ายโดยใช้ราข้าวแดงหรือโมแนสคัส (*Monascus* spp.) โดยใช้อะลูมิเนียมโพแทสเซียมซัลเฟตหรือสารส้ม ($KAl(SO_4)_2.12H_2O$) เป็นสารช่วยติดสีพร้อมกับการย้อมสี ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก น้ำ เหงื่อ และแสง ตามมาตรฐาน AATCC ศึกษาการต้านรังสียูวีของผ้าฝ้ายด้วยการคำนวณค่าแฟกเตอร์การต้านรังสียูวี วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในสีย้อมราข้าวแดงด้วยเทคนิคฟูเรียร์-ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี และทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าย้อมต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* จากผลการทดลอง พบว่า การย้อมราข้าวแดงโดยใช้สารส้มปรับพีเอชเท่ากับ 7 สามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ร้อยละ 69 และ 97 ตามลำดับ ในเวลา 2 ชั่วโมง ผ้าที่ย้อมด้วยราข้าวแดงมีสีน้ำตาล ในขณะที่เมื่อใช้สารช่วยติดสีที่เป็นสารส้มจะมีสีน้ำตาลแดงเข้ม สีย้อมผ้าฝ้ายมีความคงทนต่อการซัก เหงื่อ น้ำ และแสงอยู่ในระดับปานกลางถึงดี การต้านรังสียูวีอยู่ในระดับค่าสูงสุด สารที่สกัดได้จากราข้าวแดงมีส่วนประกอบของสารในกลุ่มซิตรินิน ($C_{13}H_{14}O_5$) ซึ่งมีสมบัติยับยั้งแบคทีเรีย ราข้าวแดงจึงนับเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ในการย้อมผ้าฝ้ายและในการผลิตสีย้อมผ้า

UV Protection and Antibacterial Properties of Cotton Fabrics Dyed with *Monascus* spp.

Mahamasuhaimi Masae[1*],
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Boyang, Muang, Songkhla 90000
Pramuan Saithong[2],
Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10903
Peerawas Kongsong[3]
Rajamangala University of Technology Isan, Nai-muang, Muang, Nakhon Ratchasima 30000
and Saijai Wattanasen[4]
Songkhla Rajabhat University, Khoa-Roob-Chang, Muang, Songkhla 90000

* *Corresponding Author: susumeme1983@yahoo.com*

[1] *Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering.*

[2] *Researcher, Department of Applied Microbiology, Institute of Food Research and Product Development.*

[3] *Lecturer, Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering and Architecture.*

[4] *Lecturer, Department of Biology and Applied Biology, Faculty of Science.*

Article Info

Article History:
Received: March 15, 2019
Revised: May 8, 2020
Accepted: June 10, 2020

Keywords:
Monascus spp. /
Natural Dye /
Color Fastness / Cotton

Abstract

The objective of this study was to develop the cotton fabric dyeing process using *Monascus* spp. A mordant, i.e., aluminum potassium sulphate, was used to dye fabric via the use of the meta-mordanting procedures. The color fastness to washing, water, perspiration and light of the dyed samples was determined according to the AATCC test methods. The UV-protection properties of the dyed fabrics were investigated via transmittance measurement using the calculated ultraviolet protection factor. Chemical functional groups of the dyes were characterized via Fourier-transform infrared spectroscopy. Antibacterial activity of the dyed fabrics was confirmed by exposing the samples to *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. The results showed that the fabrics dyed with *Monascus* spp. and mordanted with alum to pH 7 reduced the number of viable organisms by 69% and 97%, respectively, within 2 hours. Cotton fabrics dyed with *Monascus* spp. exhibited a shade of brown, while those mordanted with alum exhibited a red brown color shade. Color fastness to washing, perspiration, water and light was noted to be at fair to good level. The UV protection characteristics of the dyed samples were excellent. *Monascus* spp. contains citrinin, which exhibits antibacterial properties. *Monascus* spp. dye therefore has a potential to serve as a functional dye and be a part of the cotton dyeing natural colourant system.

1. บทนำ

สีย้อมสิ่งทอจากธรรมชาติ คือ สีที่ได้จากธรรมชาติ สีชนิดนี้มีความปลอดภัยมากกว่าสีสังเคราะห์ นอกจากการผลิตและกระบวนการย้อมจะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังปลอดภัยกับผู้ที่สวมใส่ สีธรรมชาติเป็นสีที่สกัดได้จากใบไม้ต่างฤดูก็ให้สีที่แตกต่างกัน เช่น ไม้โกงกาง [1] ดอกไม้นานาชนิดของอิตาลี [2] หรือการใช้ชาดำย้อมสีผ้าขนสัตว์ [3] เป็นต้น รวมทั้งสีจากราบางชนิด ที่น่าสนใจ คือ สีจากราข้าวแดง (red yeast rice) เป็นสารให้สีแดงที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ใช้เป็นสีผสมอาหารในประเทศจีนมานับพันปี ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาเชื้อราสายพันธุ์นี้ จนสามารถผลิตเพื่อใช้ประโยชน์ได้ในระดับอุตสาหกรรมและประยุกต์ใช้เป็นยา เนื่องจากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลดคลอเรสเตอรอล และยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น ราชนิดนี้เป็นเชื้อราสายพันธุ์ *Monascus purpureus* ราข้าวแดงเกิดจากการหมักข้าวนึ่งด้วยราข้าวแดง เชื้อราจะเจริญเติบโตบนข้าว ย่อยข้าวและสร้างสารสีออกมา สีของราข้าวแดงเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ให้สี 6 ชนิด คือ สารให้สีส้ม รูโบรพันตาทีน (Rubropunctatine) โมนาสคอรูบรีน (Monascorubrine) รูโบรพันตามีน (Rubropunctamine) โมนาสคอรูบรามีน (Monascorubramine) สารให้สีแหลือง คือ โมนาสซีน (Monascine) และอันกาฟลาวีน (Ankaflavine) ซึ่งสารที่ให้สีแดงที่เป็นความต้องการของตลาดสูง คือ โมนาสคอรูบรามีน (Monascorubramine) [4] แต่เนื่องจากสีที่ได้จากธรรมชาติมีความคงทนสีต่อการซัก ล้างหรือเหงื่อน้อยกว่าสีสังเคราะห์ งานวิจัยจึงศึกษาเพิ่มประสิทธิภาพความคงทนของสีด้วยสารช่วยติดสี (Mordant) ต่างๆ หรือสารละลายโลหะ ได้แก่ คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) [3] เป็นต้น ซึ่งสามารถเพิ่มความคงทนของสีสกัดจากธรรมชาติได้ นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาสีย้อมธรรมชาติให้มีสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งมีการศึกษาการต้านรังสียูวีจากดวงอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นในช่วง 200-400 nm ที่เป็นสาเหตุให้ผิวหนังมนุษย์เกิดการเกรียมแดด เป็นฝ้า แห้ง กร้าน เกิดรอยเหี่ยวย่น และอาจทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการต้านรังสียูวีในผ้า คือ สารเคมีและสารเติม และสีของผ้านั่นเอง [5] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีที่สกัดด้วยราข้าวแดง เพื่อศึกษาสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและต้านทานรังสียูวีในผ้าฝ้าย และเป็นอีกทางเลือกในการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าสินค้า ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในด้านประโยชน์ใช้สอย ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการต้านรังสียูวีของผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดงที่ปรับด้วยค่าพีเอชต่างกัน
2. เพื่อศึกษาความคงทนของสีผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดง
3. เพื่อศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีย้อมผ้าด้วยน้ำสีสกัดจากราข้าวแดง ใช้ราข้าวแดงรหัสสายพันธุ์ IFRPD 4046 ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้พบว่าให้ปริมาณสารสีแดงสูงสุดถึง 222 หน่วย/100 กรัม ต่อน้ำหนักแห้ง [6] ขั้นแรกซักทำความสะอาดผ้าฝ้ายขนาด 50x50 เซนติเมตร ด้วยผงซักฟอกแล้วตากให้แห้ง เพื่อกำจัดคราบไขมันและสิ่งสกปรก การสกัดสีทำได้โดยนำราข้าวแดง 1 กรัม เติมลงในเอทานอล (99.9%, J.T. Baker, PA, USA) ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น และกวน 1 ชั่วโมง แล้วกรองเก็บน้ำสีที่สกัดได้ ย้อมผ้าฝ้ายพร้อมสารช่วยติดสี โดยนำผ้าฝ้ายมาย้อมในน้ำสีปริมาตร 250 มิลลิลิตร และสารส้มในอัตราส่วนของสารช่วยติดสี 0.44 กรัม ต่อน้ำสี 250 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 90°C เป็นเวลา 60 นาที

การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำสีทำได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (36.5-38%HCl, J.T. Baker, PA, USA) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (98%NaOH, Loba Chemie, Mumbai, India) โดยศึกษาค่าพีเอช 3, 7 และ 10 ต้มย้อมผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากตากผ้าให้แห้ง ทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก เหงื่อ น้ำ และแสง และอ้างอิงตามมาตรฐานความคงทนสีตามมาตรฐานทดสอบสิ่งทอ คือ AATCC Test Method 61-2010, AATCC TM 15:2009, AATCC Test Method 107-2009 และ AATCC TM 16: 2004 OPTION 3 ตามลำดับ

4. การทดสอบสมบัติของผ้าฝ้ายย้อมสี

น้ำสีวัดค่าพีเอชเริ่มต้นและขณะปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช รุ่น ad12, Adwa (Szeged, Hungary) ซึ่งค่าพีเอชน้ำสีเริ่มต้นเท่ากับ 4.33 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีของผ้าฝ้ายย้อมสีด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer) รุ่น Vertex70, Bruker (MA, USA) เทคนิค KBr Pellet การทดสอบความต้านทานรังสียูวีและค่าการส่องผ่านแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-vis Spectrophotometer) รุ่น Genesys 10s, Thermo Scientific (MA, USA) ตามมาตรฐาน (AATCC Test Method 183-2004) และคำนวณค่าการต้านรังสียูวี [2] จากสมการที่ (1)

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

เมื่อ: $E\lambda$ คือ ค่าความเข้มรังสีที่มีผลกระทบต่อผิวหนังมนุษย์ $S\lambda$ คือ ความเข้มแสงเชิงสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ $T\lambda$ คือ ค่าการส่องผ่านของแสงผ่านชิ้นตัวอย่างที่สามารถวิเคราะห์ได้ และ $\Delta\lambda$ คือ ความยาวคลื่นที่ใช้ทดสอบ (nm)

ซึ่งค่า UPF จะบ่งบอกความสามารถในการป้องกันรังสียูวีของวัสดุสิ่งทอ และเปรียบเทียบกับมาตรฐานการป้องกันรังสียูวี UPF [2] สำหรับผลการทดสอบการต้านรังสียูวีได้ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่าง

4.1 การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบสมบัติการยับยั้งแบคทีเรียจะทดสอบกับแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ แกรมบวก คือ *Staphylococcus aureus (S. aureus)* และ แกรมลบ คือ *Escherichaia coli (E. coli)* โดยเริ่มต้นนำเชื้อแบคทีเรียใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเหลว Tryticase soy broth (Difco, PA, USA) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงใน 0.85 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl, Ajax Finechem, New South Wales, Australia) ในน้ำกลั่น ปริมาตร 9 มิลลิลิตร โดยใช้วิธีการเจือจางตัวอย่างเชื้อเริ่มต้น เพื่อการนับจำนวนจุลินทรีย์ (Serial dilution method) แล้วนำเชื้อดังกล่าว 0.1 มิลลิลิตร หยดบนอาหารแข็งสำหรับเชื้อ *E. coli* จะใช้อาหาร MacConkey agar (Difco, PA, USA) ส่วนเชื้อ *S. aureus* จะใช้อาหาร Nutrient agar (Difco, PA, USA) โดยใช้เทคนิค Spread plate แล้วเจือจางจำนวนเชื้อให้อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี หลังจากรู้ความเข้มข้นของเชื้อตั้งต้นแล้ว ก็นำเชื้อที่ได้ไปเตรียมให้มีความเข้มข้นเชื้อประมาณ 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร แล้วทดสอบตามมาตรฐานทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียของสิ่งทอ คือ AATCC Test Method 100-2004 การคำนวณอัตราการลดลงของแบคทีเรีย (% Disinfection) ด้วยสมการที่ (2)

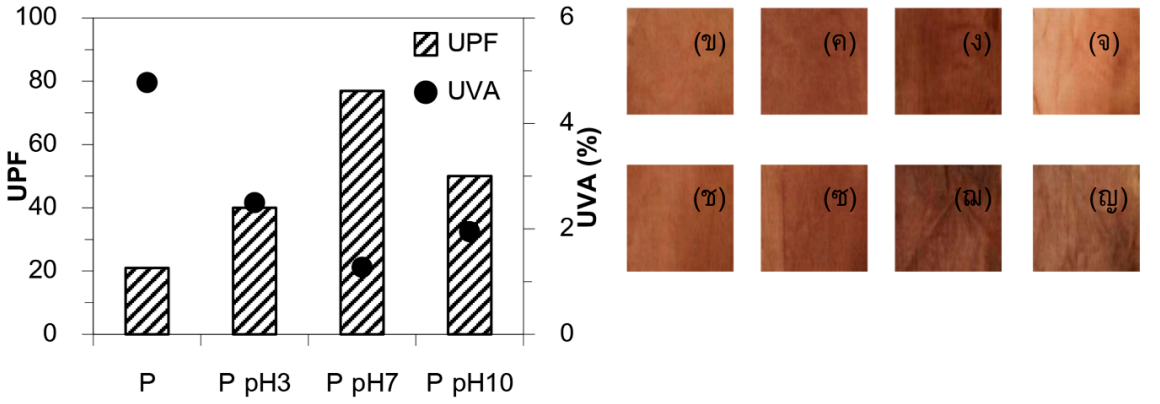
$$\% \text{ Disinfection} = \frac{N}{N_0} x100\% \quad (2)$$

เมื่อ N_0 คือ จำนวนเชื้อเริ่มต้น 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตร และ N คือ จำนวนเชื้อ ณ เวลาทดสอบ โคโลนีต่อมิลลิลิตร

5. ผลการวิจัย

5.1 การต้านรังสียูวี

ผลการทดลอง UPF ดังรูปที่ 1(ก) พบว่าผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดงที่ปรับค่าพีเอชและผสมสารส้มจะมีค่า UPF สูงขึ้น และผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดงที่ปรับค่าพีเอช 7 และสารส้มมี ค่า UPF สูงสุดถึง 76 ในขณะผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดง (P) มีค่า UPF เพียง 20 ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 (ก) ซึ่งผลการทดสอบค่าแฟกเตอร์การต้านรังสียูวีในระดับช่วง 40-50 ดังกล่าว แสดงถึงความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้สูงสุด ผลการทอสอบค่าการส่องผ่านแสงของยูวีเอ (UVA) ที่เป็นรังสีอันตราย ทำให้เกิดรอยย่น ริ้วรอยก่อนวัย ทำลายเส้นใยคอลาเจนและวิตามินเอ และทำให้เกิดผิวสีแทนนั้น พบว่าผ้าย้อมดังกล่าวมีค่าการส่องผ่านแสงต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ในทุกสูตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานยุโรป (The European Standard for Sun Protective Clothing) และมาตรฐานจีน (The Chinese National standard GB/T18830-2002) คือ ผ้าที่สามารถต้านรังสียูวีได้ดี [2, 7] การที่ใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีทำให้ค่าการต้านรังสียูวีได้ดีนั้น เนื่องจากสารส้มมีกลุ่มไอออนของโลหะที่สามารถต้านทานรังสียูวีได้ นอกจากนี้โดยปกติราข้าวแดงจะประกอบไปด้วยสารให้สีหลายสี คือ ส้ม แดง เหลือง ซึ่งปริมาณสารให้สีจะขึ้นกับค่าพีเอชของสาร โดยในช่วงพีเอช 6-7 ราข้าวแดงจะผลิตสารให้สีแดงเกิดขึ้นมากที่สุด ซึ่งสารให้



รูปที่ 1 ก) การต้านรังสียูวีและลักษณะสีผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดง คือ (ข) ราข้าวแดง ที่ (ค) พีเอช 3 (ง) 7และ (จ) 10 และ (ช) ผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดงและสารส้มที่ (ซ) พีเอช 3 (ฌ) 7 และ (ญ) 10

สีแดงนี้สามารถดูดกลืนแสงเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 400-500 nm ดังรูปที่ 1(ก) [8]

5.2 ลักษณะทางกายภาพและความคงทนของสี

ลักษณะสีผ้าที่ได้จากการมองด้วยตาเปล่าแสดงดังรูปที่ 1 (ข-ญ) จะเห็นได้ว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยราข้าวแดงมีลักษณะสีน้ำตาลแดงและผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยราข้าวแดงที่ปรับค่าพีเอช 3, 7 และ 10 ผ้าฝ้ายจะมีสีน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสีจะเห็นได้ว่าผ้าฝ้ายติดสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไม่ใส่สารส้ม

ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก เหงื่อ และน้ำ โดยนำผ้าย้อมสูตรต่างๆ ซักรวมกับผ้าชนิดต่างๆ และดูการตกติดของสีแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าผ้าฝ้ายย้อมด้วยราข้าวแดงผสมสารส้มมีแนวโน้มมีค่าความคงทนสีดีกว่าเมื่อไม่ใช้ ซึ่งค่าความคงทนของสีต่อการซักสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนเกือบพอสังเกตได้ (ระดับ 3.5-4.0) และการตกติดผ้าขาวเล็กน้อย (ระดับ 3.5-4.5) ความคงทนของสีต่อเหงื่ออยู่ในระดับสีเปลี่ยน-แปลงเล็กน้อย (ระดับ 3.5-4.0) และตกติดผ้าขาวพอสังเกตได้เล็กน้อย (ระดับ 3.0-4.0) ค่าความคงทนของสีต่อน้ำ พบว่าสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนเกือบสีเปลี่ยนแปลงพอสังเกตได้ (ระดับ 3.5-4.0) และตกติดผ้าขาวพอสังเกตได้เล็กน้อย

ผลการทดสอบความคงทนต่อแสงทดสอบที่ 20-40 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยราข้าวแดงที่ใช้สารส้มมีการตกติดสีน้อยกว่าในระดับพอสังเกตได้ (ระดับ 2.5-3.0) ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ไม่ใช้สารส้มซึ่งจะสีเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก (ระดับ 1.5) การเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นนั้นอาจจะเกิดขึ้นจากการแตกตัวของโมเลกุลในสีย้อมกลุ่มไฮดรอกซิลภายใต้สภาวะการทดสอบในสารละลายที่เป็นด่างที่ใช้ผงซักฟอกในการทดสอบ [9] และการสลายตัวของสารประกอบในสีย้อม [10]

ตารางที่ 1 ความคงทนของสีต่อการซัก ต่อเหงื่อและต่อน้ำ

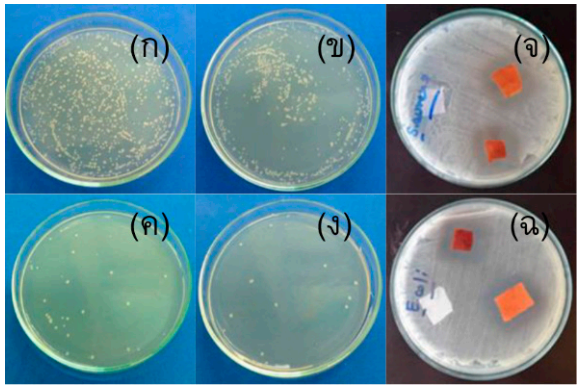
ผลการทดลอง	ความคงทนของสี								
	ต่อการซัก			ต่อเหงื่อ			ต่อน้ำ		
การย้อมผ้าฝ้าย	ระบายแดง	pH =7	pH =7 +สารส้ม	ระบายแดง	pH =7	pH =7 +สารส้ม	ระบายแดง	pH =7	pH =7 +สารส้ม
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	4.0	3.5	3.5	4.0
สีตกติดผ้าขาว (ระดับ)									
ผ้าอะซีเตต (Acetate)	3.5	4.0	3.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.5	3.5
ผ้าฝ้าย (Cotton)	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0
ผ้าไนลอน (Nylon)	3.5	4.0	4.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0
ผ้าฝ้าย (Silk)	4.0	4.0	4.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.5	4.0
ผ้าวิสคอสเรยอง (Viscose Rayon)	3.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
ผ้าขนสัตว์ (Wool)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	4.5	3.5

ตารางที่ 2 ความคงทนของสีต่อการซัก ต่อเหงื่อและต่อน้ำ

ความคงทนของสีต่อแสง	ผลการทดลอง		
การย้อมผ้าฝ้าย	ระบายแดง	pH =7	pH =7 +สารส้ม
สีเปลี่ยนจากเดิม (ระดับ)			
20 ชั่วโมง	1.5	1.5	3.0
40 ชั่วโมง	1.5	1.5	2.5

5.3 การยับยั้งแบคทีเรีย

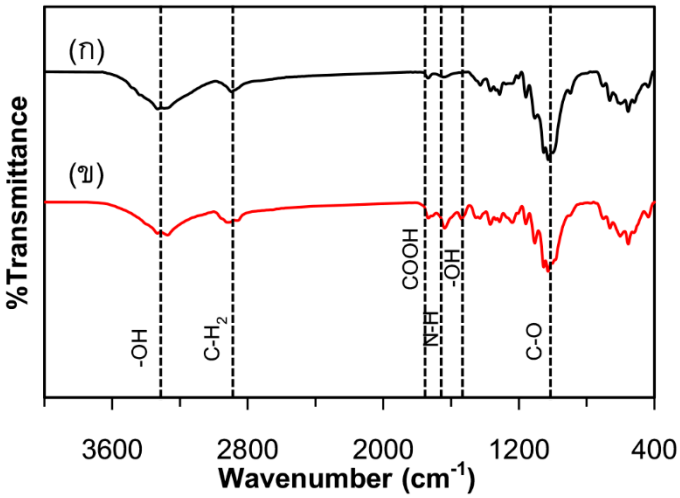
รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* และผลการทดสอบขอบเขตใส (Clear zone) ของผ้าย้อมสีจากราข้าวแดงและสารส้มปรับค่าพีเอช 7 ดังรูปที่ 2 (ก) และ (ข) พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที และ 2 ชั่วโมง ผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดงที่ใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดสี สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ 43 และ 69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* รูปที่ 2 (ค) และ (ง) ที่เวลา 30 นาที และ 2 ชั่วโมง พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ 94 และ 97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทดสอบขอบเขตใสจะสังเกตได้ว่ารอบๆ ผ้าย้อมจะพบเชื้อแบคทีเรียเจริญอยู่ในปริมาณน้อย (วงใส) อยู่รอบตัวอย่าง เมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ได้ย้อม (ผ้าสีขาว) รูปที่ 2 (จ) และ (ฉ) ที่เป็นเช่นนี้เพราะสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของราข้าวแดงสายพันธุ์โมแนสคัส เกิดจากสารซิตรินินที่มีอยู่ในราข้าวแดงมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และโปรโตซัว เป็นต้น และราข้าวแดงยังประกอบไปด้วยสารประกอบฟินอลิคที่พบได้มากในสมุนไพรและข้าวไทย สารประกอบนี้มีสมบัติป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของร่างกายได้อีกด้วย [11-15] นอกจากนี้จากงานวิจัยอื่นๆ พบว่าสารส้ม ซึ่งประกอบไปด้วยไอออนของโลหะยังมีสมบัติยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย ซึ่งไอออนนี้จะเกาะและทำลายผนังเซลล์ ส่งผลให้เซลล์แบคทีเรียตายในที่สุด [13, 16]



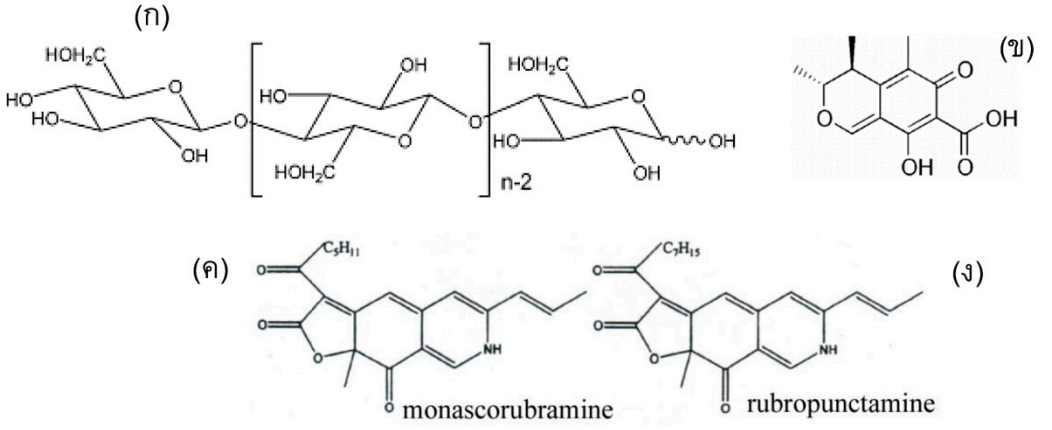
รูปที่ 2 ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดงและสารส้ม *S. aureus* (ก) 30 นาที (ข) 2 ชั่วโมง และ *E. coli* (ค) 30 นาที และ (ง) 2 ชั่วโมง และการทดสอบขอบเขตใส (จ) *S. aureus* และ (ฉ) *E. coli*

5.4 องค์ประกอบทางเคมีของผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดงวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR

รูปที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดงด้วยเทคนิค FTIR เมื่อเปรียบเทียบกันกับผ้าฝ้ายที่ไม่ย้อมราข้าวแดง พบว่าผ้าย้อมราข้าวแดงมีตำแหน่งเลขคลื่นที่มีการดูดกลืนที่มีความเข้มเพิ่มขึ้น แสดงค่าการดูดกลืนหลักที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1640 cm^{-1} ที่เป็นการสั่นของโครงสร้างเอไมด์ (N-H bending vibration) ของเม็ดสีที่ให้สีแดงในราข้าวแดง คือ โมนาสคอรูบรามีน ($C_{23}H_{27}NO_4$) และรูโบรพันตามีน ($C_{21}H_{23}NO_4$) ดังรูปที่ 4 (ค) และ (ง) [8, 12] ตำแหน่งเลขคลื่นที่พบได้ในผ้าฝ้ายที่ย้อมและไม่ย้อมราข้าวแดง คือ การสั่นของความยาวคลื่นที่ 1000 cm^{-1} คือ การยืดของพันธะ C-O และการดูดกลืนหลักที่ตำแหน่งเลขคลื่น 2906 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นของพันธะ -CH_2 การสั่นที่ตำแหน่งเลขคลื่น 1730 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ COOH ที่ระบุได้ว่าเป็นโครงสร้างของเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของผ้าฝ้าย ดังรูปที่ 4 (ก) และสารยับยั้งเชื้อราแบคทีเรีย และโปรโตซัวที่มีอยู่ในราข้าวแดง คือ ซิตรินิน ดังรูปที่ 4 (ข) [16-18] ส่วนตำแหน่งเลขคลื่นที่ 3370 cm^{-1} เป็นการสั่นของพันธะ -OH ในโครงสร้าง การสั่นที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3370 และ 1654 cm^{-1} เป็นการสั่นของพันธะ -OH ที่มีในโมเลกุลน้ำ



รูปที่ 3 เทคนิค FTIR วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ (ก) ผ้าฝ้าย และ (ข) ผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดง



รูปที่ 4 (ก) โครงสร้างเซลลูโลสของเส้นใยผ้าฝ้าย (ข) ซิตรินิน และเม็ดสีในราข้าวแดง คือ (ค) โมนาสคอรูบรามีน และ (ง) รูโบรพันตามีน [11,13-15]

6. สรุปผลการศึกษา

สีจากราข้าวแดงสามารถใช้เป็นสีย้อมจากธรรมชาติย้อมผ้าฝ้ายได้ ผ้าย้อมราข้าวแดงจะให้สีน้ำตาลแดง ในขณะที่สีย้อมที่การผสมสารส้มจะทำให้สีผ้าย้อมมีสีเข้มขึ้น ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยราข้าวแดงที่ค่าพีเอชเท่ากับ 7 และสารส้มจะมีสมบัติต่างๆ ที่ดี คือ มีค่าการต้านรังสียูวีสูงสุด เกิดจากสารให้สีแดงที่เกิดขึ้นทำให้สมบัติการดูดกลืนแสงช่วง 400-500 nm เพิ่มขึ้น ทนต่อการซัก เหงื่อและน้ำอยู่ในระดับระดับปานกลางถึงดี ความคงทนจากแสงอยู่ในระดับพอใช้ถึงปานกลาง และสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ดีกว่าผ้าฝ้ายย้อมราข้าวแดงเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถยับยั้งแบคทีเรียสูงถึง 97 เปอร์เซ็นต์ ผลจากซิตรินินและไอออนโลหะที่มีอยู่ในสีย้อมดังกล่าว

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2561

8. เอกสารอ้างอิง

1. Punrattanasin, N., Nakpathom, M., Somboon, B., Narumol, N., Rungruangkitkrai, N. and Mongkholrattanasit, R., 2013, "Silk Fabric Dyeing with Natural Dye from Mangrove Bark (*Rhizophora apiculata* Blume) Extract," I*ndustrial Crops and Products*, 49, pp. 122-129.

2. Grifoni, D., Bacci, L., Di Lonardo, S., 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*, 105, pp. 89-96.

3. 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*, 14 (1), pp. 69-76.

4. Chatterjee, S., Maity, S., Chattopadhyay, P., Sarkar, A., Laskar, S. and Sen, S.K., 2009, "Characterization of Red Pigment from *Monascus* in Submerged Culture Red Pigment from *Monascus purpureus," Journal of Applied Sciences Research*, 5 (12), pp. 2102-2108.

5. Kan, C.W., 2014, "A Study on Ultraviolet Protection of 100% Cotton Knitted Fabric: Effect of Fabric Parameters," *The Scientific World Journal*, pp. 1-10.

6. Saithong, P., Chitisankul, W.T. and Nitipan, S., 2019, "Comparative Study of Red Yeast Rice with High Monacolin K, Low Citrinin Concentration and Pigments in White Rice and Brown Rice," *Czech Journal of Food Sciences*, 37, pp. 75-80.

7. 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*, 15, pp. 366-372.

8. Mukherjee, G. and Singh, S.K., 2011, "Purification and Characterization of a New Red Pigment from *Monascus purpureus* in Submerged Fermentation," *Process Biochemistry*, 46 (1), pp. 188-192.

9. Räisänen, R., Nousiainen, P. and Hynninen, P., 2002, "Dermorubin and 5-chlorodermorubin Natural Anthraquinone Carboxylic Acids as Dyes for Wool," *Textile Research Journal*, 72 (11), pp. 973-976.

10. Jothi, D., 2008, "Extraction of Natural Dyes from African Marigold Flower (*Tagetes erecta* L.) for Textile Coloration," *Autex Research Journal*, 8 (2), pp. 49-53.

11. Ferdes, M., Ungureanu, C., Radu, N. and Chirvase, A.A., 2009, "Antimicrobial Effect of *Monascus purpureus* Red Rice Against some Bacterial and Fungal Strains," *New Biotechnology*, 25, pp. 1.

12. Pattanagul, P., Pinthong, R., Phianmongkhol, A. and Leksawasdi, N., 2007, "Review of Angkak Production (*Monascus purpureus*)," *Chiang Mai Journal of Science*, 34 (3), pp. 319-328.

13. Haji, A., 2012, "Antibacterial Dyeing of Wool with Natural Cationic Dye Using Metal Mordants," *Materials Science*, 18 (3), pp. 267-270.

14. Halee, A. and Rattanapun, B., "Study of Antioxidant Efficacies of 15 Local Herbs," *KMUTT Research and Development Journal*, 40 (2), pp. 283-293.

15. Halee, A. and Rattanapun, B., "Effects of Solvent Type and Concentration of Citric Acid on the Extraction of Antioxidants from Hom Nin Rice," *KMUTT Research and Development Journal*, 39 (3), pp. 353-364.

16. Wong, H.C. and Bau, Y.S., 1977, "Pigmentation and Antibacterial Activity of Fast Neutron and X-ray-induced Strains of *Monascus purpureus* Went," Plant Physiology, 60 (4), pp. 578-581.

17. Li, F., Xu, G., Li, Y. and Chen, Y., 2003, "Study on the Production of Citrinin by *Monascus* Strains Used in Food Industry," *Wei sheng yan jiu= Journal of Hygiene Research*, 32 (6), pp. 602-605.

18. Sabater-Vilar, M., Maas, R.F. and Fink-Gremmels, J., 1999, "Mutagenicity of Commercial *Monascus* Fermentation Products and the Role of Citrinin Contamination," *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 444 (1), pp 7-16.