



ชุดทดสอบฝ้าย้อมครามธรรมชาติอย่างง่ายด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี

The Simple Natural Indigo fabric test kit by Column Chromatography

อรรถัย แสงวงศ์¹ ทิชานันท์ พะวงศ์¹ ภัระพัฒน์ ปัดทุมมา¹ และ ศุภกร อางหาญ^{1*}

¹สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

*Correspond Author, E-mail: supakorn.snru@gmail.com

Received: 9 January 2018 | Revised: 31 May 2018 | Accepted: 20 November 2018

บทคัดย่อ

ผ้าคราม หรือฝ้าย้อมครามคือผ้าที่มีสีฟ้าถึงสีน้ำเงิน มีที่มาของสีครามที่หลากหลาย ทั้งจากธรรมชาติ จากการสังเคราะห์ หรือจากสีย้อมผ้าที่ให้สีในโทนเดียวกับสีคราม จากความหลากหลายของสีครามนั้นเมื่อทดสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโทเมทรี และฟลูออโรเมทรีพบว่ามีองค์ประกอบของสีหลักอยู่สองสีคือ สีน้ำเงิน และสีแดง นั่นคืออินดิโกบลู และอินดิรูบิน ผ้าที่ย้อมจากครามสังเคราะห์จะพบสีหลักเพียงสีน้ำเงินเพียงสีเดียวคือ อินดิโกบลู ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยผงสีครามนั้นจะไม่พบองค์ประกอบของอินดิโกบลู และอินดิรูบิน จากความต่างต่างนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้จัดทำชุดทดสอบฝ้าย้อมครามธรรมชาติอย่างง่ายขึ้นเพื่อใช้ทดสอบฝ้าย้อมคราม ชุดทดสอบฝ้าย้อมครามธรรมชาติที่จัดทำขึ้นนั้นสามารถทดสอบฝ้าย้อมครามธรรมชาติได้จริง ซึ่งชุดทดสอบฝ้าย้อมครามธรรมชาตินี้ เป็นชุดทดสอบอย่างง่าย ราคาไม่แพง ไม่ต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่สลับซับซ้อน

ABSTRACT

Indigo fabric has blue or indigo color from various sources such as natural, synthesized indigo dyes and other blue dye. From the varieties of indigo color sources, determination of major chemical composition by Chromatography technique, UV-visible spectroscopy and Fourier transforms infrared spectroscopy found that the main colors obtained in the natural indigo fabric were blue and red of indigo blue and indirubin, respectively. Meanwhile, the synthesized indigo fabric has only indigo blue, and indirubin was not found. From these results, this research invented a simple test-kit for identify the kinds of indigo fabric. Moreover, this test-kit is inexpensive, and easy to use when compared with the complicate scientific instrument.

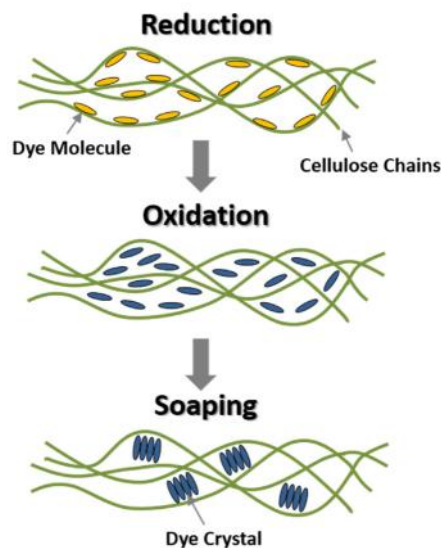
คำสำคัญ: ครามธรรมชาติ ฝ้าย้อมคราม คราม ชุดทดสอบ

Keywords: Natural Indigo, Indigo fabric, Indigo blue, Test kit

บทนำ

ผ้าย้อมคราม มีอดีตยาวนานร่วม 6,000 ปี ในอดีตสีคราม (Indigo blue) ได้จากการสกัดสีครามจากพืชต่างชนิดกัน เช่น ยุโรปสกัดสีครามจากต้นโหวด (woad: *Isatis tinctoria*) ญี่ปุ่นและเกาหลี สกัดสีครามจาก *Polygonum tinctoria* ชาวจีนและเวียดนาม สกัดสีครามจาก *Strobilanthes flacidiifolius* คนอินเดีย สกัดสีครามจาก *Indigofera arrecta* ส่วนคนไทยและลาวจะสกัดสีครามจากต้นคราม (*Indigofera tinctoria*) เป็ก (*Marsdenia tinctoria* R.) และต้นฮ่อม (ฐิติรัตน์ และคณะ, 2551) แต่เมื่อชาวเยอรมันสังเคราะห์สีครามได้และผลิตเป็นการค้าในปี ค.ศ. 1890 ความนิยมในสีครามธรรมชาติจึงลดลงอย่างรวดเร็ว (Prosea 1992 : 82) ในปี ค.ศ. 1914 ความนิยมเปลี่ยนไปใช้สีสังเคราะห์และสีย้อมสังเคราะห์อื่นๆ ที่ย้อมง่าย สีเข้ม สม่ำเสมอ และราคาถูก จนศตวรรษที่ 20 ผลการใช้สารสังเคราะห์ทั้งสีย้อม ปุ๋ย สารปราบศัตรูพืช และอื่น ๆ ก่อผลเสียต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ จึงกลับมาสู่ธรรมชาติอีกครั้ง ไม่ว่าจะเป็นยา อาหาร เครื่องนุ่งห่ม รวมถึงสีย้อมจากธรรมชาติด้วย (ฐิติรัตน์ และคณะ, 2551) แต่ปัญหาใหญ่ของสีย้อมธรรมชาติ คือ สีตกจากการซักล้าง สีซีดเนื่องจากอากาศ และแสงแดด มีเพียงสีคราม และสีดำจากมะเกลือที่ติดทนนาน จึงทำให้สีครามเป็นสีธรรมชาติที่มีความนิยมแพร่หลายในปัจจุบัน กระบวนการย้อมสีครามธรรมชาตินั้นเริ่มจากการสกัดใบครามแก่และสดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม ผสมปูนขาวและน้ำซี้เข้าในสัดส่วนที่เหมาะสม ในภาวะความเป็นกรด - ด่างระดับ 10.5 - 11 ในการย้อมต้องทำในสภาวะปราศจากออกซิเจน หลังย้อมแล้วต้องใช้ออกซิเจนในภาวะแสงน้อย จะทำให้สีครามเกาะจับเส้นใยเซลลูโลสได้สม่ำเสมอ (อนุรัตน์ และคณะ, 2551) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเส้นใยที่ย้อมด้วยคราม (*Indigofera tinctoria*) ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบสาร Indigotin Isatin และ Indirubin เป็นองค์ประกอบหลัก (Mantzouris et al., 2014) และพบรงควัตถุสีน้ำเงิน คือ Indigotin และสีแดง คือ Indirubin เป็นรงควัตถุหลักในเนื้อครามก่อนนำมาย้อมผ้า (Chanayath et al., 2002) สีครามจัดเป็นสีย้อมผ้าประเภทสีวัต (Vat dyes) เป็นสีที่ใช้สารรีดิวซ์ที่เหมาะสมจึงจะติดเส้นใยเซลลูโลสได้ และเป็นสีที่มีความคงทนมากที่สุดที่ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีครามจะเกิด

อันตรกิริยากับเส้นใยเซลลูโลสด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals interaction) (Khathi et al., 2017) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 อันตรกิริยาระหว่างสีครามกับเส้นใยเซลลูโลส
ที่มา : Khathi et al., 2017

ปัจจุบันผ้าครามธรรมชาติเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย หากแต่สีครามที่นำมาใช้ย้อมนั้นมีทั้งสีครามสังเคราะห์ หรือสีสังเคราะห์อื่นที่ให้สีน้ำเงินแทนการย้อม ซึ่งง่าย และสะดวกในการย้อมกว่าวิธีทางธรรมชาติ (อนุรัตน์ และคณะ, 2551) ผ้าที่ย้อมด้วยสีครามจากธรรมชาติจะให้สีที่สว่าง และสดใส กว่าผ้าที่ย้อมด้วยครามสังเคราะห์ (Kawahito et al., 2009) ปัจจุบันผู้ซื้อผ้าครามส่วนหนึ่งยังต้องการความมั่นใจว่าได้ผ้าครามที่ผ่านการย้อมด้วยครามจากธรรมชาติ ซึ่งไม่ใช่เพียงการสังเกตด้วยตา หรือการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญเพียงเท่านั้น ยังต้องการความเชื่อมั่นทางวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากยังไม่มีวิธีมาตรฐานในการทดสอบผ้าครามที่ย้อมด้วยครามธรรมชาติ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีอย่างง่ายในการทดสอบความแตกต่างของผ้าครามที่ย้อมด้วยกระบวนการธรรมชาติ และผ้าครามที่ย้อมด้วยครามสังเคราะห์ และผงสีคราม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดสอบผ้าครามธรรมชาติเบื้องต้น และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเนื้อครามจากใบครามสด

เก็บใบครามอายุ 4 เดือนมา 6 กิโลกรัม เติมน้ำให้ท่วม หลังมือ แช่ว 12 ชั่วโมง จึงทำการกลบใบครามข้างล่างขึ้นทับ ส่วนบน แช่วอีก 12 ชั่วโมง แยกกากใบครามออก จะได้น้ำครามใส สีเหลืองอ่อนปนฟ้า เติมน้ำขาวหรือปูนแดง สัดส่วน 100 กรัมต่อน้ำคราม 15 ลิตร กวนเพื่อให้อากาศเข้าไป สังเกตสีของน้ำครามซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ฟองสีน้ำเงิน ทำการกวนแรงๆ ให้น้ำครามสัมผัสอากาศมากๆ กวนจนน้ำครามเป็นสีน้ำเงินเข้ม พักน้ำครามไว้ 1 คืน แยกเนื้อคราม โดยรินของเหลวข้างบนทิ้ง แล้วกรองด้วยผ้า จะได้เนื้อคราม เก็บไว้ย้อมผ้าต่อไป (อนุรัตน์ และคณะ, 2543)

2. การย้อมผ้าคราม

2.1 การย้อมผ้าด้วยครามธรรมชาติ

ซึ่งเนื้อครามธรรมชาติที่เติมปูนแดง 1 กิโลกรัมผสมน้ำ ชี้เก่า 3 ลิตร โจงน้ำย้อม ทุกวันเช้า-เย็น สังเกต สี กลิ่น และฟอง (การโจก เป็นการตักน้ำครามขึ้นมาแล้วเทลงเข้าไปซ้ำมาอย่างต่อเนื่องในภาชนะหม้อครามจนน้ำครามเกิดฟองสีน้ำเงิน) ในวันที่ 4 นำน้ำมาชามเปรี้ยวสุก ผสมลงไปในภาชนะน้ำย้อม โจงน้ำย้อม ทุกวันพร้อมสังเกต น้ำย้อมจะใสขึ้น เปลี่ยนเป็นสีเขียวปนน้ำเงิน กลิ่นหอมอ่อน ฟองสีน้ำเงิน โจงครามทุกวันจนกว่าน้ำย้อมจะเป็น สีเหลืองอมเขียวหรือเขียวยอดตอง ชุ่นขึ้น ฟองสีน้ำเงินเข้มวาว ไม่แตกยุบ แสดงว่าเกิดสีคราม (Indigo white) ในน้ำย้อมแล้ว ใช้ เวลาทั้งหมดประมาณ 7 วัน (อนุรัตน์ และคณะ, 2550) นำผ้า ผ้าย (ซื้อที่อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร) ที่ต้มขจัดไขมันและสิ่งสกปรกแล้วขนาด 10x10 เซนติเมตร ลงย้อมในหม้อครามที่เตรียมไว้ นำผ้าผายขึ้นให้พ้นน้ำย้อม เพื่อให้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ล้างผ้าผายที่ย้อมแล้วด้วยน้ำ สะอาด จนน้ำล้างใสไม่มีสี ผึ่งลมให้แห้ง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคเพื่อใช้ทดสอบ

2.2 การย้อมผ้าด้วยครามสังเคราะห์

ต้มน้ำเดือด ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ซึ่งผงคราม (สามารถฐานอินดิโกบลู AR grade ยี่ห้อ ACROS, Belgium) จำนวน 1 กรัม เทลงในบีกเกอร์ จากนั้นกวนไปในทิศทางเดียวกันจนกว่าผงครามจะละลายในน้ำ ในขณะที่กวนให้ เติมนโซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade Ajax, Australia) จำนวน 3.5 กรัม และโซเดียมไธโอไฮโอไนท์ (AR grade ยี่ห้อ Ajax,

Australia) 2 กรัม ลงไปในน้ำ กวนให้ผสมกัน (สุดกมล และคณะ, 2555) เป็นเวลา 15 นาที ยกออกจากเครื่องให้ความร้อน และตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง สังเกตน้ำย้อม ฟองด้านบนมีสีน้ำเงิน และน้ำย้อมจะมีลักษณะสีเหลือง นำผ้าผายที่ขจัดไขมันและสิ่งสกปรกแล้ว ขนาด 10x10 เซนติเมตร ลงในน้ำย้อมคราม กดผ้าให้น้ำย้อมทั่วผ้า นำผ้าขึ้นจากน้ำย้อม รอให้ผ้าที่ผ่านการย้อมเสร็จ สัมผัสกับ ออกซิเจนในอากาศ ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ล้างผ้าผายที่ย้อม แล้วด้วยน้ำสะอาด จนน้ำล้างไม่มีสี ผึ่งลมให้แห้ง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคเพื่อใช้ทดสอบ

2.3 การย้อมผ้าด้วยผงสีคราม

ต้มน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร ให้เดือด นำผงสีคราม (ตราสำเภา บริษัทวิเศษสัมพันธ์, ประเทศไทย) จำนวน 1 ช้อน ละลายในน้ำเดือด ละลายจนผงสีครามละลายหมด เมื่อได้น้ำย้อมที่ต้องการแล้ว นำผ้าผายที่ขจัดไขมันและสิ่งสกปรกแล้ว ขนาด 10x10 เซนติเมตร ชุบน้ำแล้วบิดพอหมาด ๆ ลงในน้ำย้อมคราม กดผ้าให้น้ำย้อมทั่วผ้า แช่วานาน 30 นาที นำผ้าขึ้นจากน้ำย้อม ล้างด้วยน้ำสะอาด จนน้ำล้างไม่มีสี ผึ่งลมให้แห้ง เก็บไว้ในถุงซิปล็อคเพื่อใช้ทดสอบ

3. การสกัดสีจากผ้าย้อมคราม

นำผ้าย้อมครามธรรมชาติ ผ้าย้อมครามด้วยครามสังเคราะห์ และผ้าย้อมครามด้วยผงสีคราม มาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน (AR Grade ยี่ห้อ Qrec, New Zealand) กับเมทานอล (AR Grade ยี่ห้อ Qrec, New Zealand) อัตราส่วน 1 : 1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยแช่ไว้นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองแล้วนำสารละลายไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) (R-124 ยี่ห้อ Buchi, Switzerland) จะได้สารสกัดสีครามจากผ้าย้อมครามที่เตรียมโดยวิธีต่าง ๆ

4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากสารสกัดสีครามจากผ้าย้อมคราม

4.1 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง (Thin-layer Chromatography, TLC)

นำแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบางสำเร็จรูป (Silicycle, Germany) ตัดให้มีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร และยาว 5 เซนติเมตร นำส่วนสกัดสีครามของผ้าแต่ละชนิด จดลงบนแผ่นโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง ใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นเฟสเคลื่อนที่ สังเกตสีที่เกิดขึ้น

นำไปส่องดูภายใต้แสงสียูวี ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร พร้อมทั้งคำนวณค่า R_f ของสารแต่ละตัว

4.2 คอลัมน์โครมาโทกราฟี (Column Chromatography, CC)

นำส่วนสกัดสีคราม 1 มิลลิกรัม ละลายด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใช้กระบอกเข็มฉีดยาเป็นคอลัมน์ นำสำลีสั้นเล็ก ๆ ใส่ลงในกระบอกเข็มฉีดยา บรรจุซิลิกาเจล (60 HF254 ยี่ห้อ Silicycle, Germany) จำนวน 2 กรัม สูง 4.5 เซนติเมตร ที่ผสมด้วยสารละลายไดคลอโรมีเทน ที่ใช้เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ ลงกระบอกเข็มฉีดยา นำสารสกัดจากผ้าครามที่สกัดไว้ ใส่ลงบนซิลิกาเจล ที่บรรจุในกระบอกเข็มฉีดยา ค่อย ๆ ชะคอลัมน์ด้วยไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร สังเกตการแยกสารของสารสกัดสีครามจากผ้าแต่ละชนิด

5. ศึกษาหมู่ฟังก์ชันของสีครามในผ้าย้อมครามด้วยเทคนิคฟลูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier transforms infrared spectroscopy, FTIR)

นำสารสกัดสีคราม และ KBr (FT-IR grade ยี่ห้อ Sigma-Aldrich, USA) อย่างละ 1 มิลลิกรัม ไปอบที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ผสมสารสกัดสีครามกับ KBr บดให้ละเอียดในโกร่งอะเกต นำไปอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก ให้เป็นแผ่นบาง ๆ แล้วทำการวัดด้วยเครื่องฟลูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (FTIR-8900 ยี่ห้อ SHIMADZU, Japan) ที่เลขคลื่น 4,000 ถึง 400 เซนติเมตร⁻¹

6. ศึกษาการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากผ้าย้อมครามด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี (UV-visible spectrophotometry)

นำสารสกัดจากผ้าย้อมครามแต่ละชนิด 0.1 มิลลิกรัม ละลายในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดวัดปริมาตร นำมาสแกนหาการดูดกลืนแสงสูงสุดโดยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-1800 ยี่ห้อ

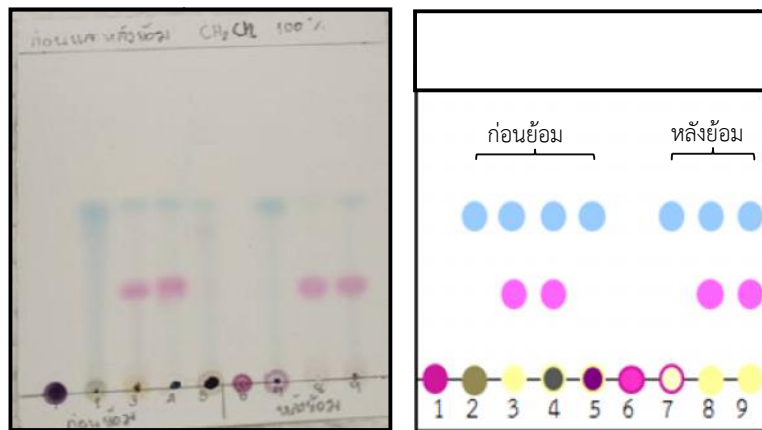
SHIMADZU, Japan) ของแต่ละตัวอย่าง ตั้งแต่ความยาวคลื่น 200-800 นาโนเมตร

7. จัดทำชุดทดสอบผ้าย้อมครามธรรมชาติ

การจัดทำชุดทดสอบอาศัยหลักการของคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยนำกระบอกเข็มฉีดยาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ความยาว 7 เซนติเมตร มาใช้แทนคอลัมน์ นำซิลิกาเจลผสมกับไดคลอโรมีเทน จากนั้นนำสำลีสั้นที่ปลายแหลม บรรจุซิลิกาเจลที่ผสมไดคลอโรมีเทนให้มีความสูงจากปลายของกระบอกเข็มฉีดยา 4.5 เซนติเมตร บรรจุให้แน่นที่สุด ไม่ให้เกิดฟองอากาศ ทดสอบชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติโดยนำผ้าย้อมครามธรรมชาติและผ้าย้อมครามสังเคราะห์ กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แขนงในตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนผสมเมทานอล อัตราส่วน 80 : 20 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายจากการสกัดที่ได้เติมลงชุดทดสอบครามธรรมชาติ ที่บรรจุซิลิกาเจลแล้ว จากนั้นรอจนกระทั่งสารสกัดเคลื่อนที่อยู่ในระดับเดียวกับขอบบนของซิลิกา เจล ไดคลอโรมีเทนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ สังเกตการแยกของสารสกัด โดยเทียบกับผลของการทดสอบองค์ประกอบของสีครามด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบาง

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีในผ้าย้อมครามธรรมชาติ (รูปที่ 2 ตำแหน่งที่ 8) ผ้าย้อมครามสังเคราะห์ (รูปที่ 2 ตำแหน่งที่ 7) และผ้าย้อมด้วยผงสีคราม (รูปที่ 2 ตำแหน่งที่ 6) ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง พบว่า ผ้าครามที่ย้อมด้วยครามธรรมชาติ พบสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก 2 สารคือ สารที่มีสีแดง มีค่า R_f เท่ากับ 0.26 และสารที่มีสีน้ำเงิน มีค่า R_f เท่ากับ 0.42 ผ้าย้อมครามสังเคราะห์ (สารมาตรฐานอินดิโกบลู) พบสารที่มีสีน้ำเงินเพียงสารเดียว มีค่า R_f เท่ากับ 0.42 ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยผงสีครามไม่พบทั้งสารสีน้ำเงิน และสีแดง ดังรูปที่ 2



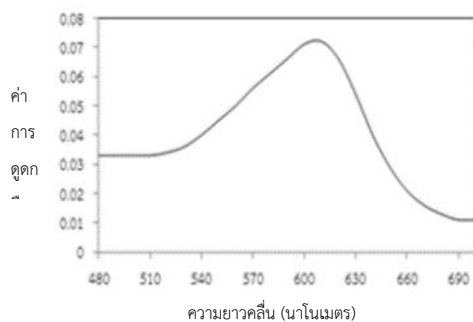
ก) TLC จากการทดลองจริง

ข) TLC จำลองจากการทดลองจริง

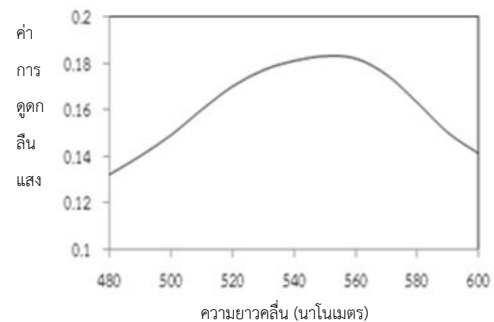
รูปที่ 2 ทดสอบองค์ประกอบของสีครามก่อนย้อมผ้าและหลังย้อมผ้าด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง (ตำแหน่งที่ 1-5 คือสารสกัดเนื้อคราม 6-9 คือสารสกัดจากผ้าคราม)

จากการศึกษาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของผ้าย้อมครามธรรมชาติ พบองค์ประกอบหลัก 2 สารคือ สารที่มีสีแดงและสารที่มีสีน้ำเงิน แยกสารทั้ง 2 สารให้เป็นสารบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง พบ สารสีน้ำเงินมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 605 นาโนเมตร (รูปที่ 3 ก) และสารสีแดงมีค่าการ

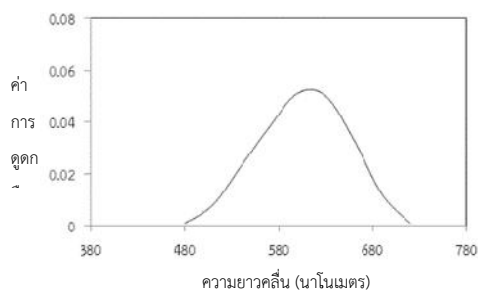
ดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 553 นาโนเมตร (รูปที่ 3 ข) ผ้าย้อมครามสังเคราะห์ (สารมาตรฐานอินดิโกบลู) พบค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 607 นาโนเมตร (รูปที่ 3 ค) ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยผงสีคราม พบค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 519 นาโนเมตร (รูปที่ 3 ง)



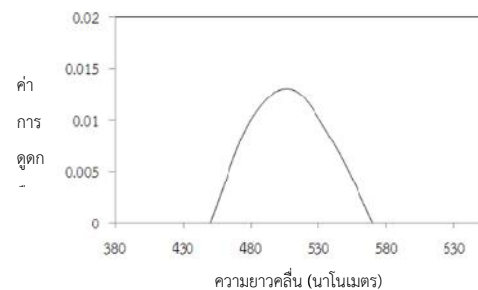
ก) ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมของสารสีน้ำเงินจากผ้าย้อมครามธรรมชาติ



ข) ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมของสารสีแดงจากผ้าย้อมครามธรรมชาติ



ค) ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมของสารสกัดจากผ้าย้อมครามสังเคราะห์



ง) ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมของสารสกัดจากผ้าย้อมผงสีคราม

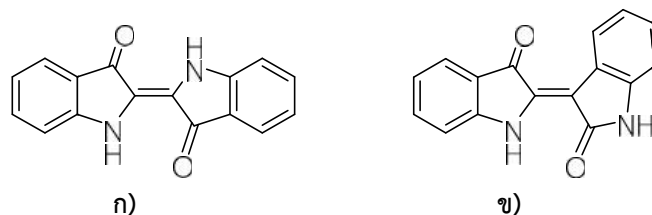
รูปที่ 3 ยูวี-วิสิเบิลสเปกตรัมของตัวอย่างสารสกัดจากผ้าย้อมคราม

ผลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิวบาง และค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด พบว่า สารที่เห็นเป็นสีน้ำเงิน คือ อินดิโกบลู ส่วนสารที่เห็นเป็นสีแดง คือ อินดิรูบิน โครงสร้างแสดงดังรูปที่ 4 ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาองค์ประกอบหลักในเนื้อครามที่เตรียมจากใบคราม พบองค์ประกอบหลักของสาร อินดิโกบลู เห็นเป็นสีน้ำเงิน และอินดิรูบิน เห็นเป็นสีแดง บนแผ่นโครมาโทกราฟีผิวบาง (Chanayath et al. 2002) และค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของอินดิโกบลู ที่ 605 นาโนเมตร ส่วนอินดิรูบิน ที่ 553 นาโนเมตรใกล้เคียงกับค่าที่มีรายงานก่อนหน้านี้ที่อินดิโกบลู มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 603 นาโนเมตร อินดิรูบิน มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 552 นาโนเมตร (Warjeet et al., 2011 และ สุรีย์ และคณะ, 2543)

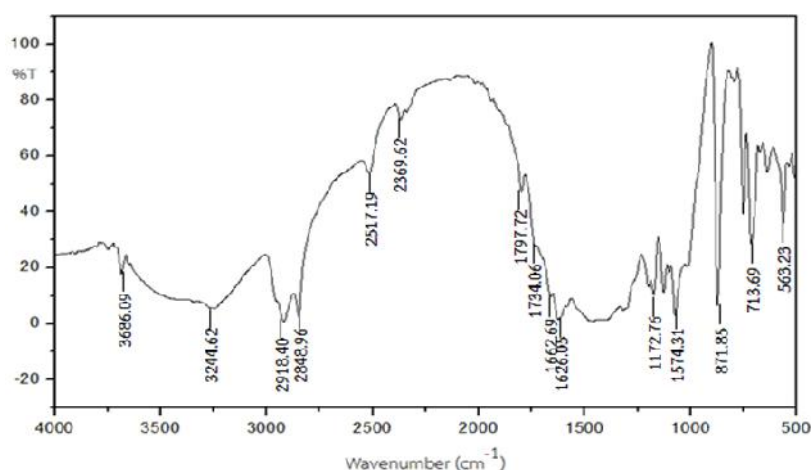
จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดจากฝ้าย้อมครามด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโทรสโกปี ของ

สารสีน้ำเงิน และสารสีแดงของฝ้าย้อมครามด้วยครามธรรมชาติ พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญสองหมู่คือ การสั่นแบบยืดของหมู่ N-H ที่ความยาวคลื่น 3,244 เซนติเมตร⁻¹ การสั่นแบบงอ ของเอมีน N-H ที่ความยาวคลื่น 1,262 เซนติเมตร⁻¹ และการสั่นแบบยืดของ C-N ที่ความยาวคลื่น 1,262 เซนติเมตร⁻¹ และ 1,172 เซนติเมตร⁻¹ ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของอินดิโกบลู และอินดิรูบิน โครงสร้างแสดงดังรูปที่ 4 (Tayade et al., 2014) หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดจากฝ้าย้อมครามด้วยครามสังเคราะห์ พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญคือ การสั่นแบบยืดของหมู่ N-H ที่ความยาวคลื่น 3,261 เซนติเมตร⁻¹ การสั่นแบบงอ ของเอมีน N-H ที่ความยาวคลื่น 1,309 เซนติเมตร⁻¹ และการสั่นแบบยืดของ C-N ที่ความยาวคลื่น 1,309 เซนติเมตร⁻¹ และ 1,124 เซนติเมตร⁻¹ ดังรูปที่ 6 หมู่ฟังก์ชันของสารสกัดจากฝ้าย้อมครามด้วยผงสีคราม ไม่พบหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญตรงกับสารสกัดของฝ้ายทั้งสองที่ได้กล่าวมา ดังรูปที่

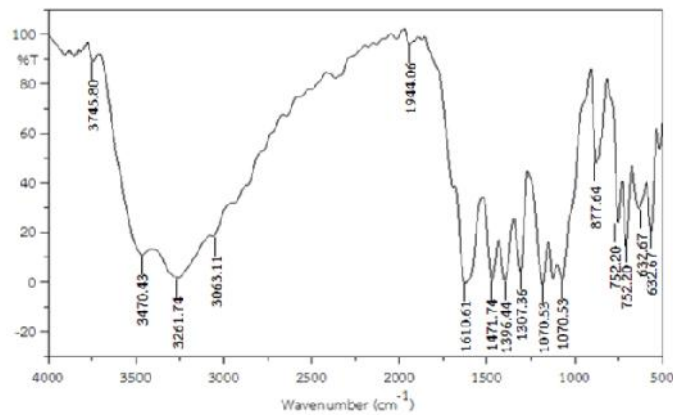
7



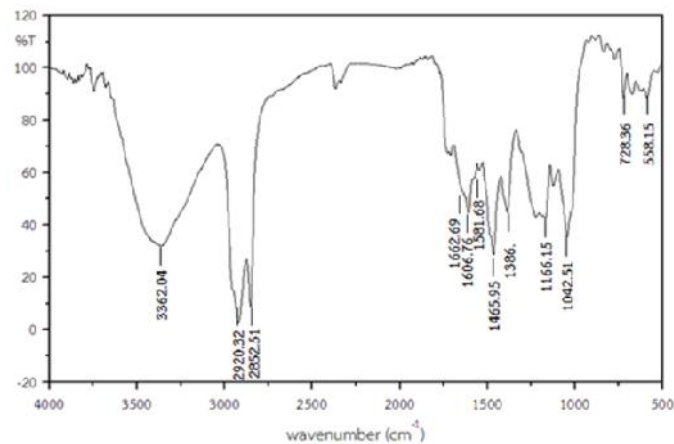
รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของ ก) อินดิโกบลู ข) อินดิรูบิน



รูปที่ 5 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารสกัดจากฝ้าย้อมครามด้วยครามธรรมชาติ



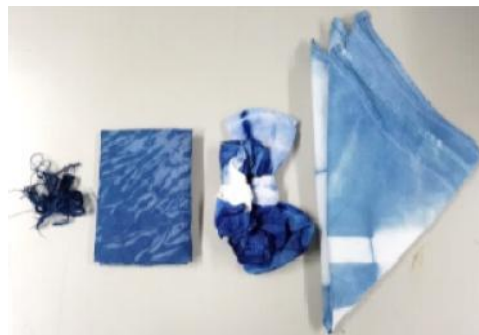
รูปที่ 6 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารสกัดจากผ้าย้อมครามด้วยครามสังเคราะห์



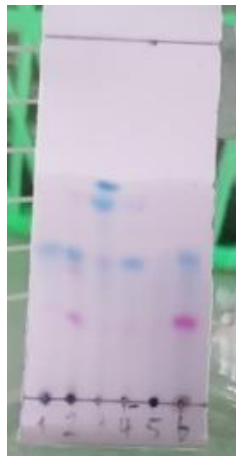
รูปที่ 7 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารสกัดจากผ้าย้อมครามด้วยผงสีคราม

จากการสุ่มตัวอย่างผ้าย้อมครามที่มีขายทั่วไปในตลาด 4 ตัวอย่างดังรูปที่ 8 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสีครามด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีฟิวดาง พบว่าผ้าทั้ง 4 ตัวอย่างนั้น มีองค์ประกอบทางเคมีของสีครามแตกต่างกันดังแสดงในแผนโครมาโทกราฟีฟิวดาง ดังรูปที่ 9 (ตำแหน่งที่ 1-4 คือสารสกัดจากผ้าครามตัวอย่าง ตำแหน่งที่ 5 คือ ครามสังเคราะห์ (สารมาตรฐานอินดิโกบลู) และตำแหน่งที่ 6 คือเนื้อครามธรรมชาติ) ผลจากการทดสอบพบความแตกต่างของสารสกัดจากผ้าครามที่เป็น

องค์ประกอบในผ้าครามนั้นแสดงให้เห็นว่าผ้าในท้องตลาดมีความหลากหลายของที่มาของสีคราม ทั้งมาจากกระบวนการย้อมครามด้วยวิธีธรรมชาติ ย้อมด้วยสีครามสังเคราะห์ และย้อมด้วยผงสีคราม เนื่องจากการย้อมแต่ละวิธีนั้นให้โทนสีของผ้าออกมาใกล้เคียงกัน ยากที่จะแยกด้วยสายตาได้ นอกจากผู้ที่มีความชำนาญ เชี่ยวชาญ และอยู่กับผ้าครามธรรมชาติเป็นระยะเวลานาน



รูปที่ 8 ตัวอย่างผ้าคราม



รูปที่ 9 TLC ตัวอย่างผ้าคราม

จากการวิจัยนี้พบความแตกต่างของสีครามจากผ้าที่ย้อมด้วยครามธรรมชาติ ครามสังเคราะห์ และผงสีคราม พบว่าการแยกองค์ประกอบของสีผ้าครามธรรมชาตินั้นจะพบสีน้ำเงินและสีม่วงแดง แสดงได้ว่าในตัวอย่างผ้าย้อมครามธรรมชาติมีทั้งอินดิโกบลู มองเห็นเป็นสีน้ำเงิน และอินดิรูบิน มองเห็นเป็นสีแดงอย่างชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำชุดทดสอบผ้าย้อมครามธรรมชาติขึ้น โดยใช้กระบอกเข็มฉีดยาเป็นชุดทดสอบ โดยทดสอบกับผ้าที่ย้อมด้วยครามธรรมชาติ แสดงดังรูปภาพที่ 10 ก)

จากการทดสอบพบการแยกองค์ประกอบทางเคมีของสีน้ำเงินและสีแดง เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าที่ย้อมด้วยสีครามสังเคราะห์ (สารมาตรฐานอินดิโกบลู) พบสีน้ำเงินเพียงสีเดียว แสดงว่าในตัวอย่างผ้าย้อมครามสังเคราะห์มีเพียงอินดิโกบลู ดังรูปที่ 10 ข)

จากชุดทดสอบที่จัดทำขึ้น ได้ทดลองทดสอบผ้าย้อมครามที่ขายในท้องตลาด โดยมีผู้เชี่ยวชาญได้คัดแยกผ้าย้อมครามธรรมชาติ และครามสังเคราะห์ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 11

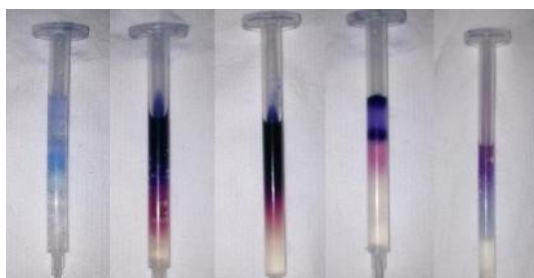


ก)



ข)

รูปที่ 10 ก) ตัวอย่างผ้าย้อมครามธรรมชาติ ข) ตัวอย่างผ้าย้อมครามสังเคราะห์



ก)

ข)

ค)

ง)

จ)

รูปที่ 11 ผลการทดสอบผ้าย้อมครามด้วยชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติ

ผลจากการทดสอบผ้าครามทั้ง 5 ผืน ด้วยชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติพบว่า ผ้าผืนที่ 1 (รูปที่ 11 ก) เป็นผ้าครามที่ไม่ได้มาจากธรรมชาติ และ ผ้าผืนที่ 2-5 (รูปที่ 11 ข-ง) เป็นผ้าครามที่ย้อมด้วยครามธรรมชาติ ซึ่งผลการทดสอบตรงตามผู้เชี่ยวชาญได้คัดแยกผ้ามาให้เพื่อทดสอบกับชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความแตกต่างของผ้าคราม พบข้อแตกต่างของผ้าครามธรรมชาติ และผ้าครามสังเคราะห์ คือ ผ้าครามธรรมชาติจะพบสารเคมีที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อินดิโกบลู และ อินดิรูบิน จะปรากฏสีน้ำเงิน และสีแดง สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีค่า R_f เท่ากับ 0.42 และ 0.26 ส่วนผ้าครามสังเคราะห์ (สารมาตรฐานอินดิโกบลู) พบสารเคมีที่สำคัญ 1 ชนิด คือ อินดิโกบลู ซึ่งจะปรากฏสีน้ำเงินเพียงสีเดียว มีค่า R_f เท่ากับ 0.42 โดยใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นเฟสเคลื่อนที่ ส่วนผ้าครามย้อมด้วยผงสีครามเคมีนั้น จะไม่พบสารที่มีค่า R_f ตรงกับ อินดิโกบลู และอินดิรูบิน

การจัดทำชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติเบื้องต้นนี้ สามารถใช้ในการทดสอบได้จริง แต่เป็นการทดสอบเบื้องต้นเพื่อแยกความแตกต่างของผ้าครามธรรมชาติกับผ้าครามที่ย้อมด้วยวิธีอื่นๆ ซึ่งชุดทดสอบผ้าครามธรรมชาติเบื้องต้นนี้ มีวิธีการทดสอบที่ง่าย ไม่ต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่สลับซับซ้อน และมีราคาแพง อีกทั้งสามารถนำไปทดสอบนอกห้องปฏิบัติการได้ และสามารถใช้ทดสอบได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2559 ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่อำนวยความสะดวก ติดต่อประสานงานเกี่ยวกับทุนวิจัย และขอขอบคุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- ฐิติรัตน์ แวนเรืองรอง, อนุรัตน์ สายทอง, และอำนาจ สุนาพรหม. (2551). การพัฒนาเทคนิคการทอผ้าและการแปรรูปที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ผ้าครามในกลุ่มจังหวัดสнг. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- สุดกมล ลาโสภา, นฤมล กวานปรัชชา, ปิยนุช เสนสุข. (2555). ประสิทธิภาพสารรีดิวซ์จากผลไม้สดในการย้อมสีอินดิโกบนเส้นฝ้าย: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- สุรีย์ พุตระกูลและคณะ.(2543). การพัฒนาสีย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบน.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อนุรัตน์ สายทอง. (2543). การผลิตสีครามจากต้นคราม: สถาบันราชภัฏสกลนคร.
- อนุรัตน์ สายทอง. (2550). โครงการศึกษาการพัฒนาสีย้อมผ้าคราม: ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค 5.
- Chanayath, N., Lhieochaiphant, S. and Phutrakul, S. (2002). Pigment extraction techniques from the leaves of *Indigofera tinctoria* Linn. And *Baphicacanthus cusia* Brem. and chemical structure analysis of their major components. CMU. Journal. 1(2): 149-160.
- Kawahito, M. and Yasukawa, R. (2009). Characteristics of Color Produced by Awa Natural Indigo and Synthetic Indigo. Materials. 2: 661-673.
- Khati, M. Ahmed, F. Shaikh, I. Phan, D. N. Kham, K. Khati, Z. Lee, H. Kim, I. S. (2017). Dyeing and characterization of regenerated cellulose nanofibers with vat dyes. Carbohydrate Polymers 174: 443-449.
- Laitonjam, S. W. and Wangkheirakpam, S, D. (2011). Comparative study of the major components of the indigo dye obtained from *Strobilanthes flaccidifolius* Nees. And *Indigofera tinctoria* Linn. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 3(7): 108-116.
- Mantzouris, D., Karapanagiotis, I. and Panayiotou, C. (2014). Comparison of extraction methods for the analysis of *Indigofera tinctoria* and *Carthamus tinctorius* in textiles by high performance liquid chromatography. Microchemical Journal 115: 78-86.
- Prosea Bogor. (1992). Dye and tannin producing plants.c Plant Resources of South 5 East Asia No.3. P. 81-83. R.H.M.J. Lemmens and N. Wulijani-Soetjpto.

Tayade, B. P. and Adivareka, V. R. (2014). Extraction of Indigo dye from *Couroupita guianensis* and application on cotton fabric. Tayade and Adivarekar Fashion and Textiles 1(16): 1-16.

Warjeet, S. L. and Sujata, D. W. (2011). Comparative study of the major components of The indigo dye obtained from *Strobilanthes flaccidifolius* Nees. And *Indigofera tinctoria* Linn. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 3(7): 108-116.

