การย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ด้วยขมิ้นชันโดยใช้เครื่องย้อมอินฟราเรด

Dyeing Polyester Fabrics with Curcumin using Infrared Dyeing Machine

ขวัญหทัย อ้นฟัก[1] นิตยา ฆนาเกียรติ์[1] พรวิมล อุตรัตน์[1] รัชนก ปิ่นแก้ว[1] และ ศิรินันท์ แก่นทอง[2*]

Khwanhathai Aonfak[1] Nittaya Kanakiat[1] Phornwimon Uttarat [1] Ratchanok Pingaew[1]

and Sirinun Kaenthong[2*]

[1] *ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*

[2]*ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*

[1]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University*

[2]*Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University*

Received : 3 March 2016

Accepted : 9 September 2016

Published online : 14 September 2016

บทคัดย่อ

การย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ด้วยน้ำสีย้อมจากการละลายขมิ้นชันผงความเข้มข้น 1.2 เปอร์เซ็นต์ และน้ำสีย้อมจากการละลายเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของของเหลวที่ใช้ในการย้อม อัตราส่วนผ้าต่อของเหลวที่ใช้คือ 1.5 : 100 ทำการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมโดยใช้เครื่องย้อมระบบอินฟราเรด และศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พอลิเอทธิลีนไกลคอล 400 ช่วยในการย้อม ประเมินการติดสีและเฉดสีของผ้า จากค่า K/S L* a* b* c* และ h* ที่วัดจากเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบการวัดค่าการสะท้อน และประเมินระดับเกรย์สเกลของการตกติดเปื้อนบนผ้ามัลติไฟเบอร์และการเปลี่ยนสีของผ้าจากการทดสอบหาความคงทนต่อการซักและแสงแดดเทียม ผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้ขมิ้นชันผงและเคอร์คิวมินย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ สภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที โดยขมิ้นชันและเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ให้เฉดสีที่คล้ายกันบนผ้าพอลิเอสเตอร์ ผ้าที่ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์มีสีที่สม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชันผง การย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ด้วยขมิ้นโดยใช้อุณหภูมิต่ำมีแนวโน้มที่จะเป็นไปได้เมื่อเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกลคอลในระบบการย้อม

คำสำคัญ : ผ้าพอลิเอสเตอร์ ขมิ้นชัน พอลิเอทธิลีนไกลคอล การย้อม เครื่องย้อมอินฟราเรด

***Corresponding author.** E-mail : sirinunk@swu.ac.th

Abstract

Dyeing of polyester fabric with turmeric powder and pure curcumin were studied in this research. The turmeric and curcumin were separately dissolved in water to make 1.20 %w/w turmeric solution and 0.25 %w/w curcumin solution. The fabrics were dyed in the infrared dyeing machine using liquor ratio 1.5 : 100. The dyeing for 30 min at temperature 35, 70, 80, 100 and 130 ˚C, and dyeing at 130 ˚C for 30, 45, 60 and 90 min were considered. The possibility of using polyethylene glycol 400 to improve color strength for the fabric which was dyed at a low temperature dyeing were investigated. Color strength and shade of dyed fabrics were evaluated using K / S, L *, a *, b *, c * and h * values which were measured from reflectance spectrophotometer. The fastness of the dyed fabric to washing and exposing to xenon arc light was graded using color- change and color- staining gray scales. The results show that the use of turmeric powder and pure curcumin in dyeing polyester fabric is possible. The optimum condition for dyeing is temperature 130 ˚C and time 90 min. Although the shades of turmeric powder and pure curcumin are similar on polyester fabrics, the color shade is more even on the fabric dyed with pure curcumin from the information of color values. The color strength (K/S) of the fabric dyed with curcumin was increased when the concentration of polyethylene glycol 400 was increased in the dyeing system. Low temperature dyeing tends to be possible when polyethylene glycol 400 is added in polyester-curcumin dyeing system.

Keywords : polyester fabrics, curcumin, polyethylene glycol, dyeing, infrared dyeing machine

บทนำ

การนำสีธรรมชาติที่ได้จากส่วนต่างๆของพืช เช่น ดอก ผล ใบ กิ่ง ก้าน ราก หรือ ลำต้น มาย้อมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความปลอดภัย ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ มีความเป็นมิตรกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Taylor, G.W., 1986; Shahid *et al.,* 2013) ขณะที่สีสังเคราะห์จากสารเคมีสามารถเกิดความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ และต้นทุนการผลิตมีราคาสูงเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนำมาจากปิโตรเคมีที่มีราคาสูงขึ้นในปัจจุบัน (Räisänen *et al.,* 2001; Guesmi *et al*., 2013) โดยทั่วไปสีธรรมชาติจะใช้สำหรับการย้อมเส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยฝ้าย ไหม หรือขนสัตว์ ในขณะที่การศึกษาวิจัยเพื่อหาความเป็นไปได้ในการใช้สีธรรมชาติสำหรับย้อมเส้นใยสังเคราะห์มีการดำเนินอยู่ตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น การศึกษาการย้อมพอลิเอสเตอร์และพอลิอะไมด์ที่อุณหภูมิสูงด้วยสีที่สกัดจากเห็ด Dermocybe sanguinea ซึ่งผลของเฉดสีที่ได้ และความคงทนของสีต่อการซักและการขัดถู มีความใกล้เคียงกับสีสังเคราะห์ที่นำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบ (Räisänen *et al*., 2001) การใช้สีที่สกัดจากผลของกระบองเพชรสายพันธุ์ *Opuntia ficus indica* สีที่สกัดได้จากขมิ้น (*Curcuma longa*) และสีที่สกัดได้จากรากของต้น madder หรือ *Rubia tinctorum L*. ย้อมผ้าอะคริลิกที่ดัดแปรโครงสร้างให้มีหมู่เคมีที่สามารถเกิดพันธะกับสีธรรมชาติที่สกัดได้ (El-Shishtawy et al., 2009; Guesmi

et al., 2013) และการย้อมผ้าพอลิแลกติกแอสิดและผ้าพอลิเอสเตอร์ด้วยสีที่สกัดจากขมิ้นชัน(Turmeric) และไพร (*Cassumunar*) (Agrawal *et al.,* 1992; Sriumaoum *et al.,* 2012) พอลิเอสเตอร์เป็นผ้าใยสังเคราะห์ที่ได้รับความนิยมใช้งานด้านสิ่งทอเครื่องนุ่งห่ม มีความว่องไวต่อสารเคมีต่ำ มีความเป็นผลึกสูงมี และมีบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลไม่เป็นระเบียบที่โมเลกุลของสีสามารถแทรกซึมเข้าไปอยู่ด้านในทำให้เกิดสีบนผ้า การย้อมสีผ้าต้องใช้สีสังเคราะห์เรียกว่าสีดิสเพอร์สที่กระจายตัวอยู่ในน้ำ ทำการย้อมในสภาวะที่มีความดันและอุณหภูมิสูงประมาณ 130 องศาเซลเซียส สีจึงจะสามารถเคลื่อนตัวเข้าไปติดอยู่ในเส้นใย (Broadbent, A. D., 2001) ขมิ้นเป็นพืชที่สามารถให้สีเหลืองตามธรรมชาติ สารประกอบให้ สีในขมิ้นที่ชื่อว่าเคอร์คิวมินนอยด์ (Curcuminoids) มีความสามารถในการละลายในน้ำได้น้อย (Martins *et al.,* 2013) จึงมีสมบัติที่คล้ายกับสีดิสเพอร์สและเป็นแนวคิดในการย้อมสีขมิ้นจากธรรมชาติบนผ้าพอลิเอสเตอร์ในงานวิจัยนี้ การละลายน้ำได้น้อยของเคอร์คิวมินนอยด์ อาจเป็นอุปสรรคในการย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ที่อาศัยน้ำเป็นตัวพาสีให้เคลื่อนที่ไปสู่เส้นใย ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใส่สารช่วยให้เคอร์คิวมินนอยด์สามารถละลายได้ในน้ำ ตัวอย่างเช่น พอลิเอทธิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้และเป็นสารที่มีความปลอดภัยที่โดยทั่วไปถูกใช้ในการเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำให้กับสารที่ละลายน้ำได้ยาก และช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมยารวมถึงสารอาหารจากพืช (Kim *et al.,* 2011)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สีธรรมชาติที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สำหรับย้อมผ้าใยสังเคราะห์ โดยมุ่งเน้นความสนใจไปยังการย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ด้วยขมิ้นชัน โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นวิธีย้อมโดยตรงโดยไม่นำผงขมิ้นชันไปผ่านกระบวนการสกัดให้บริสุทธิ์ด้วยตัวทำละลายก่อนการย้อม เปรียบเทียบกับการย้อมโดยใช้สารสกัดขมิ้นบริสุทธิ์ โดยเปรียบเทียบแนวโน้มของการติดสี เฉดสี และความคงทนของสีต่อการใช้งาน นอกจากนี้ยังศึกษาผลของการใช้พอลิเอทธิลีนไกลคอลในระบบการย้อมเพื่อเปรียบเทียบการติดสีบนผ้า ผลสำเร็จของการวิจัยควรจะสามารถเผยแพร่ต่อสาธารณะ อุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม หรือพัฒนาต่อยอดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตความเป็นอยู่ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การย้อมผ้าถักพอลิเอสเตอร์จากบริษัท ฟาอีสท์ปั่นทออุตสาหกรรม จำกัด ด้วยขมิ้นชันที่ได้จากผู้จำหน่ายสมุนไพรในประเทศไทย เปรียบเทียบกับการย้อมด้วยสารสกัดขมิ้นบริสุทธิ์หรือเคอร์คิวมินบริสุทธิ์จากบริษัท Acros organics
มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมผ้า

เตรียมผ้าตัวอย่างให้พร้อมสำหรับการย้อมโดยทำความสะอาดด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ 2 กรัมต่อลิตร อัตราส่วนผ้าต่อของเหลวคือ 1 ต่อ 100 ควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วปล่อยผ้าให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

2. การย้อม

เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการย้อม ประกอบด้วย อุณหภูมิ เวลา และการใช้สารช่วยย้อม คือ พอลิเอทธิลีนไกลคอล 400 ทำการย้อมผ้าตัวอย่างในเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด อัตราส่วนผ้าต่อของเหลวคือ 1.5 ต่อ 100 กำหนดให้น้ำย้อมหรือ

ของเหลวประกอบด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชัน 0.25 และ 1.20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ศึกษาการย้อมที่อุณภูมิ 35 70 80 100 และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที และศึกษาการย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที และศึกษาการย้อมเมื่อเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอล 400 (PEG400, Mw. 400) จากบริษัท Fluka ปริมาณ 2 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักของเหลวในระบบการย้อมของสารละลายเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที ล้างทำความสะอาดผ้าเมื่อสิ้นสุดการย้อมด้วยน้ำสะอาดจนไม่มีสีปนเปื้อนออกมาในน้ำที่ล้าง แล้วปล่อยผ้าให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3. การทดสอบผ้า

นำผ้าย้อมสีแล้วไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซักด้วยวิธีทดสอบตามมาตรฐาน มอก.121 เล่ม 3-2552 ซึ่งทำโดยการประกบผ้าย้อมสีกับผ้าขาวที่ทำจากเส้นใยหลายชนิดจากนั้นนำไปใส่ไว้ในกระบอกที่บรรจุสารละลายผงซักฟอกมาตรฐานแล้วซักตามสภาวะการซักที่ระบุไว้ในมาตรฐานซึ่งเป็นสภาวะการซักที่อุณหภูมิห้อง และวัดความคงทนต่อแสงแดดเทียมหรือแสงซีนอนอาร์คด้วยวิธีทดสอบตามมาตรฐาน มอก.121 เล่ม 2-2552 โดยติดชิ้นงานตัวอย่างบนกระดาษแข็งและปิดตัวอย่างบางส่วนด้วยวัสดุกันแสงแล้วนำไปวางในตู้แสงซีนอนอาร์ค จากนั้นนำตัวอย่างไปวัดเปรียบเทียบค่าความเข้มสี (K/S) ที่ 570 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่สะท้อนแสงสีเหลือง โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบวัดค่าการสะท้อนแสง ของบริษัท Hunter Lab รุ่น UltraScan VIS โดยวิเคราะห์ค่าความเข้มสีจากค่า K/S ซึ่งหาได้จากทฤษฎีของ Kubelka-Munk ดังนี้

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

K หมายถึง Absorption coefficient ของผ้า

S หมายถึง Scattering coefficient ของผ้า

R หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงของผ้า

สามารถพิจารณาค่าความเข้มสีร่วมกับค่าสี CIE L* a* b *c* h* โดยที่

L* คือ ตำแหน่งแนวตั้งเป็นตำแหน่งของค่าความสว่าง ตัวเลข 0 ถึง 100

a* คือ ตำแหน่งบนแกนแดงเขียว ตัวเลขค่า(+) คือแดง ค่า(-)คือเขียว

b* คือ ตำแหน่งบนแกนเหลืองน้ำเงิน ตัวเลขค่า(+) คือเหลือง ค่า(-)คือน้ำเงิน

c* คือ ค่าความบริสุทธิ์หรืออิ่มตัวของสี ตัวเลข 0 ถึง 100

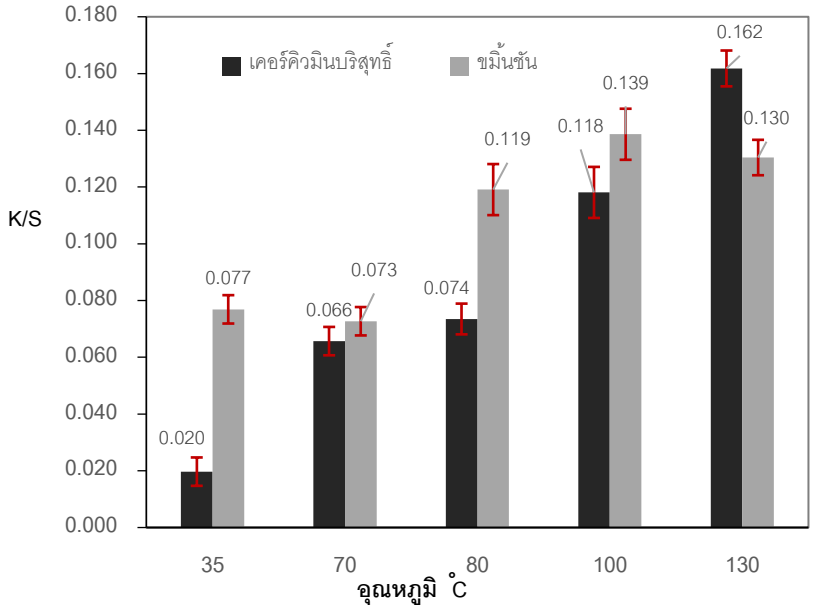
h* คือ องศาที่แสดงค่าเฉดสี เริ่มวนจาก 0° (แดง) ไป 90° (เหลือง) 180° (เขียว) 270° (น้ำเงิน) จนกลับไปที่ 0°

ความคงทนของสีต่อการซักและแสงแดดเทียมพิจารณาจากการเปลี่ยนสีของผ้าและการตกเปื้อนของสีบนผ้าขาวชนิดหลายเส้นใย (multi-fibers) ที่ให้ระดับด้วยเกรย์สเกล 1 ถึง 5 โดยตัวเลขยิ่งน้อยแสดงว่าแตกต่างมาก และตัวเลขมากแสดงว่าแตกต่างน้อยถึงไม่แตกต่างกัน โดยผ้าหลายเส้นใยเป็นตัวอย่างของผ้าที่ใช้งานทั่วไปในชีวิตประจำวันสำหรับงานวิจัยนี้ผ้าที่ใช้มีส่วนประกอบของแถบผ้าที่ผลิตจากเส้นใยเซลลูโลสไดอะซิเตต ฝ้าย ไนล่อน พอลิเอสเตอร์ อะคริลิก และขนสัตว์

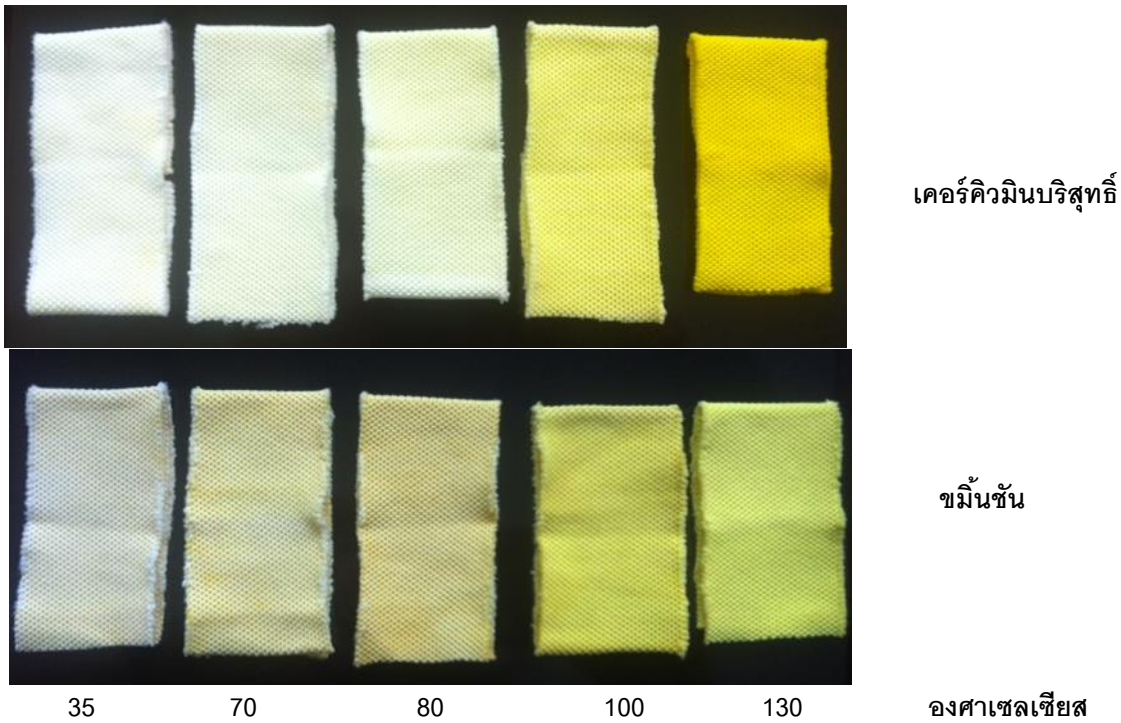
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลของอุณภูมิที่มีต่อการย้อม

จากผลของการย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ที่อุณภูมิ 35 70 80 100 และ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที แสดงในภาพที่ 1-2 และตารางที่ 1 เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการย้อมเพิ่มขึ้น ผ้าย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชัน มีการติดสีเพิ่มขึ้นโดยพิจารณาจากค่าความเข้มสี (K/S) ที่ช่วงคลื่นแสง 570 นาโนเมตรซึ่งเป็นช่วงคลื่นสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นและค่าความสว่าง (L*) มีค่าลดลง ผ้าย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชันมีเฉดสีเหลือง โดยมีค่า b* ในช่วงแกนบวก เมื่อใช้อุณหภูมิในการย้อมเพิ่มขึ้น ผ้ามีความเหลืองเพิ่มขึ้นโดยพิจารณาจากค่า b* ที่มีความเป็นบวกมากขึ้น การย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ทำให้ผ้ามีค่าความเข้มสีมากที่สุด โดยผ้าที่ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชันมีค่า b* เท่ากับ 92.62 และ 71.34 ตามลำดับ การย้อมติดสีจากสารธรรมชาติของผ้าพอลิเอสเตอร์ในงานวิจัยนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการย้อมติดสีสังเคราะห์ดิสเพอร์สของผ้าพอลิเอสเตอร์ซึ่งจะมีการติดสีได้ดีมากขึ้นที่อุณหภูมิการย้อมมากกว่าอุณหภูมิ Tg (Glass transition temperature) โดยทั่วไปอุณหภูมิ Tg ของพอลิเอสเตอร์อยู่ที่ประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมด้วยสีดิสเพอร์สคือ 130 องศาเซลเซียส (Broadbent, A. D., 2001) ค่า c* แสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มเวลาในการย้อมความอิ่มตัวหรือความบริสุทธิ์ของสีเหลืองยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้เพิ่มความสดใสของสีบนผ้า แม้ผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชันและเคอร์คิวมินบริสุทธิ์จะมีสีเหลืองเหมือนกันแต่ยังมีความแตกต่างกันของเฉดสี โดยเมื่อพิจารณาสีผ้าที่อุณหภูมิการย้อมที่มีการติดสีมากและสม่ำเสมอที่ 100 และ 130 องศาเซลเซียส พบว่าผ้าที่ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์จะมีเฉดสีเหลืองแกมแดง (เหลืองส้ม) และผ้าย้อมด้วยขมิ้นชันจะมีเฉดสีเหลืองแกมเขียว(เหลืองเขียว) เฉดสีที่ปรากฏสอดคล้องกับค่า h* ที่ 100 และ 130 องศาเซลเซียส ของผ้าย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0-90 องศา เท่ากับ 87.48 และ 85.64 ตามลำดับ และของผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 90-180 องศา เท่ากับ 92.76 และ 98.92 ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าสีผ้าที่ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์จะมีความสม่ำเสมอมากกว่าสีผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชัน ซึ่งพบความสอดคล้องกับผลจากการวัดค่าต่างๆของสีในตารางที่ 1 ที่ภาพรวมของค่าเบี่ยงเบียนมาตรฐาน (SD.) มีมากกว่าสำหรับผลของการวัดค่าสีบนผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชัน การติดสีที่สม่ำเสมอบนผ้าพอลิเอสเตอร์อาจเป็นผลมาจากเคอร์คิวมินบริสุทธิ์มีระดับของสิ่งเจือปนในองค์ประกอบน้อยกว่าขมิ้นชันซึ่งนำมาจากท้องตลาดที่ไม่ได้ผ่านขั้นตอนของการทำให้บริสุทธิ์เพิ่มขึ้น (Hasan *et al.,* 2014)



ภาพที่ 1 ค่าความเข้มสีของผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชัน ย้อมเวลา 30 นาที ที่ 35 70 80 100 และ 130 องศาเซลเซียส



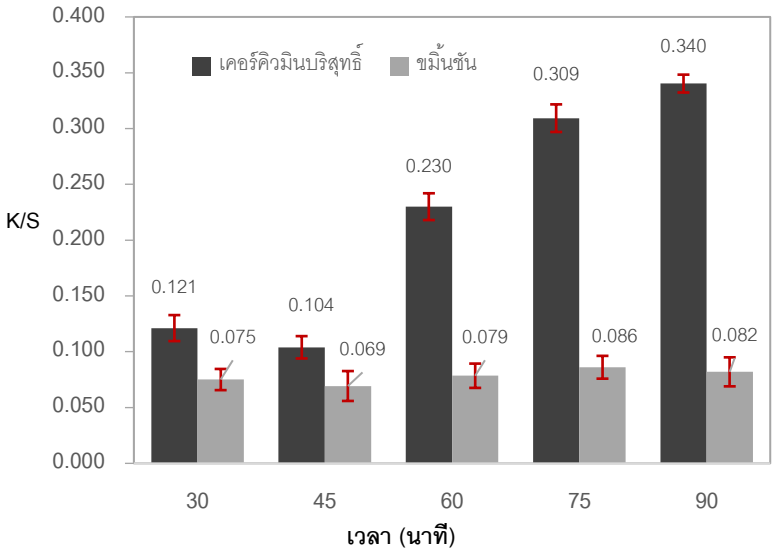
ภาพที่ 2 ลักษณะการติดสีบนผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชันย้อมเวลา 30 นาที ที่ 35 70 80 100 และ 130 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 ค่าสี K/S L* a* b* c* h* ของผ้าย้อมเวลา 30 นาที ที่ 35 70 80 100 และ 130 องศาเซลเซียส

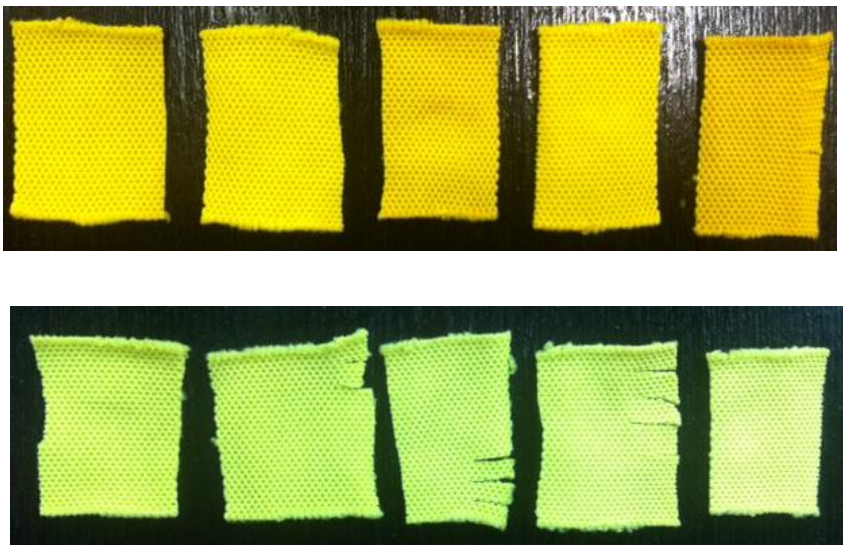
ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	L*		a*		b*		c*		h*	
		ผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเคอร์คิวมิน	ผ้าที่ไม่ได้ย้อม	ผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเคอร์คิวมิน	ผ้าที่ไม่ได้ย้อม	ผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเคอร์คิวมิน	ผ้าที่ไม่ได้ย้อม	ผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเคอร์คิวมิน	ผ้าที่ไม่ได้ย้อม	ผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยเคอร์คิวมิน	ผ้าที่ไม่ได้ย้อม
1	35	91.40	79.25	-1.80	4.37	13.39	36.03	13.51	36.29	97.64	83.08
	SD.	0.73	1.56	0.48	1.29	0.73	2.35	0.74	2.46	1.34	1.81
2	70	82.32	78.84	-0.99	3.20	55.03	51.23	55.04	51.33	91.03	86.42
	SD.	0.22	0.94	0.50	1.37	0.93	4.27	0.91	4.27	1.72	1.70
3	80	81.23	79.43	2.34	3.60	53.47	42.68	53.52	42.83	87.49	85.18
	SD.	0.95	3.04	0.65	2.16	0.72	4.52	0.82	4.43	1.04	3.02
4	100	76.99	78.98	3.36	-3.19	76.30	66.17	76.37	66.25	87.48	92.76
	SD.	0.69	2.42	0.55	2.86	0.55	3.29	0.55	3.34	0.52	2.47
5	130	72.92	78.83	7.06	-11.2	92.62	71.34	92.89	72.21	85.64	98.92
	SD.	0.37	0.43	0.26	1.69	0.63	4.91	0.63	5.11	0.16	0.85

2. ผลของเวลาที่มีต่อการย้อม

จากผลของการย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 3-4 ผ้าย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์มีค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาย้อมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่า L* ที่มีค่าน้อยลง ผ้าย้อมด้วยขมิ้นชันมีค่าความเข้มสีมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับทุกเวลาย้อมสอดคล้องกับค่า L* ที่มีค่าใกล้เคียงกัน การย้อมเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชันที่ทุกเวลาย้อมได้ผ้าสีเหลืองส้มและสีเหลืองเขียวที่มีความสดใส เฉดสีที่ปรากฏสอดคล้องกับค่า a* b* c* และ h* ที่วัดได้จากเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์



ภาพที่ 3 ค่าความเข้มสีของผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชัน ย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที



ภาพที่ 4 ผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชัน อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที

ตารางที่ 2 ค่าสี K/S L* a* b* c* h* ของผ้าย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที

ตัวอย่าง	เวลา (นาที)	L*		a*		b*		c*		h*	
		เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน
1	30	76.12	82.59	5.98	-10.89	93.64	72.14	93.83	72.96	86.34	98.59
	SD.	0.75	0.30	0.53	0.77	1.24	2.72	1.23	2.80	0.33	0.34
2	45	76.57	83.37	7.70	-12.29	96.54	72.16	96.85	73.20	85.44	99.66
	SD.	0.94	0.84	1.21	1.99	0.62	3.49	0.54	3.72	0.70	1.27
3	60	70.18	82.69	13.88	-9.85	91.53	62.35	92.58	63.12	81.38	98.68
	SD.	0.93	0.95	0.52	2.61	0.31	5.23	1.75	5.54	0.33	1.65
4	75	67.42	82.22	15.73	-9.76	89.11	62.14	90.49	62.91	79.99	98.93
	SD.	0.53	0.74	1.04	0.83	1.48	0.64	1.36	0.72	0.71	0.68
5	90	66.68	82.54	15.96	-9.28	86.33	59.28	87.79	60.00	79.53	98.60
	SD.	0.31	0.90	0.32	1.62	0.65	5.51	0.68	5.67	0.16	0.77

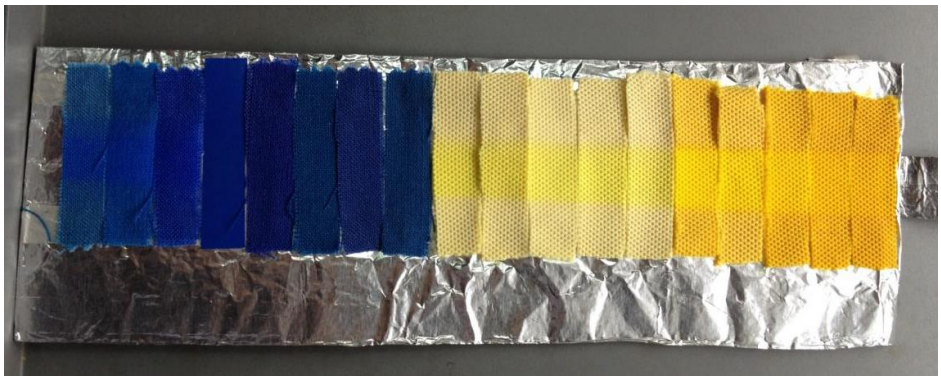
3. การทดสอบความคงทนต่อการซักและความคงทนต่อแสงแดดเทียม

จากตารางที่ 3 เมื่อทำการทดสอบซักตามมาตรฐานในสภาวะที่มีอุณหภูมิและสารลดแรงตึงผิว มีการตกเปื้อนติดบนผ้าขาวชนิดต่างๆของสีของเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และสีขมิ้นชันที่หลุดออกมาจากผ้า ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเป็นสีส่วนเกินหรือสีติดอยู่บริเวณหน้าผ้าไม่ใช่สีที่อยู่ในเส้นใย ผ้าย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์มีแนวโน้มการตกติดเปื้อนบนผ้าฝ้ายและผ้าเซลลูโลส ไดอะซิเตต (ระดับเกรย์สเกล 1.5 ถึง 3.5) มากกว่าผ้าขนสัตว์และผ้าใยสังเคราะห์ตัวอื่นๆ ซึ่งมีการเปื้อนน้อยมาก (ระดับเกรย์สเกล 4.5 ถึง 5) ผ้าย้อมด้วยขมิ้นชันมีแนวโน้มการตกติดเปื้อนบนผ้าขาวชนิดต่างๆ น้อยมาก (ระดับเกรย์สเกล 4.5) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าสารประกอบบางชนิดในขมิ้นชันอาจทำหน้าที่ในการยึดประสานทำให้โมเลกุลสีสามารถยึดจับหรือเกิดพันธะกับเส้นใยได้เป็นอย่างดี จนไม่เกิดการหลุดออกขณะทำการทดสอบ และในการทดสอบซักตามมาตรฐานซึ่งเป็นการทดสอบที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าค่า Tg (Broadbent, A. D., 2001) จึงไม่ทำให้สีที่หลุดออกมาเปื้อนติดบนผ้าขาวชนิดต่างๆได้มาก

ตารางที่ 3 การตกติดบนผ้ามัลติไฟเบอร์ของผ้าย้อมด้วยเคอร์คิวมินมาตรฐานและขมิ้นชัน ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที

ผ้าไม่ย้อมเกรย์สเกล (ชั้น)	ระดับเกรย์สเกลของการตกติดสีบนผ้ามัลติไฟเบอร์											
	เซลลูโลส ไดอะซิเตต		ฝ้าย		ไนล่อน		พอลิเอสเตอร์		อะคริลิก		ขนสัตว์	
	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน
30	4.5	4.5	3.5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4	4.5
45	3.5	4.5	2.5	5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5	4	4.5
60	4	5	3	5	4.5	4.5	4.5	5	4.5	4.5	4.5	4.5
75	2	4.5	1.5	4.5	4.5	4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
90	3	4.5	2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

จากตารางที่ 4 และภาพที่ 5 หลังจากการทดสอบด้วยแสงแดดเทียม 3 ชั่วโมง สีของขมิ้นชันบนผ้าพอลิเอสเตอร์มีแนวโน้มที่จะมีระดับการซีดจางมากกว่าสีของเคอร์คิวมินบริสุทธิ์บนผ้าพอลิเอสเตอร์ ผ้าที่ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์มีการเปลี่ยนแปลงสีปานกลาง(เกรย์สเกล 3) ถึงเปลี่ยนแปลงน้อย (เกรย์สเกล 4.5) และผ้าย้อมด้วยขมิ้นชันมีการเปลี่ยนแปลงสีมาก (เกรย์สเกล 2.5) ถึงเปลี่ยนแปลงปานกลาง (เกรย์สเกล 3) ความคงทนต่อแสงแดดเทียมของสีขมิ้นบนผ้าพอลิเอสเตอร์ โดยการวิเคราะห์ในภาพรวมของค่าเกรย์สเกลพบว่าความคงทนต่อการซักของสีขมิ้นชันและเคอร์คิวมินบริสุทธิ์บนผ้าพอลิเอสเตอร์จะอยู่ในระดับที่มีค่ามากกว่าค่าความคงทนสีต่อแสงแดดเทียมซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างทางเคมีของสารให้สีในขมิ้นและเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ที่มีสเถียรภาพต่ำในสภาวะที่โดนแสง (Elnagar *et al*., 2014; Hasan *et al*., 2014)



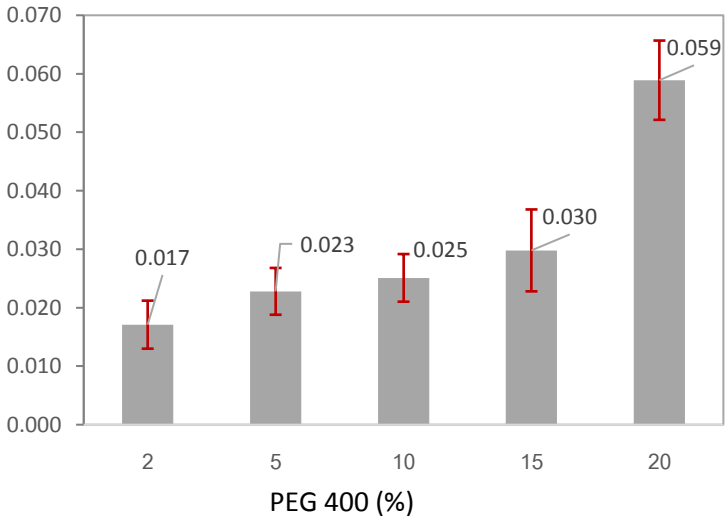
ภาพที่ 5 การทดสอบความคงทนต่อแสงแดดเทียมของผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 30 45 60 75 และ 90 นาที

ตารางที่ 4 ผลของการทดสอบความคงทนต่อแสงแดดเทียมของผ้าย้อมที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

ผ้าผ่านการย้อม (นาที)	ระดับการซีดจางของเกรย์สเกล	
	เคอร์คิวมินบริสุทธิ์	ขมิ้นชัน
30	3.0	2.5
45	4.5	2.5
60	4.5	3.5
75	3.5	3.0
90	3.5	3.0

4. การเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอล 400 ในระบบการย้อม

จากตารางที่ 5 และภาพที่ 6-7 เมื่อเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอล 400 จำนวน 2 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักของเหลวในระบบการย้อมด้วยสารละลายเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที พบว่าเมื่อปริมาณพอลิเอทธิลีนไกคอลในระบบการย้อมเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มของค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้น ผ้ามี ค่า L* ลดน้อยลง ระบบย้อมที่มีพอลิเอทธิลีนไกคอล 2 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ทำให้ผ้ามีเฉดสีเหลืองแกมเขียว ระบบย้อมที่มีพอลิเอทธิลีนไกคอล 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผ้ามีเฉดสีเหลืองแกมแดง มีความเป็นไปได้ว่าสีเหลืองในเคอร์คิวมินบริสุทธิ์และขมิ้นชันจะละลายได้ดีขึ้นเมื่อเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกลคอลในระบบการย้อมที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์ทำให้เกิดการติดสีได้ดีขึ้น



ภาพที่ 6 ค่าความเข้มสีของผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที เพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอล 2 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในระบบการย้อม

ภาพที่ 7 ผ้าพอลิเอสเตอร์ย้อมที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที เพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอล 2 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในระบบการย้อม

ตารางที่ 5 ค่าสี K/S L* a* b* c* h* ของผ้าย้อมที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที เมื่อมีการเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอลในระบบการย้อม

PEG400 (%)	L*	a*	b*	c*	h*
2	91.93	-0.55	11.98	12.00	92.61
SD.	0.62	0.44	1.09	1.08	2.81
5	90.42	-0.36	16.51	16.52	91.26
SD.	0.51	0.69	2.27	2.29	2.27
10	89.89	-0.83	18.55	18.57	92.55
SD.	0.76	0.13	1.97	1.96	0.54
15	87.39	3.25	28.35	28.54	83.45
SD.	1.15	1.38	2.35	2.51	2.32
20	85.77	3.49	16.63	16.99	78.15
SD.	0.97	0.56	1.30	1.34	1.05

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้ขมิ้นชัน และเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ซึ่งเป็นสารธรรมชาติย้อมให้เกิดสีบนผ้าใยสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์ โดยทำการย้อมโดยตรงโดยละลายขมิ้นชันและเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ในน้ำแล้วทำการย้อมในเครื่องย้อมระบบอินฟราเรด ผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นชันมีเฉดสีเหลืองเขียว ขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยเคอร์คิวมินบริสุทธิ์มีเฉดเหลืองส้ม เนื่องจากผ้าพอลิเอสเตอร์เป็นผ้าใยสังเคราะห์จึงต้องใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อทำให้โครงสร้างเส้นใยเกิดการเคลื่อนที่เพื่อเปิดช่องว่างให้สีจากขมิ้นชันและเคอร์คิวมินสามารถเคลื่อนที่เข้าไปยังภายในเส้นใยได้ จากการทดลองสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อม คือ 130 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที การใช้พอลิเอทธิลีนไกคอลเพื่อช่วยละลายเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ในระบบการย้อมที่มีตัวกลางเป็นน้ำที่อุณหภูมิต่ำช่วยทำให้สีจากเคอร์คิวมินบริสุทธิ์ติดบนผ้าพอลิเอสเตอร์ได้ดีขึ้น จึงมีความเป็นไปได้ในการย้อมสีจากขมิ้นชันโดยเพิ่มพอลิเอทธิลีนไกคอลหรือสารช่วยละลายตัวอื่นๆ สำหรับการย้อมผ้าพอลิเอสเตอร์หรือผ้าใยสังเคราะห์อื่น ๆ

จากการวิจัยแม้ว่าการใช้สีธรรมชาติทดแทนสีสังเคราะห์สำหรับการย้อมเส้นใยสังเคราะห์จะมีความเป็นไปได้ การศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงโครงสร้างหรือวิธีการย้อมทำให้สีสามารถติดได้ดีบนเส้นใยและมีความคงทนต่อการซักและแสงแดดยังควรต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเพื่อลดปัญหาของการตกสีและการซีดจางจากการสัมผัสกับแสงแดดเมื่อใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี และภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Agrawal, A., Goel, A., and Gupta, K. C. (1992). Optimisation of Dyeing Process for Wool with Natural Dye Obtained from Turmeric (Curcuma Longa). *Textile Dyer Print*, *10,* 28-30.

Broadbent, A. D. (2001). *Basic principle of textile coloration*. Kent: Thanet Press Ltd.

Drivas, I., Blackburn R. S., and Rayner C. M. (2011). Natural anthraquinonoid colorants as platform chemicals in the synthesis of sustainable disperse dyes for polyesters. *Dyes and Pigments*, *88*(1), 7-17.

Elnagar, K., Elmaaty T.A., and Raouf, S. (2014). Dyeing of Polyester and Polyamide Synthetic Fabrics with Natural Dyes Using Ecofriendly Technique. *Journal of Textiles*, Article ID 363079, 8 pages.

El-Shishtawy, R. M., Nassar, S. H., and Ahmed, N. S .E. (2007). Anionic colouration of acrylic fibre. Part II: Printing with reactive, acid and direct dyes. *Dyes and Pigments*, *74*, 215-222.

El-Shishtawy, R. M., Shokry, G. M., Ahmed, N. S. E., and Kamel, M. M. (2009). Dyeing of Modified Acrylic fibers with Curcumin and Madder Natural dyes. *Fibers and Polymers*, *10*(5), 617-624.

Guesmi, A., Ben hamadi, N., Ladhari, N., and Sakli F. (2013). Sonicator dyeing of modified acrylic fabrics with indicaxanthin natural dye. *Ind Crops Prod*, *42*, 63-69.

Hasan, Md. Mahabub; Hossain, Mohammad Billal; Anwarul Azim, Abu Yousuf Mohammad; Ghosh, Nayon Chandra; Reza, Md. Shamim (2014). Application of Purified Curcumin as Natural Dye on Cotton and Polyester. *International Journal of Engineering & Technology*; *14*(5), 17.

Kim, C.Y., Bordenave, N., Ferruzzi, M.G., Safavy, A., and Kim, K.H. (2011). Modification of curcumin with polyethylene glycol enhances the delivery of curcumin in preadipocytes and its antiadipogenic property. *J. Agric. Food Chem.*, *59* (3), 1012–1019.

Martins, R. M., Pereira, S. V., Siqueira, S., Salomão, W.F., and Freitas, L.A.P. (2013) Curcuminoid content and antioxidant activity in spray dried microparticles containing turmeric extract. *Food Research International*, *50*, 657–663

Räisänen, R., Nousiainen, P., and Hynninen, P. H. (2001). Emodin and Dermocybin Natural Anthraquinones as High-Temperature Disperse Dyes for Polyester and Polyamide. *Textile Res. J*, *71*(10), 922-927.

Sriumaoum, V., Suesat, J., and Suwanruji, P. (2012). Dyeing and Spectroscopic Properties of Natural Dyes on Poly (Lactic Acid) and Poly (Ethylene Terephthalate) Fabrics. *Int J Biosci Biochem Bioinforma*, *2*(3), 155-158.

Shahid, M., Shahid-ul-Islam, and Mohammad, F. (2013). Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of Cleaner Production*, *53*, 310–331.

Taylor, G.W. (1986). Natural dyes in textile applications. *Review of Progress in Coloration*, *16*, 53–61.