



ไหมย้อมครามธรรมชาติ Natural Dyed Indigo Silk

อนรรัตน์ สายทอง¹

บทคัดย่อ

สีคราม (indican) ในพืชหลายชนิดจากเขตร้อนถูกสลายด้วยน้ำ กลายเป็นสีคราม (indigo blue) ที่ไม่ละลายน้ำ ต้องเตรียมน้ำย้อมคราม ด้วยการรีดิวซ์ indigo blue ให้อยู่ในรูปลิวโค (leuco form) หรือ indigo white ตัวรีดิวซ์ที่ใช้ ทุกชนิดจะทำงานในภาวะต่าง เช่น การเตรียมน้ำย้อมครามระดับอุตสาหกรรมใช้โซเดียมไดไทโอไนต์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ผลผลิตแทรกซ้อนเป็นสารพิษ จึงเปลี่ยนไปใช้โซเดียมโบโรไฮไดรด์เป็นตัวรีดิวซ์ ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ใช้โพแทสเซียมนิกเกิลไซยาไนด์เป็นคะตะไลส์ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ อีกวิธีหนึ่งเตรียมน้ำย้อมวิธี zinc lime vat โดยใช้ฝุ่นผงสังกะสี กับ น้ำปูนใส และเมทานอล อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส แต่ย้อมหลายซ้ำฝ้ายจะฟูขาด สำหรับภูมิปัญญาท้องถิ่น ทั้งญี่ปุ่น เกาหลี ลาว และไทย ใช้วิธีเดียวกัน คือการหมัก indigo blue ในน้ำขี้เถ้า เมื่อเกิด indigo white แล้วจึงย้อมและรักษาสมดุลเคมี และชีวิตของจุลินทรีย์ในน้ำย้อมให้ได้

indigo white ย้อมติดเส้นใยฝ้ายได้ดี หากย้อมหลายซ้ำจะได้สีเข้มเกือบดำ แต่ย้อมไหมในน้ำย้อมเดียวกันจะได้สีเข้มที่สุดเพียงหนึ่งในสามของฝ้าย หากย้อมหลายซ้ำเส้นไหมจะยุ่ยและขาด ทั้งนี้เพราะไหมทนภาวะต่างในน้ำย้อมได้น้อยกว่าฝ้าย จากการพิจารณาโครงสร้างทางเคมีของ indigo white ในน้ำย้อม เซลลูโลสในใยฝ้าย และโปรตีนในเส้นไหม พบว่าเซลลูโลสมีตำแหน่งการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับ indigo white มากกว่าโปรตีนในเส้นไหม ดังนั้นโดยธรรมชาติ ไหมจึงติดสีครามได้น้อยกว่าฝ้าย หากจะทำการปรับปรุงให้ติดสีได้มากขึ้น ต้องปรับสภาพน้ำย้อมให้เป็นต่างค่าที่สุดที่จะรีดิวซ์ indigo blue ได้ และต้องหาสารอื่นที่เพิ่มตำแหน่งการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นไหมกับ indigo white

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี 47000

ABSTRACT

Indigo blue can be extracted from many tropical plants. It is insoluble pigment in water. Before dyeing, the indigo blue must be base-oxidized to leuco form (indigo white) which is colorless and dissolves in water. The process was reduced by reducing agents under alkaline condition. For industry process, sodium dithionite dissolve in sodium hydroxide were used as reducing agent but it's by products are toxicity. Therefore, sodium borohydride was reduced by using potassium nicklecyanide as catalyst under nitrogen condition, which was satisfying outcome. Zinc lime vat is one of indigo white preparing. Indigo blue, zinc powder, lime and methanol were reduced indigo bath with lower temperature than 60 °C. However, repeating of dye process can be decomposed the yarn. The process of Indigo blue fermentation was used ash lye and need microorganism for equilibrium, this process used among Japanese, Korean, Laotian and Thai wisdom.

Indigo white is the better for textile dyeing such as cotton. Indigo gave the bluish to dark blue color on the cotton, whereas the affinity of *silk* for dyes is weaker for third of cotton. Several time in dyeing process can be denature protein of silk. Fabrics of silk are less resistance under alkaline condition comparing to cotton. According to chemical structure of Indigo white, the numbers of hydrogen bond between Indigo white and cellulose of cotton are higher than Indigo white and protein of silk. That result for silk obtains less blue in the indigo natural dye. So the improvement of vat substance to mix with pigment in order to reduce the indigo pigment particles together in the formation of the lowest alkaline and adding up some essential compound to extend the hydrogen bond between Indigo white and silk.

คำสำคัญ: ผ้าไหมย้อมคราม สีครามธรรมชาติ ผ้าฝ้ายย้อมคราม

Keywords: Indigo dyed silk cloth, Natural indigo, Indigo dyed cotton cloth

บทนำ

สำนักงานพัฒนาชุมชนสกลนคร รายงานยอดจำหน่ายผ้าย้อมครามสกลนครในงานสินค้าชุมชนตลอดปี 2553 มีมูลค่าราว 40 ล้านบาท โดยผ้าย้อมครามเกือบทั้งหมดเป็นผ้าฝ้าย ความแตกต่างของผ้าอยู่ที่ความหนา บาง กระด้าง นุ่ม ลวดลาย ความเข้มของสี และรูปแบบสำหรับการใช้งาน ผู้บริโภคทั่วไปต้องการผ้าย้อมครามเพราะความสวยของลวดลาย ความสดใส

ของสีครามและสบายตัวเมื่อสวมใส่ แต่สำหรับผู้บริโภคที่เป็นเป้าหมายหลัก ชื่นชอบผ้าย้อมครามด้วยเหตุผลมากกว่าข้างต้น นั่นคือหลงใหลเสน่ห์ของตำนานอันเก่าแก่ และชื่นชมในคุณค่าของภูมิปัญญาที่สร้างความสวยด้วยมิตรภาพกับธรรมชาติ

นอกจากนี้ยังมีกลุ่มนักคิดที่ชอบทั้งความเป็นธรรมชาติ ชื่นชมทั้งภูมิปัญญา และยังชอบความพิเศษแตกต่าง นั่นคือชอบความเลื่อมหรูของผ้าไหม จึงเกิด

คำถาม มีความเป็นไปได้แค่ไหนกับการทำผ้าไหมย้อมครามธรรมชาติ

สีคราม

สีครามมีชื่อทั่วไปว่า อินดิโก (indigo) หรือ อินดิโกติน (indigotin) ในสถานะของแข็งมีสูตรโครงสร้างเป็นแบบทรานส์ จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง 320 - 390 องศาเซลเซียส สีครามแทบจะไม่ละลายในกรดและด่างเจือจาง แต่ละลายในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และละลายในตัวทำละลายไม่มีขั้วความเข้มข้นระหว่าง 10^{-5} - 10^{-6} mol/L สีและความยาวคลื่นที่สีครามดูดกลืนแสงได้สูงสุดเปลี่ยนตามสภาวะ เช่น ไอครามเป็นสีแดง ($\lambda_{\max} = 540$ nm) ครามในตัวทำละลายไม่มีขั้วจะปรากฏสีม่วง เช่นในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ($\lambda_{\max} = 588$ nm) แต่ถ้าในตัวทำละลายมีขั้วจะปรากฏสีน้ำเงิน เช่นในเอทานอล ($\lambda_{\max} = 606$ nm) (Zollinger, 1991) สีครามในคลอโรฟอร์ม ($\lambda_{\max} = 288$ nm) (โมโตอิ และคณะ, 2530) สีครามยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Escherichia coli* (Lim, 2005) และยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Bacillus subtilis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียบนผิวหนัง โดยพบว่าสียิ่งเข้ม ประสิทธิภาพการยับยั้งยิ่งสูง (ปราชญ์สกุล, 2552)

แหล่งของสีคราม

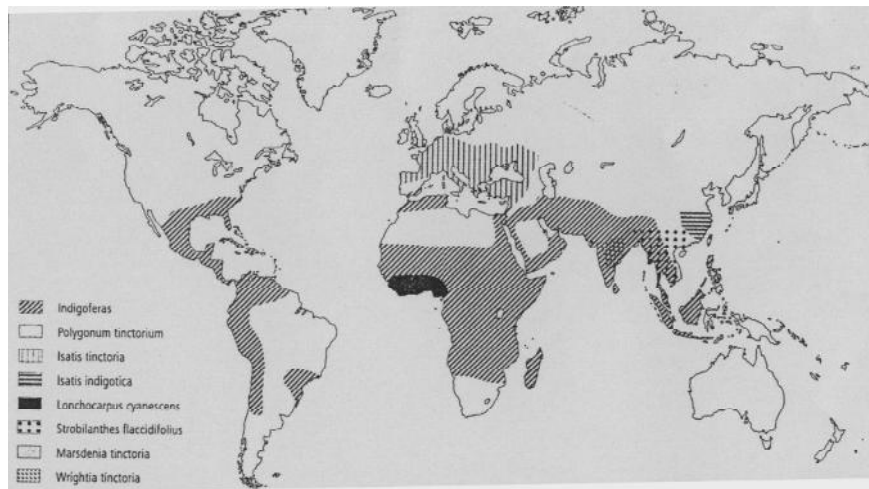
มีหลักฐานพบเศษผ้าย้อมครามอายุกว่า 6000 ปี และมีรายงาน ค.ศ.1898 อังกฤษตั้งโรงงานที่อินเดียผลิตครามผงจากต้นคราม ส่งออกไปยุโรปแย่งตลาดสีย้อมจากต้นวอด (woad) ทั้ๆที่ช่วงปี ค.ศ. 1866 - 1883 A.Von Baeyer แห่งมหาวิทยาลัยมิวนิคสังเคราะห์สีครามได้ และผลิตเป็นการค้าในปี 1890 ทำให้การใช้สีครามธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว

เหลืออยู่ในชนบทบางแห่งเท่านั้น แต่ปัจจุบันความนิยมในผลิตภัณฑ์ธรรมชาติกลับมาอีกครั้ง ความต้องการผ้าย้อมสีครามธรรมชาติจึงมากขึ้น

สีครามธรรมชาติถูกสกัดจากพืชหลายชนิดตามสภาพภูมิประเทศ ดังแผนที่รูปที่ 1 โดยพืชสกุล Indigofera วงศ์ Leguminosae เป็นแหล่งใหญ่กระจายอยู่ทั่วแอฟริกา อเมริกาฝั่งตะวันตก อินเดีย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะชนิด *Indigofera tinctoria* พบมากที่สุด ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แต่ละชนิดจะเรียกสีครามแตกต่างกันไป เช่น อินโดนีเซียเรียกตมจาวา (tom java) มาเลเซียเรียกนิลา (nila) ลาวเรียกคาม (khaam) ไทยเรียกคราม (khraam) เวียดนามเรียกจาม (cham) กัมพูชาเรียก ตรม (trom) และในภาษาสันสกฤตเรียกนิล (nil) เช่นเดียวกันกับคนอิสานโบราณ

ญี่ปุ่น เกาหลี และจีน สกัดสีครามจาก *Polygonum tinctorium* วงศ์ Polygonaceae พืชชนิดนี้จึงมีชื่อทั่วไปว่า ครามจีน (Chinese indigo) หรือครามญี่ปุ่น (Japanese indigo) ส่วนตอนใต้ของจีน ไทย พม่า ภูฎาน ลาว และเวียดนาม สกัดสีครามจาก *Strobilanthes flaccidifolius* วงศ์ Acanthaceae มีชื่อทั่วไปว่า ฮ่อม หรือ ครามอัสสัม (Assam indigo) ส่วนในเยอรมัน ฝรั่งเศส และกลุ่มสแกนดิเนเวีย สกัดสีครามจาก *Isatis tinctoria* วงศ์ Cruciferae หรือ วอด ดังกล่าวแล้ว (Prosea Bogor, 1992)

ในประเทศไทย สกัดสีครามจากต้นครามเป็นหลัก ส่วนฮ่อมกับครามเถา (*Marsdenia tinctoria* R) ดังรูปที่ 2 ชอบอากาศชื้น แดดรำไร จึงปลูกได้ไม่เพียงพอในเชิงพาณิชย์ มีไว้เพื่อเสริมในฤดูแล้งที่ขาดแคลนใบครามสดเท่านั้น



รูปที่ 1 แผนที่แสดงแหล่งของพืชที่ให้สีคราม (ที่มา: Jenny Balfour Paul, 1998)



คราม: *Indigofera tinctoria*



ครามเถา: *Marsdenia tinctoria* R



ฮ่อม: *Strobilanthes flaccidifolius*



ครามญี่ปุ่น: *Polygonum tinctorium*



โวด: *Isatis tinctoria*

รูปที่ 2 พืชที่เป็นแหล่งสีครามธรรมชาติ

พืชเหล่านี้ให้สีครามด้วยกระบวนการสกัดเหมือนกัน นั่นคือแซิโบสดีโนน้ำ สารอินดิแคน (indican) ในใบพืชซึ่งเป็นสารไม่มีสีและไม่ละลายน้ำ จะถูกไฮโดรไลส์ ด้วยเอนไซม์บีตาไกลูโคซิเดส (β -glucosidase) ที่มีในคลอโรพลาสต์ของเซลล์เมโซฟิลล์

ของใบพืชเหล่านั้น (Yoshigo et al., 1997) เกิดสารอินดอกซิล (indoxyl) ซึ่งไม่มีสี ละลายน้ำ แต่อินดอกซิลถูกออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนในอากาศอย่างรวดเร็ว ไปเป็นสีคราม (indigo blue) สีน้ำเงิน ไม่ละลายน้ำ เมื่อกรองด้วยระบบสุญญากาศ Indigo blue จะแทรกติด

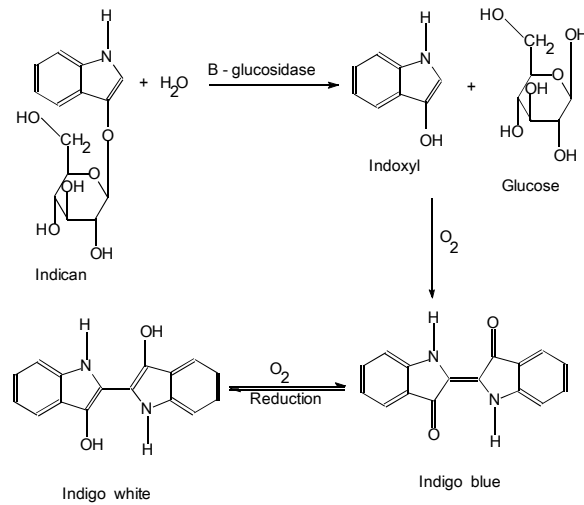
เนื้อกระดาษกรอง ไม่สามารถแยกออกจากกระดาษกรองได้ (ผู้เขียน) ในชุมชน แยก indigo blue โดยการเติมปูนกินหมาก (CaO) ในน้ำคราม (สารละลายอินดอกซิล) แล้วกวนให้อินดอกซิลสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ได้ละอองสีน้ำเงิน จับกับปูนและจมลง พักทิ้งไว้ 1 คืน จึงรินสารละลายส่วนบนทิ้ง เก็บตะกอนเนื้อคราม (ซึ่งเป็นอนุภาค indigo blue จับกับอนุภาคปูน) ไว้เตรียมน้ำย้อมต่อไป (อนูรัตน์, 2545)

น้ำย้อมคราม

เนื่องจาก indigo blue ไม่ละลายในน้ำดังกล่าวแล้ว จึงใช้ย้อมเส้นใยไม่ติด แต่ indigo blue ถูกรีดิวซ์เป็นรูป ลิวโค (leuco form) หรือ indigo white ที่ละลายน้ำได้ในภาวะต่าง pH 10.5 – 11.5 อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ขณะเดียวกัน indigo white เป็นสารที่ถูกออกซิไดส์ โดยออกซิเจนในอากาศ ได้ดี ภายใน 1-2 นาที กลับไปเป็น indigo blue ที่คงตัว ดังนั้นเมื่อต้องการใช้ย้อมผ้า จึงต้องเตรียมน้ำย้อมโดยการรีดิวซ์ indigo blue ให้เป็น indigo white แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีครามดังรูปที่ 3 การรีดิวซ์ indigo blue ในสมัยโบราณทั้งญี่ปุ่น เกาหลี จีน ลาว และไทย ใช้วิธีเดียวกัน คือการหมัก indigo blue ในน้ำขี้เถ้า (Kim, 1998) ในสัดส่วน เนื้อคราม 1 กิโลกรัม ต่อน้ำขี้เถ้า ถ.พ. 1.005 จำนวน 3 ลิตร (อนูรัตน์, 2545) และมีแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus alkaliphylus* จากธรรมชาติเป็นตัวช่วย (โมโตอิ และคณะ, 2530) กระบวนการหมักตามธรรมชาติใช้เวลาประมาณ 15

วัน จึงเกิด indigo white ในน้ำย้อม ซึ่งสังเกตได้จากน้ำย้อมสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นสีเหลือง การลดเวลาทำได้โดยลด pH ด้วยการเติมกรดในน้ำย้อม ซึ่งพบว่าใช้เวลาประมาณ 7 - 10 วัน และพบว่าความเปรี้ยวจากมะขามเปียก ทำให้สีครามติดเส้นฝ้ายและไหมได้เข้มและสดใสดีกว่า กรดทาร์ทาริก กรดฟอร์มิก และกรดแอสติก และพบว่าเส้นฝ้ายติดสีครามเข้มกว่าเส้นไหม เส้นฝ้ายธรรมชาติ (ฝ้ายเข็นมือ) และเรยอน ติดสีครามได้ดีกว่าฝ้ายจากโรงงานอุตสาหกรรม (อนูรัตน์, 2544) นอกจากนี้ยังสามารถหมักน้ำย้อมจากน้ำคราม หรือครามผง กับน้ำขี้เถ้า แต่จะต่างที่ระยะเวลาที่ได้น้ำย้อมสีเหลือง

ชาวญี่ปุ่นเตรียมน้ำย้อมวิธี zinc lime vat โดยผสมปูนผงสังกะสี indigo blue ปูนกินหมาก เมทานอล และน้ำอุ่นไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 นาที และพักไว้หนึ่ง ๆ ราว 6 ชั่วโมง จึงเกิด indigo white (Yoshiko et al., 1999) ผู้เขียนเตรียมน้ำย้อมวิธี zinc lime vat ได้น้ำย้อมดังรูปที่ 4 ย้อมติดเส้นฝ้ายดี แต่ย้อมหลายซ้ำฝ้ายจะดู ขาดง่าย ส่วนวิธีที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม จะรีดิวซ์ indigo blue ด้วยโซเดียมไดไทโอไนต์ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4/\text{NaOH}$) แต่ผลผลิตแทรกซ้อนเป็นซัลไฟด์และไทโอซัลเฟตซึ่งเป็นพิษ จึงเปลี่ยนไปใช้โซเดียมโบโรไฮไดรด์ (NaBH_4) เป็นตัวรีดิวซ์ ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ใช้โพแทสเซียมนิกเกิลไฮยาไนด์เป็นคะตะไลส์ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ (Meksi et al., 2007)



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาการสกัด เตรียมน้ำย้อม และย้อมสีคราม



รูปที่ 4 น้ำย้อมคราม เตรียมโดยวิธี zinc lime vat

การย้อมคราม

น้ำย้อมครามที่เตรียมโดยการหมัก เป็นของผสมสีเหลืองประกอบด้วย indigo white ส่วนผิวหน้าจะเป็นสีน้ำเงินของ indigo blue เมื่อปาดผิวหน้าของน้ำย้อมจะเห็นสีเหลืองค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ดังรูปที่ 5 เมื่อจุ่มเส้นใยฝ้ายหมาดน้ำ ได้น้ำย้อม indigo white ที่ละลายในน้ำย้อมจะแทรกเข้าไปในเส้นใยฝ้ายซึ่งประกอบด้วยโซ่เซลลูโลสมากมาย ยึดระหว่างโซ่ด้วยพันธะไฮโดรเจนที่ตำแหน่ง 3 ของโซ่หนึ่งกับตำแหน่ง 6 ของอีกโซ่หนึ่ง ดังรูปที่ 6 ดังนั้น indigo white ควรจะใช้ตำแหน่ง N-H และ O-H สร้างพันธะไฮโดรเจน กับหมู่ -OH ที่ตำแหน่ง 2, 3 และ 6 อีกด้านของหน่วยกลูโคซิล (glucosyl) ที่เหลือ ดังรูปที่ 7 เมื่อยกเส้นฝ้ายพ้นน้ำย้อม บิดไล่น้ำย้อมออก เส้นฝ้ายสัมผัสกับ

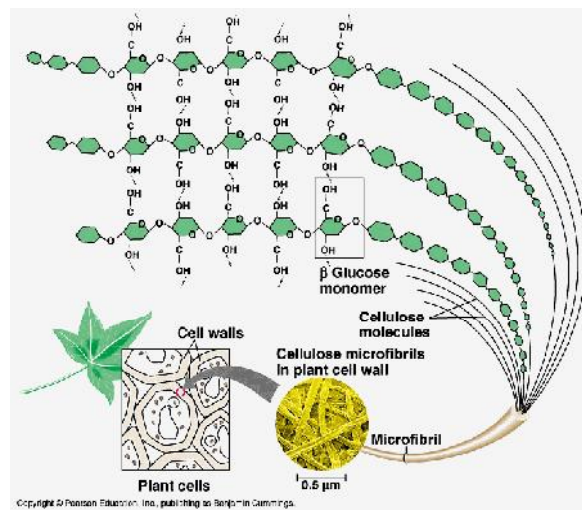
ออกซิเจน indigo white จะถูกออกซิไดส์กลับเป็น indigo blue ดังรูปที่ 3 ซึ่งไม่รบกวนพันธะไฮโดรเจนที่สร้างกับเส้นฝ้ายไปแล้ว เมื่อล้าง indigo blue ที่เปื้อนผิวของเส้นใยจะหลุดออก แต่ส่วนที่สร้างพันธะไฮโดรเจนแล้วยังติดอยู่ ล้างฝ้ายที่ย้อมจนน้ำล้างใส ทำให้เส้นฝ้ายเป็นสีน้ำเงินสดใส ติดทน ไม่ตกสีอีก หากล้างไม่สะอาด เมื่อซักจะมี indigo blue ลอกหลุด แต่จะไม่ย้อนกลับไปย้อมเส้นใยอีก เนื่องจากสมบัติการไม่ละลายน้ำของ indigo blue นั้นเอง นี่คือจุดเด่นของสีครามในการผลิตผ้ามัดหมี่และผ้ามัดย้อม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ผ้าไปนานกว่า 10 ปี สีจะซีดลง เพราะสีธรรมชาติทนต่อแสงน้อยกว่าสีสังเคราะห์

ดังกล่าวการติดสีครามที่กล่าวมา แสดงว่าเส้นใยใด ๆ หากสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับ indigo

white ได้ ย้อมติดสีครามได้ รวมทั้งเส้นใยพอลิเอสเตอร์บางชนิด นอกจากนี้มีรายงานว่า การเติมยูเรียในน้ำย้อมคราม ให้ผลการติดสีดีกว่า เนื่องจากยูเรียช่วยให้สีครามละลายได้ดีขึ้น และทำให้เส้นใยบวมตัว เปิดช่องให้ยูเรียใช้ -H ของหมู่ NH_2 เข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นใย และใช้หมู่ $\text{C}=\text{O}$ สร้างพันธะไฮโดรเจนกับ indigo white ดังรูปที่ 8

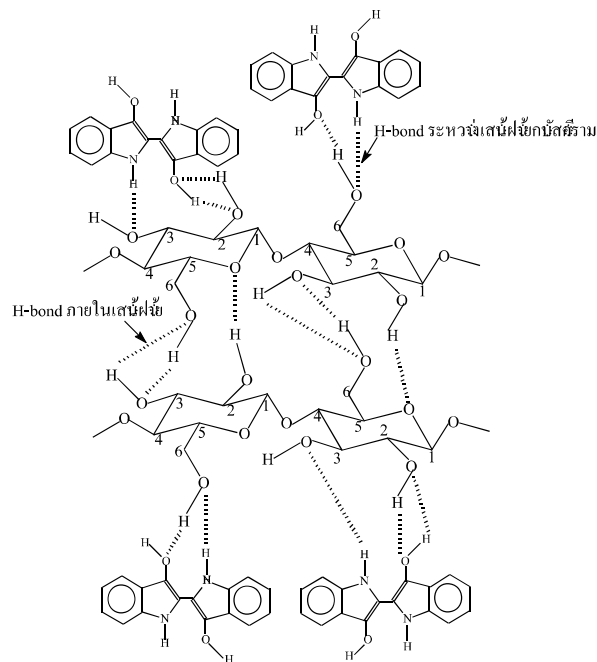


รูปที่ 5 เนื้อคราม และน้ำย้อมครามที่เตรียมโดยวิธีหมัก

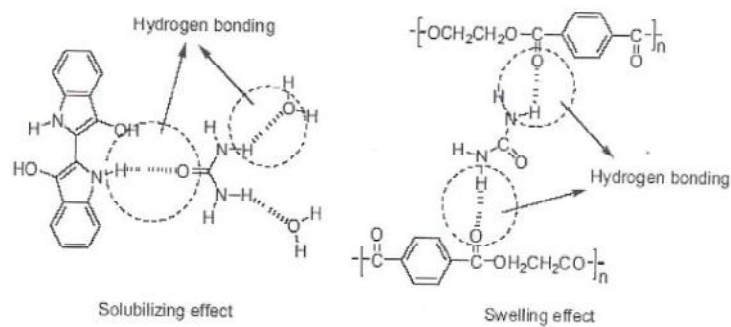


รูปที่ 6 เซลลูโลสในเส้นใยพืช

(ที่มา: http://mpronovost.ep.profweb.qc.ca/BIONP1/bionp1_molecules_glucides.htm)



รูปที่ 7 พันธะไฮโดรเจนระหว่างใยฝ้ายกับสี่ครามในน้ำย้อม



รูปที่ 8 พันธะไฮโดรเจนระหว่างสี่ครามกับยูเรียและยูเรียกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์
(ที่มา: Son et al. 2005)

ไหมย้อมคราม

ไพศาล (2543) ได้พัฒนาเทคนิคการย้อมไหมด้วยครามเมื่อ 10 ปีก่อน ด้วยการสกัดสี่ครามจากใบครามสดแช่น้ำ กวนน้ำครามและกรองด้วยระบบสุญญากาศ ก่อนเป่าให้แห้ง จึงนำครามผงมาเตรียมน้ำย้อมด้วยการรีดิวซ์ด้วยโซเดียมไดไทโอไนต์ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ สัดส่วน 1:136:136 ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อลิตร ทำการย้อมเส้นไหมที่ฟอกด้วยสบู่ต้ม 60-70

องศาเซลเซียส พบว่าเส้นไหมดูดซับสี่ครามได้ดีที่สุดที่ 33 องศาเซลเซียส กวนเร็ว 1,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที โดยอัตราการดูดซึมของเส้นไหมจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเส้นไหมจะยุ่ยและขาดเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส และพบว่าสีของเส้นไหมเข้มที่สุดเมื่อย้อม 6 ชั่วโมง ความทนของเส้นไหมต่อแสงสีนอกรัง อยู่ในระดับต่ำ และทนต่อการซักล้างระดับปานกลาง

ผู้เขียนทดลองย้อมเส้นไหมที่ฟอกด้วยสารฟอก ในน้ำย้อมครามที่เตรียมด้วยการหมักครามในน้ำขี้เถ้า แบบเดียวกันกับที่ใช้ย้อมฝ้าย พบว่าเส้นไหมติดสีครามได้สวย เป็นมันวาว ดังรูปที่ 9 แต่ความเข้มต่ำกว่า

เส้นฝ้าย เมื่อย้อมหลายซ้ำ ความเข้มของเส้นไหมจะคงที่ ขณะที่ความเข้มของเส้นฝ้ายเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับข้อมูลจากช่างย้อมครามในชุมชน

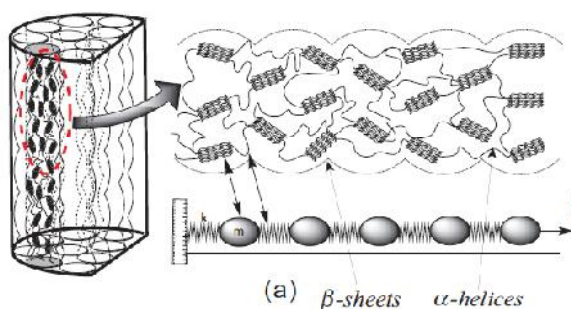


รูปที่ 9 น้ำย้อมครามและผลิตภัณฑ์ไหมย้อมคราม

เส้นไหม

เส้นไหมเป็นรังของหนอนผีเสื้อกลางคืน (*Bombyx mori* วงศ์ Bombycidae) สร้างขึ้นหุ้มตัวเมื่อเข้าสู่ระยะดักแด้ไหม 1 เส้นประกอบด้วยไฟโบรอิน (fibroin) เคลือบด้วยเซรีซิน (sericin) ดังรูปที่ 10

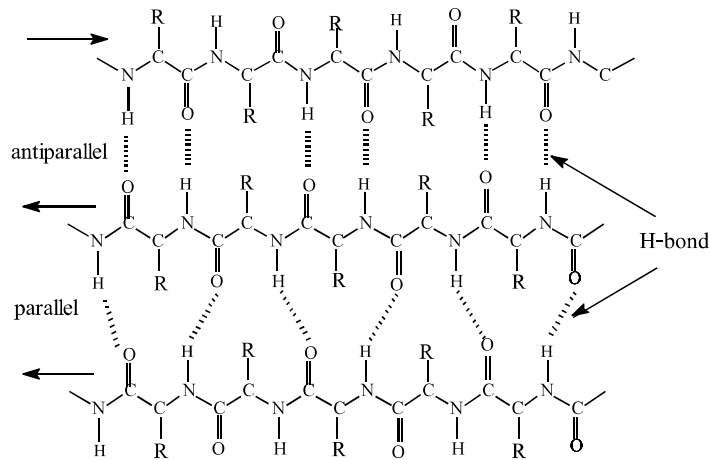
เมื่อลอกกาวเซรีซิน จะเหลือไฟโบรอินที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก 4 ชนิด คือ โกลซีน อะลานีน ซีรีน และไทโรซีน ร้อยละ 41.25, 28.87, 13.22 และ 10.96 ตามลำดับ (โมโตอิ และคณะ, 2530)



รูปที่ 10 โครงสร้างของเส้นไหม (ที่มา: <http://improbable.com/2009/07/15/the-spider-and-the-747>)

ไฟโบรอินประกอบด้วยลำดับ (Gly-Ala)_n ซ้ำ ๆ กัน เป็นโซ่พอลิเพปไทด์ หลาย ๆ โซ่พอลิเพปไทด์ เคียงคู่กันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่าง C=O ของโซ่หนึ่งกับ N-H ของอีกโซ่หนึ่ง โดยแขนงข้าง (R-group) จะชี้ขึ้นบนและลงล่างสลับกันเป็นโปรตีนทุติยภูมิชนิดแผ่นพับ (β-pleated sheet) ผสมกับ

เกลียวแอลฟา (α-helix) ซึ่งแผ่นพับมี 2 แบบ แบบแรกโซ่พอลิเพปไทด์วิ่งขนานทิศทางสวนกัน เรียกว่า แอนติพาราลเลล (anti-parallel) อีกแบบหนึ่งโซ่พอลิเพปไทด์วิ่งขนานทิศทางเดียวกันเรียกว่า พาราลเลล (parallel) ดังรูปที่ 11

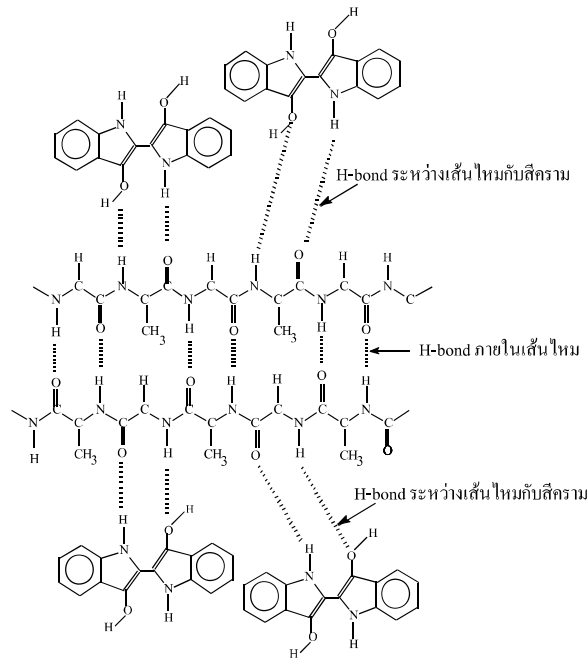


รูปที่ 11 การเคี้ยวคู่ของโซ่พอลิเพปไทด์ในแผ่นจิบปีตา (ที่มา: มนตรี และคณะ, 2542)

จะเห็นว่าแผ่นจิบแบบแอนติพาราเลลสร้างพันธะไฮโดรเจนขนานกัน เนื่องจากตำแหน่งของ C=O และ N-H ของแต่ละโซ่ตรงกัน ส่วนแบบพาราเลลสร้างพันธะไฮโดรเจนลักษณะเฉียง เนื่องจากตำแหน่งของ C=O และ N-H ของแต่ละโซ่เอียงกัน ส่งผลให้โครงสร้างแบบแอนติพาราเลลแข็งแรงกว่า และพบมากในธรรมชาติ ซึ่งเป็นโครงสร้างส่วนใหญ่ของเส้นไหม

โครงสร้างของเส้นไหมจึงเป็นแผ่นจิบปีตาแบบแอนติพาราเรลมีแขนงข้างเป็นไกลซีน (-H)

และอะลานีน (-CH₃) ยื่นออกนอกแผ่นจิบ บน-ล่าง สลับกัน โดยแขนงข้างทั้งสองไม่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ ส่วนซีรีน (-CH₂-OH) กับไทโรซีน (-CH₂-Ph-OH) ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ แต่มีปริมาณน้อยมาก ดังนั้นการติดสีกรามของเส้นไหมควรเกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่าง C=O และ N-H ในโซ่หลัก (back bone) ที่ไม่ได้สร้างพันธะไฮโดรเจนภายในแผ่นจิบ กับ N-H และ C=O ในโมเลกุล indigo white ซึ่งเป็นแผ่นเช่นกัน ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโซ่พอลิเพปไทด์ของเส้นไหมกับสีครามในน้ำย้อม

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโซ่เซลลูโลสกับ Indigo white ดังรูปที่ 7 พบว่ากลูโคส 1 หน่วย สร้างพันธะไฮโดรเจนกับ indigo white ได้ 1 หน่วย ขณะที่กรดอะมิโน 5 หน่วย สร้างพันธะไฮโดรเจนกับ indigo white ได้เพียง 2 หน่วย ดังรูปที่ 12 น่าจะเป็นเหตุผลนี้ที่ทำให้ฝ้ายติดสีได้เข้มกว่าไหม และไม่สามารถย้อมไหมได้เข้มดั่งสีนลินเหมือนฝ้ายย้อมคราม นอกจากนี้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสีครามกับเซลลูโลสตำแหน่ง 2 และ 3 มี 3 พันธะ น่าจะเป็นผลต่อความทนของสีครามบนเส้นฝ้าย

การติดสีครามของเส้นไหมเกิดจากการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างเส้นไหมกับสีคราม การค้นหาสารเคมีบางชนิดที่เพิ่มโอกาสสร้างพันธะไฮโดรเจนดังเช่นการเติมยูเรียในการย้อมพอลิเอสเทอร์ดังกล่าวแล้ว หรือการเคลือบโคโโทซานบนเส้นฝ้ายโรงงาน ก่อนย้อมคราม ทำให้เส้นฝ้ายติดสีครามเข้มขึ้น ความทนต่อแสง ความทนต่อการซักล้างดีขึ้น (ปิยวรรณ, 2552) แต่

ทั้งสองกรณี ให้ผลดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ยังไม่จูงใจพอให้เกิดการลงทุนและผลิตเชิงพาณิชย์

นอกจากนี้การผลิตผ้าไหมย้อมครามยังมีปัญหาอื่น ๆ เป็นอุปสรรคของคนระดับชุมชน จนไม่สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ ดังนี้

1. สารเคมีที่ใช้ฟอกไหม เสี่ยงต่อการปนเปื้อน ทำให้น้ำย้อมครามเสีย ซึ่งการรักษา น้ำย้อมครามให้อยู่ในสภาพดี ย้อมได้ต่อเนื่องเป็นเวลานานหลายปี เป็นสุดยอดของศาสตร์และศิลป์ของการย้อมคราม

2. การย้อมครามเป็นการแย่งชิง indigo white ระหว่างเส้นไหมกับออกซิเจนในอากาศ จึงต้องบีบเค้นกลุ่มเส้นไหมใต้น้ำย้อม ทำให้ไหมที่ละเอียดบางเบา มีโอกาสพันกันได้ง่าย

3. เส้นไหมติดสีครามแต่ไม่เข้ม แม้จะย้อมหลายซ้ำเพราะโครงสร้างทางเคมีของเส้นไหมดังกล่าวแล้ว นอกจากนี้การย้อมหลายซ้ำ ทำให้อูยและขาด

4. การเตรียมเส้นไหมและทอผ้าไหม เป็นงานที่ใช้ทักษะสูง เช่นเดียวกันกับการสกัดและเตรียมน้ำย้อมคราม การผลิตผ้าไหมย้อมครามจึงยากขึ้นเป็น 2 เท่า ของการทำผ้าฝ้ายย้อมคราม

5. เส้นไหม เป็นวัตถุดิบ ต้นทุนสูงกว่าฝ้าย 6-7 เท่า ราคาขายจึงสูงขึ้น ส่งผลให้ตลาดแคบลง

บทสรุป

ผ้าย้อมครามมีมูลค่าจากคุณค่า 4 ประการ คือ 1) ภูมิปัญญา 2) สมบัติการซับน้ำและระบายอากาศของฝ้าย 3) สมบัติการปกป้องแดด และต้านเชื้อแบคทีเรียบนผิวหนังของคราม และ 4) สีน้ำเงินของคราม สดใส วาว และ ติดทน ให้ความรู้สึก เข้มแข็ง มั่นคง มีพลัง การเปลี่ยนจากฝ้ายเป็นไหมย้อมครามสามารถทำได้ และคุณค่า 2 ประการ คือภูมิปัญญา และความสวยงามของสีครามบนเส้นไหม ที่วาว และบางเบา แต่คุณค่าด้านปกป้องแสงแดด และต้านเชื้อแบคทีเรียจะลดต่ำลง เพราะไม่สามารถย้อมให้เข้มได้ ขณะที่ต้นทุนการผลิตสูงชันมาก ดังนั้นการทำไหมย้อมคราม มีความคุ้มค่าในเชิงการเรียนรู้และสืบทอดภูมิปัญญา แต่ในเชิงพาณิชย์ต้องสร้างตลาดเฉพาะรองรับให้ได้ ในอดีตผู้ทอผลิตผ้าเพื่อใช้ในครอบครัว เพื่อแสดงฐานะทางสังคม ผ้าไหมย้อมคราม จัดเข้ากลุ่มมรดกตกทอด ปัจจุบันผลิตผ้าเพื่อขาย จึงต้องคำนึงถึงทุนและตลาด ผ้าไหมย้อมครามจึงเป็นผลิตภัณฑ์พิเศษสำหรับตลาดพิเศษเท่านั้น

การเตรียมน้ำย้อมครามด้วยการรีดิวซ์ indigo blue ไปเป็น indigo white นั้น ทำได้ทั้งปฏิกิริยาเคมีทั่วไปและปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งภูมิปัญญาท้องถิ่นไทยใช้วิธีทางชีวเคมี หมัก indigo blue ในน้ำซี้เถ้า เฝาระวังสมดุลของน้ำย้อม และเฝ้าเลี้ยงดูแบคทีเรีย *Bacillus alkaliphylus* ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการหมักสีคราม เพราะส่งผลต่อพีเอช ของน้ำ

ย้อมและปฏิกิริยาการหมัก ถึงแม้วิธีนี้จะเป็นวิธีที่ต้องใช้ทักษะสูง เป็นข้อจำกัดจำนวนช่างย้อม สนองความต้องการของคนหมู่มากไม่ได้ แต่เป็นวิธีที่ปลอดภัยที่สุด และที่สำคัญกว่านั้น วัตถุดิบจากธรรมชาติ กับกระบวนการผลิตที่ไม่ใช้เชื้อเพลิง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นจุดเด่นของผ้าย้อมคราม ที่ทำตลาดในต่างประเทศได้ดี โดยผู้บริโภคผ้าย้อมครามธรรมชาติ ต่างกลุ่มกับผู้บริโภคผ้าสีน้ำเงินจากโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

- ปราชญ์สกล ช่วยสุดสกลชัย. (2552) การศึกษาคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรียบริเวณใต้วงแขนของผ้าย้อมคราม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 52.
- ปิยวรรณ ศิริสวัสดิ์. (2552) การศึกษาการติดสีของครามบนเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งก้ามกราม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. สกลนคร : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 55.
- ไพศาล คงคาอุยฉาย และคณะ. (2543) การพัฒนาเทคนิคการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติจากครามและครั่ง. กรุงเทพฯ: รายงานวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 26-28.
- มนตรี จุฬาววัฒนทล และคณะ. (2542). ชีวเคมี. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศ.ส.การพิมพ์. 105-107.
- โมโตอิ มินะกาวะ และคณะ. (2530) วิทยาการไหมเล่ม 1. กรุงเทพฯ : คณะกรรมการส่งเสริมไหมไทย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 35-38 , 191.

- อนูรัตน์ สายทอง. (2544) การเตรียมสีครามจากคราม
ผงธรรมชาติ. สกลนคร : สถาบันราชภัฏ
สกลนคร. บทคัดย่อ (2545).
- อนูรัตน์ สายทอง และคณะ. (2545) การพัฒนาชุด
ความรู้ของภูมิปัญญาชาวไทญ้อด้านสิ่งทอ.
สกลนคร : สถาบันราชภัฏสกลนคร.
บทคัดย่อ
- Lim, H. K., Chung E. J., Kim, J. C., Choi, G. J.,
Jang, K. S., Chung, Y. R., et al. (2005).
Characterization of a Forest Soil
Metagenome Clone That Confers
Indirubin and Indigo Production on
Escherichia coli .Applied and
Environmental Microbiology. 71(2):
7768-7777.
- Paul, J. B. (1998). Indigo. London: British
Museum Press. 89-100.
- Kim, J.-H., (1998). Traditional Dyeing Process
with Natural Indigo in Korea. Revival
Natural Indigo dye. Sept. 20-29.
Department of Industrial Promotion.
Ministry of Industry. 19.
- Meksi, N., Kechida, M. and Mhenni, F. (2007).
“Cotton dyeing by Indigo with the
Borohydride process: Effect of some
experimental conditions on indigo
reduction and dyeing quality”
Chemical engineering journal 131:
187-193.
- Bogor, P. (1992). Dye and tannin producing
plants. Plant Resources of South –
East Asia No.3. P. 81-83. R.H.M.J.
Lemmens and N. Wulijani-Soetjipto.
(Editors) 81-83.
- Yoshiko Minami, et. al. (1997). β -
Glucosidase in the Indigo plant:
Intracellular Localization and Tissue
Specific Expression in Leaves. Plant
Cell Physiol. 38(9) : 1069-1074.
- Yoshiko, I. W., Rice, M. K. and Barton, J. (1999).
Shibori: The Inventive Art of Japanese
Shaped Resist Dyeing. Tokyo:
Kodansha International 277-283.
- Young–A. Son, et al. (2005). Indigo adsorption
properties to polyester fibers of
different levels of fineness. Dyes and
pigments 65 (2005). 137-143.
- Zollinger Heinrich. (1991). Color Chemistry.
2nd. New York: VCH Publishers, Inc.
[http://mpronovost.ep.profweb.qc.ca/BIONP1/
bionp1_molecules_glucides.htm](http://mpronovost.ep.profweb.qc.ca/BIONP1/bionp1_molecules_glucides.htm)
[http://improbable.com/2009/07/15/the-
spider-and-the-747/](http://improbable.com/2009/07/15/the-spider-and-the-747/)

