

ผลของการย้อมทับต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมสกัดจากผงใบคราม แห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria*

EFFECT OF DYEING REPETITION ON COLOR CHANGE OF COTTON FABRIC WITH EXTRACTION OF DYES FROM INDIGO (*INDIGOFERA TINCTORIA*) LEAF POWDER

ณัชชา กุลชามณิมนต์*, รุ่งทิพย์ ลุยเลา, ชุตินา ชวลิตมณฑะเกียรติ

Natcha Kulachamanimon, Roongtip Luilao, Chutima Chawalitmontien*

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

*Corresponding author, e-mail: natcha.kul@ku.th

Received: 11 May 2022; **Revised:** 26 December 2022; **Accepted:** 9 January 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการย้อมทับต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมสกัดจากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* ในประเทศไทย โดยการสกัดสีย้อมด้วยกระบวนการหมักแล้วนำสีย้อมที่สกัดได้มาทดสอบการย้อมบนผ้าฝ้ายให้เหมาะสมโดยควบคุมตัวแปร ได้แก่ ปริมาณผงคราม ปริมาณด่าง ปริมาณสารรีดิวซ์ ระยะเวลาการย้อม 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25+5 องศาเซลเซียส ดำเนินการทดลอง 5 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* และ h^* ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการวัดค่าสีในระบบ CIE วิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการย้อมทับในจำนวนครั้งที่ต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า ผ้าฝ้ายทดลองสามารถย้อมติดสีจากสีที่สกัดได้จากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* ได้ คือ สีย้อมมีความเข้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนการย้อมทับ และส่งผลต่อค่าสี L^* b^* C^* และ h^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p < 0.05$) โดยค่า L^* มีค่าความสว่างของสีต่ำลงแสดงถึง สีเข้มขึ้น ค่า b^* เป็นลบและมีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น ค่า C^* มีค่าความสดใของสีเพิ่มขึ้น และค่า h^* ระบุตำแหน่งสีใกล้เคียงกับสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น ผลการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีที่สกัดจากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* แสดงให้เห็นว่าสีครามที่สกัดได้สามารถย้อมติดสีผ้าฝ้ายได้และจำนวนการย้อมทับที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อเจดสีของผ้าทำให้ผ้าตัวอย่างมีสีเข้มขึ้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่าผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* สามารถนำมาสกัดสีครามและใช้ย้อมสีครามในผ้าฝ้ายได้

คำสำคัญ: การสกัด; ผงใบครามแห้ง; การย้อมสีคราม; ดันคราม

Abstract

The objective of this research was to study the effect of dyeing repetition on the color change of cotton fabric using indigo dye extracted from leaf of *Indigofera tinctoria* powder grown in Thailand. The fermentation

method was used to extract the dyes, controlling variables in the experiment were the amount of indigo leaf powder, alkali and reducing agents content, dyeing temperature (at 25+5 degrees Celsius), dyeing time (was 5 mins) and they were repeated for staining. The research experiment analysed the data with the completed randomized design (CRD). The color values were measured in the CIE system for the mean color values and analysed of variance L^* , a^* , b^* , C^* and h^* . The results showed that the dyed cotton samples could be dyed from *Indigofera tinctoria* leaf powder and the dye repetition had significant effect ($p < 0.05$) on the color value L^* , b^* , C^* and h^* . The L^* value was decreased in luminance implying that color was darker, b^* value was negative which meant an increase of blueness, the C^* value increased in chromaticity, and the h^* value increased and indicated that the color position was close to the blue color. Results also showed that the dyeing repetition effected the shade of the fabric sample. The repeating of dyeing process give darker shades on the cotton fabric sample several times. The result of the research showed that the indigo color extracted from *Indigofera tinctoria* leaf powder can be dyed on the cotton fabric.

Keywords: Extraction; Indigo Leaf Powder; Indigo Dyeing; *Indigofera Tinctoria*

บทนำ

สีครามที่สกัดได้จากพืชตามท้องถิ่นในแต่ละพื้นที่ มักมาจากใบของพันธุ์พืช เช่น *Indigofera*, *Isatis tinctoria* และ *Persicaria tinctoria* [1] ในการเก็บเกี่ยวต้นครามของแต่ละท้องถิ่นจะมีความแตกต่างกัน เช่น ในประเทศไทยการทำสีครามร้อยละ 90 จะเก็บใบครามตั้งแต่เช้ามืดก่อนน้ำค้างเหือดหาย เนื่องจากในอากาศมีความชื้นสูง ทำให้ได้ใบครามสดและให้สีครามมาก [2] การหมักจะแช่ทั้งต้นเป็นเวลา 2-3 วัน หรือ ประมาณ 48-72 ชั่วโมง [3] ส่วนในประเทศญี่ปุ่นเมื่อเก็บต้นคราม วันถัดมาหลังจากที่เก็บใบจึงทำการแยกส่วนของใบออกจากลำต้น ใส่ใบแห้งแยกไว้ในกระสอบแล้วจึงนำมาหมัก โดยการนำใบรวมไว้ในพื้นที่ร่มแช่น้ำเพื่อหมักเป็นเวลาหนึ่งเดือน [4] ในขณะที่ชาวอินเดียจะเก็บครามขณะมีแสงแดด [5]

การนำต้นครามไปหมักเพื่อสกัดสีนิยมใช้ใบสดต้องใช้เวลาและต้นครามจำนวนมาก กรณีเก็บเกี่ยวต้นครามสดไม่ทันช่วงเวลาที่ต้องการ อาจทำให้ต้นครามเน่าเสียหรือไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ครบถ้วน นอกจากนี้ พบว่า มีการนำต้นครามมาแปรรูปในรูปแบบของการทำแห้ง [6] ซึ่งการทำแห้งจะช่วยลดปริมาณความชื้น ลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และลดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทำให้สะดวกในการใช้ การบรรจุขนส่ง และการเก็บรักษา กระบวนการทำแห้งจึงช่วยเก็บรักษาต้นครามจำนวนมากให้ใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นและยืดอายุการเก็บให้ยาวนานและนิยมนำมาใช้ในรูปของผงสมุนไพร เพื่อใช้เป็นเครื่องสำอาง เช่น สีย้อมผมจากผงใบคราม

จากการศึกษาการสกัดสีครามในงานวิจัยของ Adeyanju O. และคณะ [7] ได้นำใบครามสดมาทำแห้งด้วยการตากแดด อบให้แห้ง และบดก่อนนำไปสกัดสีครามโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้นต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า ใช้ใบครามสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 2.0 โมลลิตี ได้ปริมาณสีครามมากที่สุดอยู่ที่ 4.3 กรัม นอกจากนั้นงานวิจัยของพรพินา ปรีชา [8] ได้สกัดสีครามโดยใช้ใบครามสดแล้วนำสารละลายสีย้อมที่สกัดได้ เข้าเครื่องเหี่ยวตะกอนทำเป็นครามเปียกและนำครามเปียกมาทำแห้งด้วยกระบวนการทำแห้งแบบแช่แข็ง (freeze dry) 20-30 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า ใบครามสด 1 กิโลกรัม จะได้ครามผงที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 12.4 กรัม ทั้งนี้ครามผงที่ได้จากการหมักใบครามแบบหั่นละเอียดจะมีปริมาณมากกว่าครามผงที่ได้จากใบครามสดที่หมักทั้งใบ ปริมาณอินดิโกมีค่ามากที่สุดเมื่อใช้เวลาหมักนาน 30 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ (อุณหภูมิห้อง, 40 และ 50 องศาเซลเซียส) ในงานวิจัยของ พจนารถ สุวรรณรุจิ และคณะ [9] ได้ใช้สารรีดิวซ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมคือ น้ำสกัดจากผลเมาร่วมกับน้ำตาลรีดิวซ์อื่น ๆ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโตส และกาแลคโตส น้ำตาลโมเลกุลคู่ ได้แก่

แลคโตส และมอลโตส) ทดแทนโซเดียมไดไทโอไนด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) และปรับสภาวะความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เปรียบเทียบกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ผลการวิจัยพบว่า สามารถใช้สารธรรมชาติคือน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีในผลไม้ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในการย้อมผ้าฝ้ายได้ดี แม้สีอาจจะไม่เทียบเท่าการใช้สารเคมี

จากข้อมูล พบว่ารูปแบบครามที่ใช้ในการสกัดสามารถใช้ได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง สารรีดิวซ์ที่ใช้มีทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติ ซึ่งสีที่ย้อมโดยใช้สารธรรมชาติมีความเข้มของสีไม่เทียบเท่ากับการใช้สารเคมีในงานวิจัยนี้จึงสนใจเฉพาะส่วนของนำผงใบครามแห้งมาศึกษากระบวนการสกัดโดยใช้สารรีดิวซ์ธรรมชาติ ศึกษาการติดสีบนผ้าฝ้ายและการย้อมทับ เพื่อเป็นทางเลือกในการย้อมสีอีกรูปแบบหนึ่งโดยยังไม่รวมการศึกษาด้านความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซัก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการย้อมทับต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมสกัดจากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* โดยประยุกต์กระบวนการสกัดสีครามจากใบครามเปียกตามภูมิปัญญาท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมผ้าฝ้าย

ผ้าทดลองที่ใช้ย้อมคือ ผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างการทอลายขัด น้ำหนัก 100 กรัมต่อตารางเมตร ตัดขนาด 15x15 เซนติเมตร ทำความสะอาด โดยใช้สารทำความสะอาด ประกอบด้วย wetting agent โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ปริมาณอย่างละ 1 กรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำต่อน้ำหนักผ้าเท่ากับ 30 : 1 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลาในการทำทำความสะอาด 30 นาที ล้างน้ำ [10]

การเตรียมผงใบครามแห้ง

พันธุ์ครามที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ใบครามจากต้นครามพันธุ์ *Indigofera tinctoria* นำมาทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดจนแห้งสนิท แยกส่วนใบครามออกจากต้นและบดใบคราม [7] ทำเป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร พบว่าผงใบครามแห้งที่เตรียมได้มีน้ำหนัก 28-30 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักต้นครามสด

การสกัดสีครามจากผงใบครามแห้ง

นำผงใบครามแห้งไปสกัดสีด้วยวิธีการหมัก ประยุกต์จากภูมิปัญญาท้องถิ่น [2] ปริมาณผงใบครามแห้ง 30 กรัม [7] โดยใช้อัตราส่วน น้ำ : ครามแห้ง : ปูนขาว เท่ากับ 400 : 10 : 1 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส เวลา 16 ชั่วโมง [5] หลังจากครบเวลานำมากรองแยกส่วนกากออก นำเฉพาะส่วนของน้ำครามมาเติมปูนขาวคนด้วยแท่งแก้วประมาณ 25 นาที สังเกตจนน้ำครามเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ขอบผิวหน้าเป็นสีอมเหลือง มีฟองสีฟ้าหรือสีน้ำเงิน [8] และพักทิ้งไว้ 20 ชั่วโมง สังเกตของเหลวในภาชนะแยกเป็นสองชั้น นำไปเตรียมน้ำย้อม

การเตรียมน้ำย้อมคราม

การเตรียมน้ำย้อมหรือก่หม้อประยุกต์จากการเตรียมน้ำย้อมของ รุ่งทิพย์ ลุยเลา [11] โดยนำน้ำตะกอนครามที่พักครบ 20 ชั่วโมง ใช้อัตราส่วนน้ำตะกอนคราม : ปูนแดง : มะขามเปียก เท่ากับ 1 : 1 : 2 โดยละลายปูนแดงและมะขามเปียก ซึ่งเป็นสารรีดิวซ์ธรรมชาติ ด้วยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กรองแยกกากออก และอุ่นน้ำตะกอนคราม (ความเป็นกรด-ด่างมีค่า 7) ให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ผสมสารละลายปูนแดง น้ำมะขามเปียก ลงในน้ำตะกอนคราม กวนเบา ๆ สังเกตเห็นสีเทาเขียว ทั้งส่วนผสมพักไว้ 10 นาที สังเกตเห็นสีเทา เขียว น้ำเงิน จึงเทลงผสมกับน้ำในอ่างย้อม พักไว้ 24 ชั่วโมง (น้ำย้อมมีความเป็นกรด-ด่างมีค่า 11-12)

การย้อมสี

การย้อมใช้ผ้าฝ้ายที่ผ่านการทำความสะอาดและตัดขนาด 15x15 เซนติเมตร แช่ลงในน้ำสะอาดก่อนย้อม นำผ้าลงย้อมเวลา 5 นาที นำขึ้นสัมผัสอากาศ (oxidation) จนผ้าฝ้ายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน พักหม้อย้อมเวลา 15 นาที

แล้วย้อมทับ ย้อมทับในจำนวนครั้งที่ต่างกัน 5 ระดับ ชักทำความสะอาดผ้าตัวอย่างด้วยสารละลาย wetting agent 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปวัดค่าสี ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

การทิ้งน้ำสีหลังการย้อม

น้ำสีที่เหลือทิ้งภายหลังการย้อมจะพักไว้ในถังพักน้ำ ใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อดตกตะกอน กากตะกอน แยกทิ้งหรือสามารถใช้ทำปุ๋ยได้ ตรวจวัดค่า pH ของน้ำสีอยู่ที่ 7 ก่อนจะทิ้งน้ำในระบบบำบัดโดยแยกกรองตะกอน

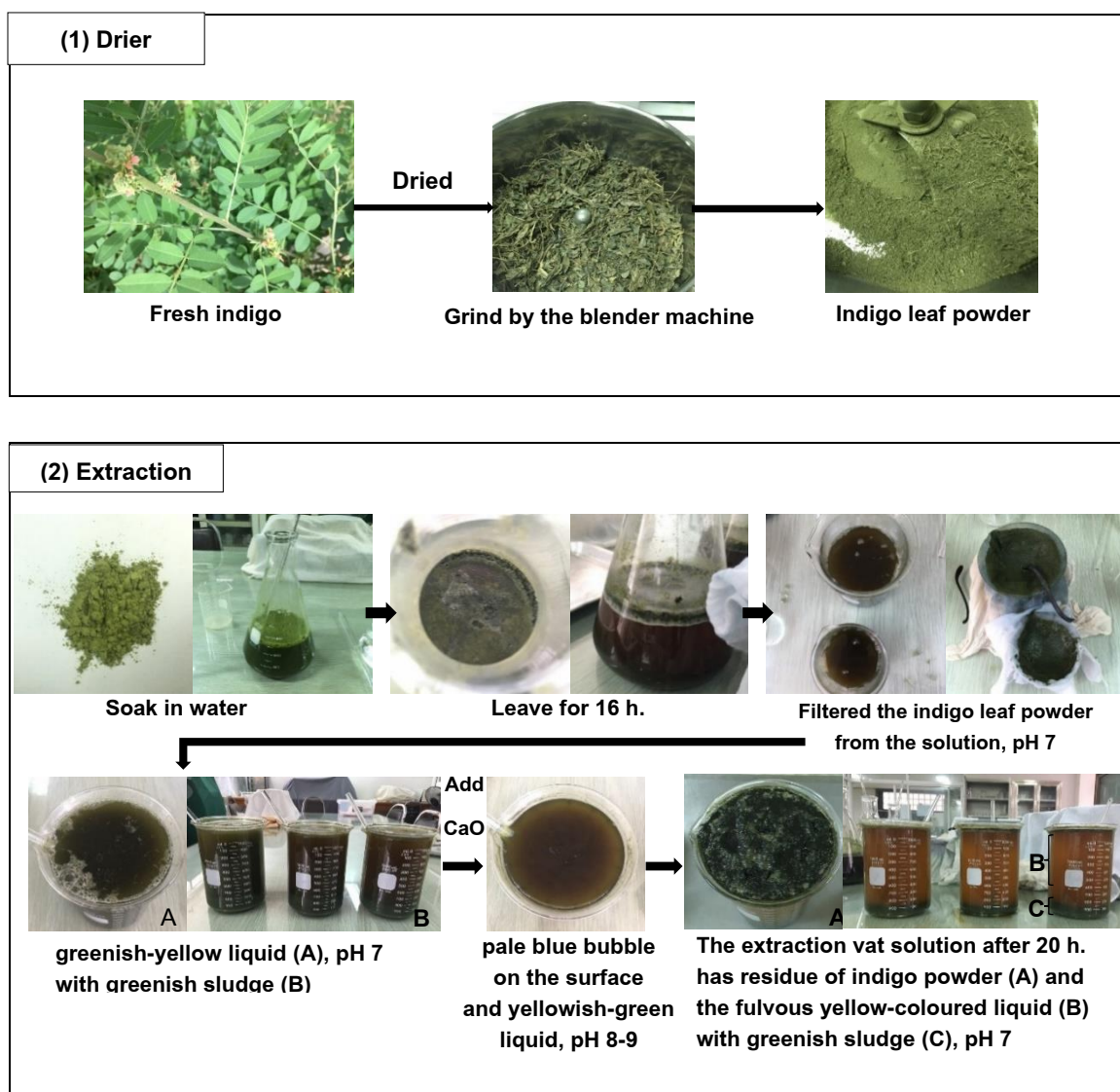
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ดำเนินการทดลอง 5 ซ้ำ ประเมินผลโดยวัดค่าสีด้วยระบบ CIE เพื่อหาค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* และ h^* ของผ้าฝ้ายทดลองด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Datacolor 550 บริษัท Datacolor นำค่าสีมาวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการย้อมทับในจำนวนครั้งที่ต่างกัน 5 ระดับโดยวิธี One way analysis of variance ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

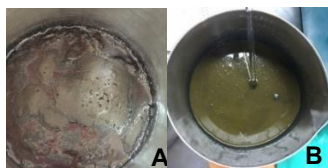
ผลการวิจัย

ผลการสกัดสีครามจากใบครามแห้ง

จากการเตรียมผงใบครามแห้ง การสกัดสี การเตรียมน้ำย้อม (รีดักชันสีคราม) เพื่อการย้อมสี โดยประยุกต์กระบวนการสกัดสีครามจากใบครามเปียกตามภูมิปัญญาท้องถิ่น แสดงดังภาพที่ 1



(3) Dyeing



The color of liquid in solution bath of indigo (*Indigofera tinctoria*) leaf powder has coppery coating greenish blue film with on the surface (A) and when stirring yellowish with blue bubble (B), pH 11

ภาพที่ 1 แผนภาพกระบวนการสกัดสีครามจากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria*

จากภาพที่ 1 แสดงการหมักผงใบครามแห้งสามารถนำมาหมักสกัดสีได้ พบว่า เมื่อนำผงใบครามแช่น้ำทิ้งไว้ 16 ชั่วโมง หลังจากแยกกากออก ลักษณะของสีน้ำแช่ใบครามและสีของฟองดังแผนภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพิมา ปรีชา [8] คือ สารละลายมีสีเขียวอมฟ้า โดยหลังจากที่ทำการเตรียมน้ำย้อมหรือก่อกมเพื่อสกัดสีครามแล้ว สามารถนำน้ำย้อมใช้ในการย้อมผ้าได้ เมื่อใช้อัตราส่วนของสารและกระบวนการสกัดสีเช่นเดียวกับกระบวนการจากภูมิปัญญาท้องถิ่น

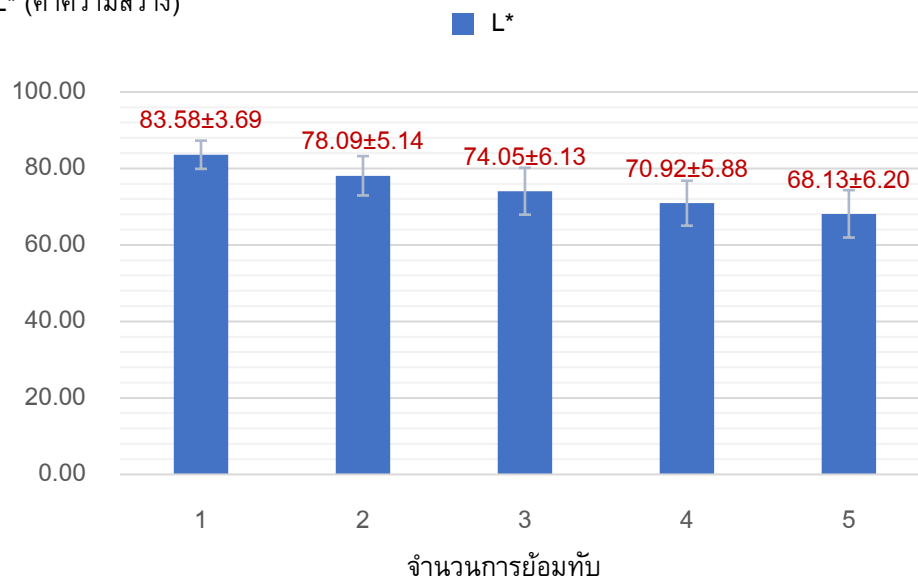
ผลของการย้อมสีครามจากสีที่สกัดได้จากผงใบครามแห้ง

จากการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีครามที่สกัดจากผงใบครามแห้ง โดยควบคุมตัวแปร ได้แก่ ปริมาณผงคราม ปริมาณน้ำ ปริมาณสารรีดิวซ์ และระยะเวลาการย้อมที่เท่ากัน โดยเพิ่มจำนวนครั้งในการย้อมทับ คือ ย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง เมื่อวัดค่าสี L^* a^* b^* C^* h^* และนำข้อมูลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสี L^* a^* b^* C^* h^* ของผ้าฝ้ายทดลองที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* โดยเพิ่มจำนวนครั้งในการย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง

Dyeing repetition	Color values				
	$L^* \pm SD$	$a^* \pm SD$	$b^* \pm SD$	$C^* \pm SD$	$h^* \pm SD$
1	83.58±3.69	-3.76±1.53	-3.26±3.73	5.47±3.19	203.09±36.60
2	78.09±5.14	-4.88±1.32	-6.82±4.68	8.65±4.28	227.07±18.06
3	74.05±6.13	-5.26±1.17	-8.80±4.71	10.47±4.28	234.44±14.16
4	70.92±5.88	-5.55±0.99	-10.50±4.50	12.06±4.03	239.31±10.78
5	68.13±6.20	-5.72±0.93	-11.73±4.10	13.20±3.64	242.16±8.85
Total	74.95±7.48	-5.03±1.31	-8.22±5.01	9.97±4.52	229.21±23.42

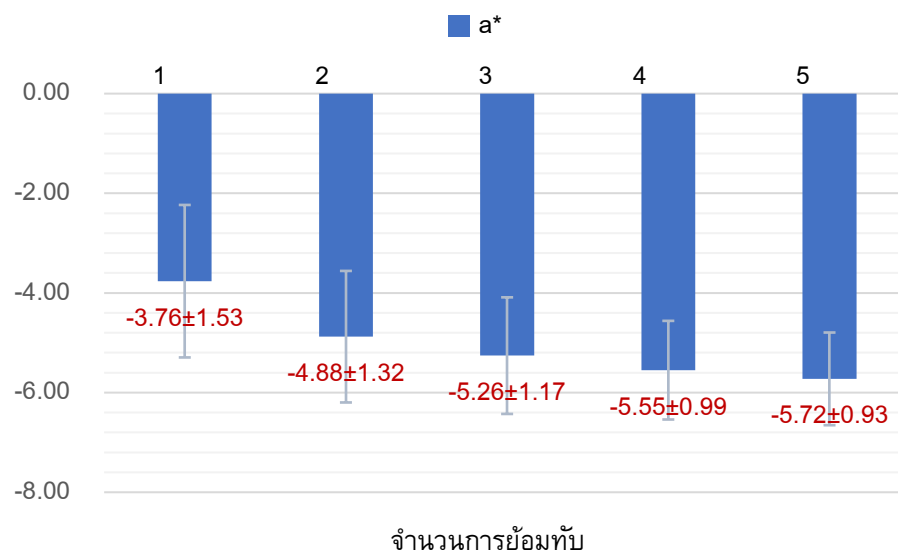
ค่า L* (ค่าความสว่าง)



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่า L* ของผ้าฝ้ายทดลองโดยเพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง

ค่า L* (ค่าความสว่าง) ผ้าฝ้ายทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 68.13 ถึง 83.58 เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 ครั้ง จนถึง 5 ครั้ง (ภาพที่ 2) พบว่า ค่า L* ในการย้อมทับ 5 ครั้ง ต่ำกว่าค่า L* ในการย้อม 4 ครั้ง 3 ครั้ง 2 ครั้ง และ 1 ครั้ง ตามลำดับ โดยสีของผ้าทดลองที่ย้อมทับ 5 ครั้ง ได้สีเข้มที่สุด (ค่า L* ต่ำที่สุด) แสดงว่าผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ มีแนวโน้มทำให้ค่า L* มีค่าความสว่างของสีต่ำลง ซึ่งหมายถึงมีสีเข้มขึ้น เมื่อจำนวนการย้อมเพิ่มขึ้น

ค่า a* (ความเป็นสีแดง-เขียว)

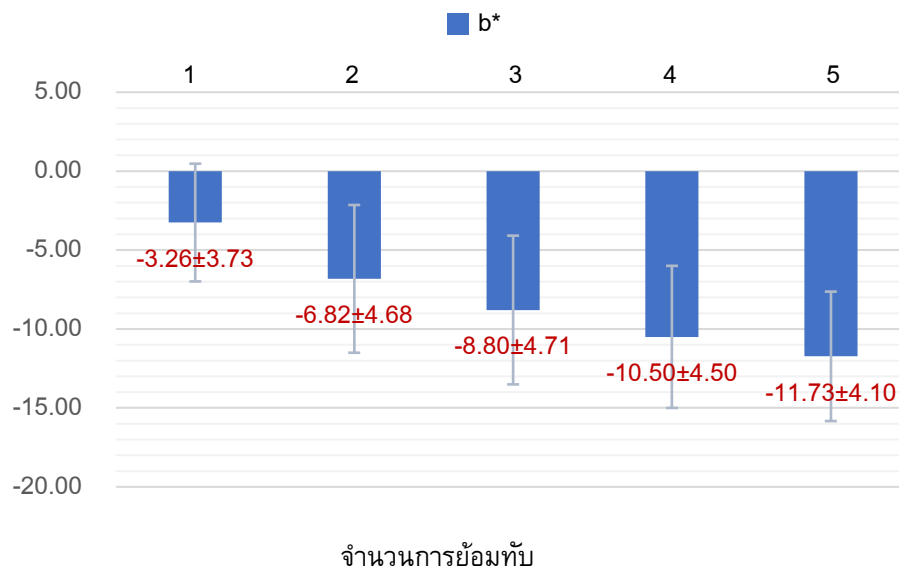


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่า a* ของผ้าฝ้ายทดลองโดยเพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง

ค่า a* (ความเป็นสีแดง-เขียว) ผ้าฝ้ายทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง -3.76 ถึง -5.72 เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 ครั้ง จนถึง 5 ครั้ง (ภาพที่ 3) พบว่า ค่า a* ในการย้อม 5 ครั้ง สูงกว่าค่า a* ในการย้อม 4 ครั้ง 3 ครั้ง 2 ครั้ง และ 1 ครั้ง ตามลำดับ โดยสีของผ้าทดลองที่ย้อมทับ 5 ครั้ง มีความเป็นสีเขียวมากที่สุด

(ค่า a^* สูงสุด) แสดงว่าผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ มีแนวโน้มทำให้ค่า a^* มีค่าความความเป็นสีเขียวของสีมากขึ้น เมื่อจำนวนการย้อมเพิ่มขึ้น

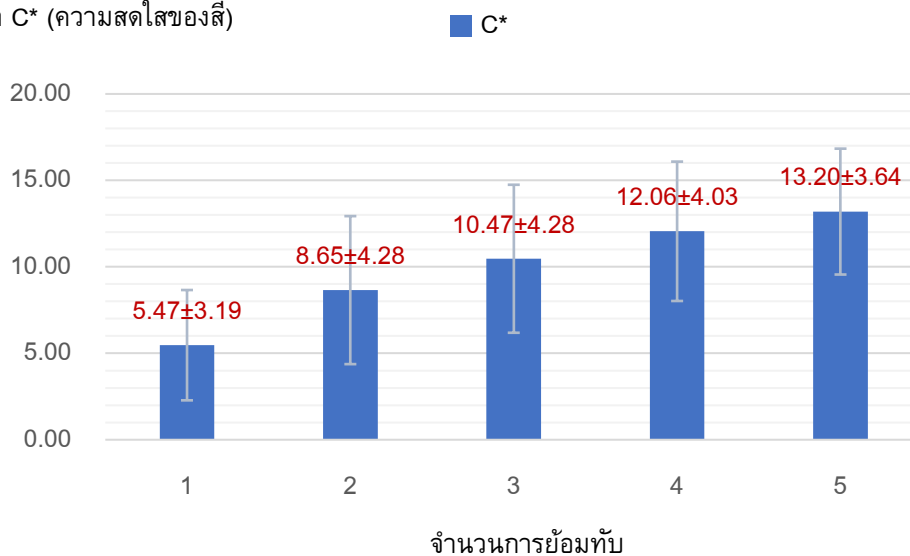
ค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน)



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่า b^* ของผ้าฝ้ายทดลองโดยเพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง

ค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) ผ้าฝ้ายทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง -3.26 ถึง -11.73 เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 ครั้ง จนถึง 5 ครั้ง (ภาพที่ 4) พบว่า ค่า b^* ในการย้อม 5 ครั้ง มีค่าสูงกว่าค่า b^* ในการย้อม 4 ครั้ง 3 ครั้ง 2 ครั้ง และ 1 ครั้ง ตามลำดับ โดยสีของผ้าทดลองที่ย้อมทับ 5 ครั้ง มีความเป็นสีน้ำเงินมากที่สุด (ค่า b^* สูงสุด) แสดงว่าผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ มีแนวโน้มทำให้ค่า b^* มีค่าความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น เมื่อจำนวนการย้อมเพิ่มขึ้น

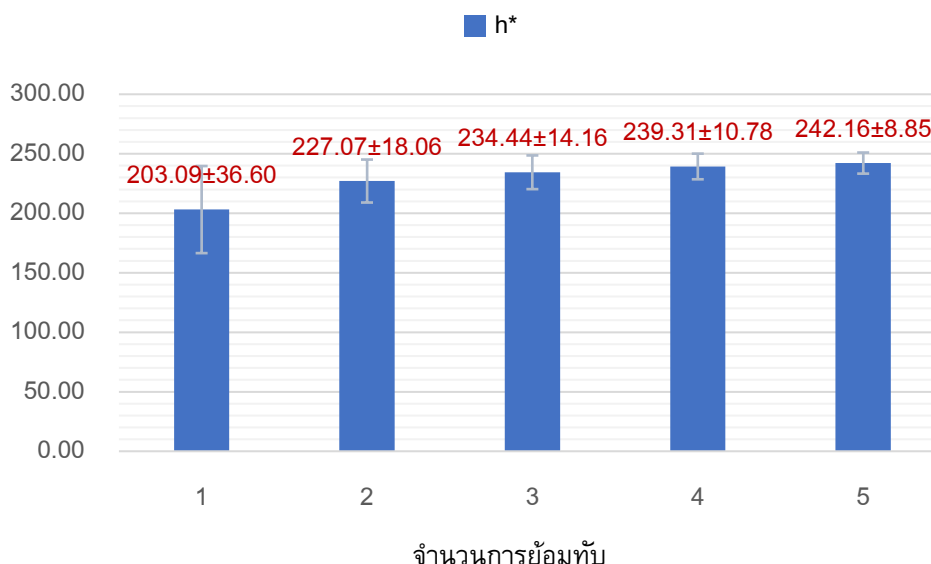
ค่า C^* (ความสดใสของสี)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่า C^* ของผ้าฝ้ายทดลองโดยเพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง

ค่า C^* (ความสดใสของสี) ผ้าฝ้ายทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 5.47 ถึง 13.20 เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 ครั้ง จนถึง 5 ครั้ง (ภาพที่ 5) พบว่า ค่า C^* ในการย้อม 5 ครั้ง มีค่าสูงกว่าค่า C^* ในการย้อม 4 ครั้ง 3 ครั้ง 2 ครั้ง และ 1 ครั้ง ตามลำดับ โดยสีของผ้าทดลองที่ย้อมทับ 5 ครั้ง มีความสดใสของสีมากที่สุด (ค่า C^* สูงสุด) แสดงว่าผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ มีแนวโน้มทำให้ค่า C^* มีค่าความสดใสของสีมากขึ้น เมื่อจำนวนการย้อมเพิ่มขึ้น

ค่า h^* (ค่าที่ระบุตำแหน่งของสี)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่า h^* ของผ้าฝ้ายทดลองโดยเพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 2 3 4 และ 5 ครั้ง

ค่า h^* (ค่าที่ระบุตำแหน่งสี, ค่า $h^*=270$ องศา หมายถึง สีน้ำเงิน) ผ้าฝ้ายทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 203.09 องศา ถึง 242.16 องศา เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ 1 ครั้ง จนถึง 5 ครั้ง (ภาพที่ 6) พบว่า ค่า h^* ในการย้อม 5 ครั้ง มีค่าสูงกว่าค่า h^* ในการย้อม 4 ครั้ง 3 ครั้ง 2 ครั้ง และ 1 ครั้ง ตามลำดับ โดยสีของผ้าทดลองที่ย้อมทับ 5 ครั้ง มีความเป็นสีน้ำเงินสูงที่สุด (ค่า h^* สูงสุด) แสดงว่าผ้าฝ้ายทดลองที่เพิ่มจำนวนการย้อมทับ มีแนวโน้มทำให้ค่า h^* มีค่าความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น เมื่อจำนวนการย้อมเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลอง (ภาพที่ 2-6) พบว่า ผ้าฝ้ายสามารถย้อมติดสีครามจากผงไบครามแห้งได้ และเมื่อเพิ่มจำนวนการย้อมทับช่วยให้ผ้ามีสีเข้มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิมล หงษ์สาม และคณะ [12] พบว่า ผลการย้อมด้วยผ้าด้วยสีจากห้อม 15 ครั้ง ค่าของเจดสีมีการเปลี่ยนแปลง ในครั้งที่ 1-4 และค่าของเจดสีคงที่ในครั้งที่ 5 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hartl A. และคณะ [13] ทดลองย้อมสีจากต้นโวด (*Isatis tinctoria*) ซึ่งเป็นแหล่งสีครามในยุโรปเพื่อหาเจดสี พบว่าในการย้อมทับเส้นด้วยสีที่สกัดจากต้นโวดสด ในการย้อมครั้งที่ 2 มีสีเข้มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของการย้อมทับที่มีต่อค่าสี L* a* b* C* และ h*

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยค่า L* a* b* C* h*

Color values	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L*	Between Groups	739.752	4	184.938	6.141*	0.002
	Within Groups	602.334	20	30.117		
	Total	1342.086	24			
a*	Between Groups	12.149	4	3.037	2.087	0.121
	Within Groups	29.109	20	1.455		
	Total	41.258	24			
b*	Between Groups	222.169	4	55.542	2.918*	0.047
	Within Groups	380.747	20	19.037		
	Total	602.916	24			
C*	Between Groups	184.942	4	46.235	3.03*	0.042
	Within Groups	305.211	20	15.261		
	Total	490.152	24			
h*	Between Groups	4920.748	4	1230.187	2.985*	0.044
	Within Groups	8243.378	20	412.169		
	Total	13164.126	24			

*Means are significantly different at P<0.05

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการย้อมทับในจำนวนครั้งที่ต่างกัน คือ 5 ระดับ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากผงใบครามแห้งโดยใช้จำนวนครั้งในการย้อมทับแตกต่างกัน มีผลต่อ ค่า L* (ค่าความสว่าง) ค่า b* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) ค่า C* (ความสดใของสี) และค่า h* (ค่าที่ระบุตำแหน่งสี, ค่า h* = 270 องศา หมายถึง สีน้ำเงิน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นค่า a* (ความเป็นสีแดง-เขียว) แสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งในการย้อมทับด้วยสีที่สกัดจากผงใบครามส่งผลต่อสีของผ้าฝ้ายอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาค่าสีร่วมกับเจดสีของผ้าฝ้ายและเพิ่มจำนวนครั้งในการย้อมทับ ครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มจำนวนการย้อมทับส่งผลต่อค่าสี คือ จำนวนการย้อมทับเพิ่มขึ้นส่งผลให้เจดสีที่เข้มข้นในทุกการทดลอง ดังแสดงใน ภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากผงใบครามแห้งจากต้นครามพันธุ์ *Indigofera tinctoria* โดยใช้จำนวนครั้งในการย้อมทับแตกต่างกัน ครั้งที่ 1 2 3 4 และ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการย้อมทับต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้าย ที่ย้อมด้วยสีย้อมซึ่งสกัดจากผงใบครามแห้งพันธุ์ *Indigofera tinctoria* ที่ปลูกในประเทศไทย และนำมาสกัดด้วยวิธีการหมักเพื่อใช้ย้อมสีผ้าฝ้าย พบว่าผงใบครามแห้งสามารถสกัดสีครามได้เช่นเดียวกับการสกัดสีครามจากใบครามสดตามกระบวนการของ

ภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยใช้อัตราส่วนการสกัดสีเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าสีที่ได้จากการสกัดด้วยผงใบครามแห้งย้อมสีผ้าฝ้ายได้ โดยมีผลต่อค่า L^* , b^* , C^* และ h^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลจากการย้อมทับที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เจดสีเข้มมากขึ้น เมื่อพิจารณาสีของผ้าฝ้ายทดลอง (ภาพที่ 2-6) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิมล หงษ์สาม และคณะ [12] ที่ทำการย้อมสีด้วยผ้าฝ้ายด้วยหม้อมโดยย้อมทับ 15 ครั้ง ซึ่งพบว่าค่าของเจดสีมีการเปลี่ยนแปลงในการย้อมทับครั้งที่ 1-4 และค่าของเจดสีคงที่ในการย้อมทับ ครั้งที่ 5-15 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hartl A. และคณะ [13] ทดลองย้อมสีจากต้นโจด (*Isatis tinctoria*) ซึ่งเป็นแหล่งสีครามในยุโรปเพื่อหาเจดสี พบว่าในการย้อมทับเส้นด้วยสีที่สกัดจากต้นโจดในการย้อมครั้งที่ 2 มีสีเข้มขึ้น

ผลจากงานวิจัยนี้พิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถใช้กระบวนการสกัดสีจากผงใบครามแห้งนำมาย้อมติดสีผ้าฝ้ายได้ และเพิ่มความเข้มของสีได้ด้วยการย้อมทับ นอกจากนี้งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษากระบวนการสกัดและย้อมสีครามที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยเลือกสารที่มีความปลอดภัย หาได้ทั่วไป สามารถควบคุมปริมาณการใช้ทรัพยากรได้ มีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างด้วยปูนขาวจากเปลือกหอยและปูนแดง ซึ่งเมื่อผสมน้ำจะได้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทดแทนการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นสารเคมี ไขมันขาวเปื่อยเป็นตัวรีดิวซ์ทดแทนโซเดียมไดไทโอไนต์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจย้อมสีครามที่ต้องการสกัดจากธรรมชาติ อีกทั้งสำหรับผู้ที่ไม่มิต้นครามหรือใบครามสด สามารถนำผงใบครามแห้งไปใช้สกัดสีได้เช่นกัน โดยกระบวนการได้ประยุกต์การใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และลดใช้สารที่อันตรายต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นเพียงการศึกษาถึงศักยภาพของกระบวนการสกัดสี ซึ่งต้องศึกษาถึงปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงใบครามที่ใช้ในการสกัดสี ความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลในการย้อมสีจากผงใบครามแห้งการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นแนวทางในการพัฒนาสีย้อมธรรมชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saikhao, L., Setthayanond, J., Karpkird T., and Suwanruji, P. (2017). *Comparison of sodium dithionite and glucose as a reducing agent for natural indigo dyeing on cotton fabrics*. MATEC Web of Conferences, 108, Article 03001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710803001>
- [2] Saithong, A. (2007). *Final report from the development study project of indigo dyed on fabric*. Sakon Nakhon Rajabhat Institute, Sakon Nakhon.
- [3] Hirunkitmonkon, S. (2000). *Kinetics and influences of corresponding variables on silk dyeing process with natural indigo dye*. Bangkok: Department of Chemical Engineering, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.
- [4] Aino, K., Hirota, K., Okamoto, T., Tu, Z., Matsuyama, H., and Yumoto, I. (2018). Microbial communities associated with indigo fermentation that thrive in anaerobic alkaline environments. *Frontiers in Microbiology*, 9, Article 2196. Retrieved October 12, 2020, from <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2018.02196>
- [5] Pattanaik, L., Padhi, S. K., Hariprasad, P., and Naik, S. N. (2020). Life cycle cost analysis of natural indigo dye production from *Indigofera tinctoria* L. plant biomass: A case study of India. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(8), 1639-1654.
- [6] Rattanaprasat, W. (2006). *Dye extraction from jackfruit Artocarpus heterophyllus Lamk. stems using recycle extractor* [Unpublished master's thesis]. Chulalongkorn University.
- [7] Adeyanju, O., Emmanuel, S. E., and Akomolafe, S. F. (2011). Extraction of indigo dye (powdered, form) from the leaf of indigofera tinctoria. *International Journal of Physical Science*, 6(1), 137-143.
- [8] Precha, P. (2009). *The Study of natural indigo dyeing process on cotton*. Nakhon Si Thammarat: Department of Chemistry, Nakhon Si Thammarat Rajaphat Univesity.

- [9] Suwanruji, P., Karpkird, T., and Setthayanond, J. (2018). *Study of green reducing agents for natural indigo dyeing on cotton fabrics*. Bangkok: Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University.
- [10] Piromthamsiri, K., and Luilao, R. (2017). *Documentation: Fabric Design*. Bangkok: Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.
- [11] Luilao, R. (2017). *Development of Indigo Dyed Mudmee Silk from Natural Substances*. Bangkok: Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.
- [12] Hongsam, S., Egwutvongsa, S., and Sodphiban, P. (2014). Study and development process to increase natural dyes's tone variation on the cotton yarn from *Strobilanthes flaccidifolius* for textile products design. *AJNU art and architecture journal*, 5(2), 72-85. Retrieved April 7, 2021, from <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ajnu/article/view/27761>
- [13] Hartl, A., Proaño Gaibor, A. N., van Bommel, M. R., and Hofmann-de Keijzer, R. (2015). Searching for blue: Experiments with woad fermentation vats and an explanation of the colours through dye analysis. *Journal of Archaeological Science Report*. 2, 9-39. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2014.12.001>