

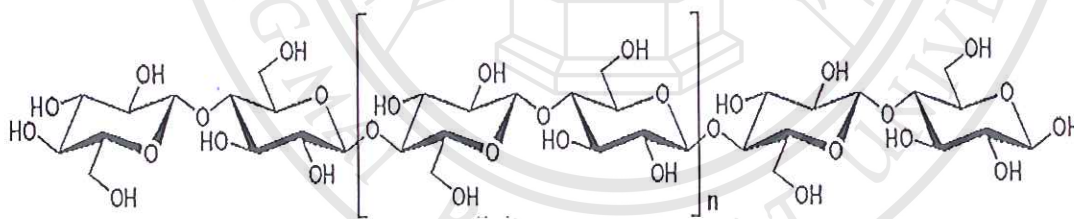
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เส้นใยฝ้าย

เส้นใยฝ้ายมีความละเอียดมากมีความยาวเส้นใยตั้งแต่ 10 – 65 มิลลิเมตรขึ้นอยู่กับคุณภาพของเส้นใย ความยาวเส้นใยมีผลต่อการปั่นด้าย เนื่องจากฝ้ายเป็นเส้นใยสั้น (Staple fiber) ยิ่งเส้นใยยาวเท่าใดจะทำให้ง่ายต่อการปั่นด้ายแถมทำให้เส้นด้ายเรียบกว่า มีความเหนียวมากกว่าทำให้เสื้อผ้ามั่นคงสวมใส่สบาย มีความทนทานต่อการสวมใส่และมีผิวสัมผัสน่าใช้มากขึ้น

เส้นใยฝ้ายจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 11 – 22 ไมครอน (1 ไมครอน = 10^{-6} เมตร) เป็นเส้นใยที่ละเอียดมากๆ สามารถจะผลิตผ้าที่มีน้ำหนักเบาและละเอียดได้ แม้ว่าเส้นใยฝ้ายจะมีความหนาแน่นสูงก็ตาม เส้นใยค่อนข้างมีความสม่ำเสมอตลอดเส้นใย ไม่เหมือนเส้นใยขนสัตว์ที่จะมีขนาดไม่เท่ากัน เมื่อวัดที่ปลายและโคนเส้นใย เส้นใยฝ้ายมีสีออกขาวถึงเทาอ่อน สีนั่นขึ้นอยู่กับพันธุ์ฝ้ายและสิ่งแวดล้อม เส้นใยฝ้ายจัดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืชเป็นเส้นใยของเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) มีสูตรโครงสร้าง (วสันต์ ประชุมทอง, 2546) ดังนี้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส

สมบัติทางกายภาพ

1. ความเหนียว (Tenacity) ความแข็งแรงของเส้นใยเนื่องมาจากการเรียงตัวที่ดีของพอลิเมอร์ที่ยาวมีค่าความเป็นผลึก (ประมาณ 70 %) มีการสร้างตัวของพันธะไฮโดรเจน ระหว่างพอลิเมอร์ที่ติดกัน เส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยที่แข็งแรงกว่าเดิมเมื่อเปียกน้ำ เนื่องจากการเรียงตัวใหม่อย่างชั่วคราวในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ การจัดเรียงตัวที่ดีขึ้นเมื่อเปียกน้ำมีผลให้เพิ่มปริมาณพันธะไฮโดรเจนขึ้น ทำให้ความเหนียว (Tenacity) เพิ่มขึ้นประมาณ 5 %

2. ธรรมชาติของการยืดหยุ่นตัวและความเป็นพลาสติก เส้นใยฝ้ายจะไม่มีมียืดหยุ่นตัว เพราะว่า เป็นเส้นใยที่มีส่วนที่เป็นผลึกสูง ดังนั้น ผ้าที่ทำจากเส้นใยฝ้ายจะมีการหดตัวและเกิดรอยยับง่าย เนื่องจากการมีส่วนที่เป็นระเบียบมากทำให้ไม่สามารถจะพับหรือทบเพราะจะทำให้พอลิเมอร์ขาดออกจากกัน ทำให้ผ้าฉีกง่าย ซึ่งเป็นจุดอ่อนของพอลิเมอร์นี้

3. ธรรมชาติของการดูดซึมความชื้น ฝ้ายเป็นเส้นใยที่ดูดซึมความชื้นได้ดีเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) มากมายในพอลิเมอร์ อย่างไรก็ตามการที่น้ำจะสามารถแทรกซึมจะเป็นบริเวณที่ไม่เป็นระเบียบเท่านั้น เพราะว่าช่องว่างภายในของบริเวณที่เป็นผลึกมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลของน้ำ การพองตัวในน้ำก็เช่นเดียวกันจะเกิดในบริเวณที่ไม่เป็นระเบียบ เนื่องจากการดูดซึมน้ำได้ดีทำให้ผู้สวมใส่มีความสบายตัวและยังทำให้ลดปริมาณไฟฟ้าสถิตย์ เนื่องจากน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้วสามารถกระจายประจุไฟฟ้าสถิตย์ได้ดี

4. สมบัติความทนต่อความร้อน ฝ้ายมีความสามารถที่จะถ่ายเทความร้อนได้ดีลดปริมาณความร้อนที่สามารถทำลายเส้นใยที่สะสมอยู่ภายในได้ ดังนั้นฝ้ายจึงทนต่ออุณหภูมิสูงๆ ของเตารีดได้

สำหรับความร้อนที่มากเกินไปจะทำให้เส้นใยฝ้ายกลายเป็นเส้นใยถาวรและไหม้ไฟ (โดยมีการหลอมตัว) เนื่องจากเส้นใยไม่ได้เป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

เมื่อมีความร้อนที่เพียงพอนั้นก็คือพลังงานจลน์พอลิเมอร์จะสั่นตัวมากเกินไปทำให้เส้นใยแตกตัว ถ้ามีความร้อนมากเกินไปทำให้เกิดการสันดาปได้ (วสันต์ ประชุมทอง, 2546)

การเตรียมเส้นใยก่อนย้อม

การเตรียมเส้นใยก่อนย้อมเป็นกระบวนการทำความสะอาดเส้นใยหรือจัดเตรียมเส้นใยให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน

วัตถุประสงค์ในการเตรียมเส้นใยนั้นเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากเส้นใย และเพื่อเตรียมเส้นใยให้มีสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้ผลิตในขั้นตอนต่อไป เช่น กระบวนการย้อมสีหรือการพิมพ์ โดยสมบัติของเส้นใยหลังการเตรียมคือเส้นใยต้องมีความสะอาด ความขาว และสามารถดูดซึมสีสารเคมีได้ (วสันต์ ประชุมทอง, 2546)

สีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติ ส่วนมากเป็นสารประกอบอินทรีย์ มีโครงสร้างหลักประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน เป็นสีที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ คือ พืช สัตว์และแร่ธาตุ สีชนิดนี้เกิดขึ้นมาโดยกระบวนการตามธรรมชาติ สีย้อมธรรมชาติหลายชนิดถูกนำมาใช้ในงานต่างๆ ในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารและสิ่งทอ ซึ่งการจัดจำแนกประเภทของสีย้อมธรรมชาตินั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก

ประเภทของสีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติที่ใช้ในงานเส้นใยและสิ่งทอ จำแนกตามแหล่งที่มาสามารถจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. สีย้อมแร่ธาตุ (Mineral dyes) เป็นสีย้อมอินทรีย์ โดยเป็นการผสมออกไซด์ของโลหะหรือสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะ สารเหล่านี้เกิดการตกตะกอนในช่องว่างระหว่างโมเลกุลเส้นใย เนื่องจากสารเหล่านี้มีความเสถียรมาก สีที่ได้จึงมีความทนต่อแสงมาก สีจากที่สีย้อมฝ้ายในอดีตได้จากออกไซด์ของเหล็ก ผสมกับออกไซด์ของโครเมียม ส่วนมากโลหะที่ใช้ ได้แก่ เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส ทองแดง โคบอลต์และนิกเกิล เป็นต้น สีในกลุ่มนี้ ยังมีการย้อมกันอยู่ในระดับอุตสาหกรรมครบถ้วน ได้แก่ การย้อมด้วยโคลนและดินแดง

2. สีย้อมสัตว์ (Animal dyes) สีย้อมธรรมชาติในกลุ่มนี้ ได้แก่ โคชินิล (Cochineal) เคอร์มีส (Kermes) และครั่ง (Lac) เป็นสีแดงที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่ขับออกจากตัวแมลงพวก Coccidiales ซึ่งครั้งมีรงควัตถุสีประกอบอยู่ประมาณ 10 % สามารถสกัดออกมาได้โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ร้อน สีจะตกตะกอนโดยเติมสารส้มหรือปูนขาว โครงสร้างทางเคมีที่สกัดได้จากครั่งเป็นอนุพันธ์ของ Anthraquinones สารที่ให้สีที่สกัดจากครั่ง คือ Laccaic acid ซึ่งเป็นสารให้สีแดงที่ละลายน้ำใช้ย้อมไหม ฝ้าย ขนสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง โดยพบว่าคุณภาพของสีครั่ง ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์และต้นไม้มที่ใช้เลี้ยงด้วย

3. สีย้อมพืช (Vegetable dyes) เป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืชตั้งแต่ราก เปลือก ราก ลำต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล และเมล็ด สีย้อมพืชในงานด้านย้อมสีจำแนกตามวิธีย้อมออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 3.1 สีย้อมตรง (Direct Dyes) เป็นสีที่สามารถย้อมติดบนเส้นใยได้โดยตรง เช่น สีจากขมิ้น (Turmeric) และสีจากคำฝอย (Safflower) เป็นต้น สีที่ได้ไม่ค่อยคงทน

- 3.2 สีมอร์แดนต์ (Mordant dyes หรือ Adjective dyes หรือ Indirect dyes) จัดเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดของสีย้อมธรรมชาติจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก เปลือก หน่อ ราก ลำต้น เปลือกต้น แก่นไม้ ใบ ดอก ผล เปลือกผล เมล็ดและเมล็ดพืช ฯลฯ สีพวกนี้ส่วนมากเกาะติดบนเส้นใยได้น้อย สามารถ

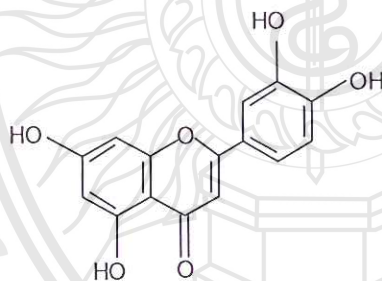
เกาะติดได้ดีขึ้นเมื่อใช้สารอื่นช่วย เรียกสารช่วยว่า มอร์แดนท์ สีในกลุ่มนี้จึงนิยมเรียกในปัจจุบันว่า สีมอร์แดนท์ สีที่ได้จะมีระดับความคงทนแตกต่างกันไป

3.3 สีแวต (Vat dyes) ได้แก่ สีนํ้าเงินในกลุ่มคราม เป็นสีที่ต้องรีดิวซ์ไปเป็นสารไม่มีสีก่อนเพื่อให้ละลายน้ำได้หลังจากเกาะติดบนเส้นใยแล้วจึงปล่อยให้ถูกออกซิไดส์กลับเป็นสารมีสีที่ไม่ละลายน้ำอีกครั้งและตกตะกอนอยู่บนเส้นด้ายหรือในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของเส้นใย

โครงสร้างของสารสีธรรมชาติ

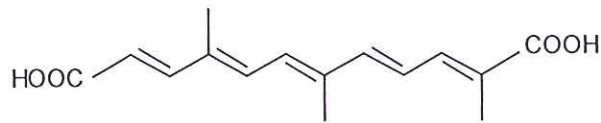
สำหรับสารสีธรรมชาตินั้น ถ้าแบ่งลักษณะโครงสร้าง จะได้ 4 ประเภทดังนี้

1. ฟลาโวนอยด์ (Favonoids) เป็นกลุ่มสารให้สีที่ใช้เป็นสีย้อมกันมากมีสีเหลืองถึงส้มเหลืองประกอบด้วยสารประกอบทั้งหมดที่มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็นฟลาโวน (flavone) และฟลาเวน (flavane) มีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น $C_6-C_3-C_6$ ตัวอย่างของสารสีฟลาโวนอยด์ ได้แก่ มอร์ริน (morin) พบในพรรณไม้ในวงศ์ *Moraceae* หลายชนิดส่วนมากวงเบนซีนและ C_3 จะต่อกับอะตอมของออกซิเจนเกิดเป็นวงวิวิธพันธ์ (heterocyclic ring) ถ้ามีหมู่คาร์บอนิลอยู่ที่วงวิวิธพันธ์เกิดเป็นสารประกอบฟลาโวน (flavone) ถ้ามีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ที่วงวิวิธพันธ์เกิดเป็นสารประกอบฟลาโวนอล (flavonol) สารในกลุ่มนี้จะละลายได้ดีในน้ำมีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นแตกต่างกันมากมาย ทำให้เห็นเป็นทุกสียกเว้นสีเขียว ตัวอย่างเช่น Luteolin จากต้น Weld (*Reseda luteola*) ให้สีเหลือง



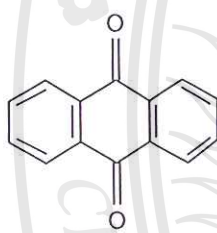
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของ Luteolin สารให้สีในกลุ่มฟลาโวนอยด์

2. คาโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นสารประกอบกรดไขมันหนึ่งที่เรียกว่า เทอร์ปีน (Terpene) เมื่อมีออกซิเจนในโมเลกุลด้วย เรียกว่า เทอร์ปีนอยด์ (Terpenoid) ซึ่งให้สีที่แตกต่างกันมากมาย พืชใหญ่สังเคราะห์มาจากหน่วยไอโซพรีน เช่น Crocetin จากหญ้าฝรั่น (Saffron) ให้สีเหลือง ส่วนสารในกลุ่มนี้จะมีพันธะเดี่ยวสลับกับพันธะคู่มาก ส่วนใหญ่ไม่คงตัวต่อแสง อากาศ และอุณหภูมิสูง ๆ

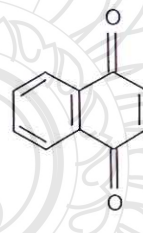


ภาพที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของ Crocetin สารให้สีในกลุ่มคาโรทีนอยด์

3. แอนทราควิโนนและแนพทราควิโนน (Anthraquinones and naphthra-quinones) สารกลุ่มนี้มักให้สีแดง ในกลุ่มสารพวกแอนทราควิโนนที่นำมาใช้เป็นสีย้อม ได้แก่ กรดแลคเคอิก (Laccaic acid) ได้จากครั่ง, Alizarin จาครากเข็มและแก่นรากขอ ส่วนพวกแนพทราควิโนน ได้จากเปลือกมันฮ่อ ให้สีเขียวถึงน้ำตาล สารในกลุ่มแอนทราควิโนนมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็น 3 - Ring system เป็นสารที่มีสีแดง - ส้ม ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์และมีจุดหลอมเหลวสูงในธรรมชาติ จะพบในรูปของกลัยโคไซด์เป็นส่วนใหญ่



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของ Anthraquinones และ Napthraquinones

(ก) โครงสร้างโมเลกุลของ Anthraquinones

(ข) โครงสร้างโมเลกุลของ Napthraquinones

4. แอลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นสารในกลุ่มพืชชั้นสูง พบบ้างในพืชชั้นต่ำ ในสัตว์ และจุลินทรีย์ตามปกติในโมเลกุลแอลคาลอยด์จะมีไนโตรเจน 1 โมเลกุล (จะอยู่ใน Heterocyclic ring หรือ Side chain ก็ได้) ทำให้แอลคาลอยด์มีสมบัติเป็นด่าง ดังนั้น ความเป็นกรดด่างของแอลคาลอยด์แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับจำนวนไนโตรเจนที่มีอยู่ในโมเลกุล ที่ใช้เป็นสีย้อมมากได้แก่ Indigo สีจากต้นคราม, ส้อม ให้สีน้ำเงิน

5. สารให้สีกลุ่มผสม สารเหล่านี้จะมีโครงสร้างที่แตกต่างไปจาก 4 กลุ่มแรก นิยมใช้เป็นสีผสมอาหารและสีย้อม ได้แก่

5.1 Curcumin จากขมิ้นเป็นผลิตภัณฑ์เหลืองส้ม

5.2 Chlorophyll เป็นสารสีเขียวที่พบในพืชทั่วไป

5.3 Prodigiosin เป็นสารสีแดงที่มีความเสถียรดีในบรรยากาศ

5.4 Tannin เป็นสารให้สีธรรมชาติที่นิยมใช้สารช่วยติดสีอื่นๆ ด้วยในการย้อมสีธรรมชาติ โดยเฉพาะการย้อมผ้าฝ้าย แทนนินเป็นสารประกอบพอลิฟีนอลิกและเป็นกลุ่มสารที่พบมากในพืชทุกชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 500–3000 แทนนินสามารถละลายน้ำ ละลายง่าย เจือจาง แอลกอฮอล์และอะซิโตนได้ สารละลายแทนนินสามารถตกตะกอนกับโลหะหนักได้ ตะกอนของแทนนินที่สลายตัวได้จะมีสีน้ำเงิน – ดำ ส่วนตะกอนที่ไม่สลายตัวจะมีสีน้ำตาลเขียว

นอกจากนี้แทนนินยังมีประโยชน์ในด้านต่างๆ อีก เช่น เป็นยาสมุนไพรแทนนินมีสถานะเป็นกรดอ่อน รสฝาด แทนนินใช้เป็นยาแก้ท้องเสีย ช่วยรักษาแผลไฟไหม้ มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ และใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง กรณีที่รับประทานแทนนินเป็นประจำอาจทำให้เกิดมะเร็งได้ สมุนไพรที่มีแทนนิน คือ เปลือกทับทิม เปลือกอบเชย ใบฝรั่ง ใบ/เปลือกเสียด ใบชาเป็นต้น ตัวอย่างแทนนิน ได้แก่ Theogallin, Gallic acid, Ellagic acid

สามารถจำแนกแทนนินตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ

1. Hydrolysable tannin เป็นกลุ่มสารประกอบ Polyester ซึ่งเกิดจาก Polyphenol กับน้ำตาลกลูโคส แทนนินเหล่านี้สามารถถูกเอนไซม์ และกรดไฮโดรไลสออกเป็นโมเลกุลได้
2. Tannin red เป็นกลุ่มสารประกอบซึ่งเมื่อถูกกรดหรือเอนไซม์แล้วไม่สลายตัว แต่กลับรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่มีรูปร่างที่แน่นอนและมีสีแดง (ปธิชาณ สุระยศ, 2552)

การย้อมสี

สีที่ละลายอยู่ในน้ำไม่ได้อยู่นิ่งเฉย แต่จะเคลื่อนตัวอยู่ตลอดเวลา ที่ตัวสีเป็นเช่นนี้ เพราะทั้งในตัวสีและในน้ำมีแรงอย่างใดอย่างหนึ่งแฝงอยู่ เมื่อเอาสิ่งทอใส่ลงไปให้น้ำย้อมทำให้ตัวสีเกิดการเคลื่อนไหวเข้ามาอยู่ในสิ่งทอนั้น ใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สีค่อยๆ เคลื่อนตัวในน้ำย้อมและมาเกาะที่ผิวเส้นใย ขั้นที่ 2 สีจะยึดติดที่ผิวของเส้นใยและขั้นที่ 3 สีจะค่อยๆ เคลื่อนตัวจากผิวภายนอกของเส้นใยเข้าไปจนกระทั่งถึงกึ่งกลางของเส้นใย โมเลกุลของสีค่อนข้างใหญ่ ไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเส้นใยที่มีสายโมเลกุลเรียงตัวหนาแน่นอย่างเป็นระเบียบได้ ขนาดโมเลกุลที่จะ

สามารถซึมผ่านได้ต้องมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าช่องว่างระหว่างโมเลกุลเท่านั้น และโมเลกุลของสีส่วนใหญ่จะเข้าอยู่ได้เฉพาะในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบของโมเลกุลเส้นใยเท่านั้น

การดูดซึมสีเข้าไปใน โครงสร้างโมเลกุลของเส้นใย ถ้าเส้นใยมีโครงสร้างที่เป็นระเบียบมากจะดูดซับสีได้ช้าต้องใช้เวลาในการย้อมมาก การย้อมที่ดีคือ สีต้องซึมเข้าไปในเส้นใยและติดจนกระทั่งเมื่อตัดเส้นใยตามขวางแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วเห็นเป็นสีเดียวกันและเท่ากันตลอดความเข้มข้นของสีในเส้นใย ต้องเท่ากับความเข้มข้นที่อยู่ในน้ำย้อม เรียกว่า การย้อมสมดุล (Equilibrium) ถ้าสีติดเพียงรอบ ๆ เส้นใยหรือดูดซึมเพียงแค่พื้นผิวเส้นใยเท่านั้น โดยกลางเส้นใยยังคงเป็นสีขาวอยู่ เรียกว่า การย้อมแบบวงแหวน (Ring dyeing)

คุณลักษณะของสีย้อมที่ต้องการ

1. มีความเข้มข้นสูง
 2. ละลายน้ำได้ หรือเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้
 3. มีแรงดึงดูดหรือแรงยึดติดกับเส้นใย
 4. คงทนต่อการซัก และการใช้งาน
 5. คงทนต่อกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อมา
 6. ให้ความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งานและมีราคาเหมาะสม
- (วสันต์ ประชุมทอง, 2546)

ประเภทของการย้อม

การย้อมสีธรรมชาติ เมื่อแบ่งตามเกณฑ์การให้ความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การย้อมแบบเย็น กับการย้อมแบบร้อน แต่ถ้าแบ่งตามเกณฑ์กรรมวิธีการของการย้อมจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การย้อมแบบโดยตรง (Direct dyeing) การย้อมแบบแวต (Vat dyeing) และการย้อมแบบใช้มอร์แดนต์ (Mordant dyeing) ซึ่งแต่ละประเภทมีรายละเอียด ดังนี้

1. การย้อมตามเกณฑ์การให้ความร้อน

- 1.1 การย้อมเย็น ซึ่งหมายถึง การย้อมที่อุณหภูมิห้องไปจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 50 °C
- 1.2 การย้อมร้อน ซึ่งหมายถึง การย้อมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 50 °C ไปจนถึงจุดเดือด

ของน้ำย้อม

2. การย้อมตามกรรมวิธีการย้อม

2.1 การย้อมแบบโดยตรง (Direct dyeing) สีธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสีที่สามารถละลายน้ำได้ และมีคุณสมบัติพิเศษในการติดบนเส้นใยได้เอง โดยการเกิดพันธะเคมีกับเส้นใยได้ โดยตรงกรณีเส้นใยเป็นเซลลูโลส เช่น ฝ้าย จะมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มาก (Hydroxyl group, - OH) จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลสีได้โดยตรง การย้อมแบบนี้ไม่แข็งแรง ดังนั้น

การย้อมแบบโดยตรงเป็นวิธีที่ติดสีง่าย แต่ก็หลุดง่ายเช่นกัน ความคงทนต่ำ และได้สีไม่สดใส ตัวอย่าง คือ สีจากขมิ้น ดอกคำฝอย เป็นต้น

2.2 การย้อมแบบแวต (Vat dyeing) สารให้สีที่ย้อมวิธีนี้มักเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้น ขั้นตอนแรกของการย้อมวิธีนี้ต้องทำให้สีนั้นละลายน้ำเสียก่อน โดยใช้สารรีดิวซ์ แล้วจึงนำเส้นใยลงย้อม เสร็จแล้วนำไปผึ่งแดด ออกซิเจนในอากาศจะทำให้โมเลกุลของสีเกิดการออกซิไดส์กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำ โมเลกุลของสีจึงถูกกักขังอยู่ในเส้นใย การย้อมแบบนี้สีจะติดบนเส้นใยได้ดีและน้อยต้องทำการย้อมหลาย ๆ ครั้ง จนได้สีเข้มตามต้องการ

2.3 การย้อมแบบใช้มอร์แดนต์ (Mordant dyeing) การย้อมแบบนี้ต้องใช้สารช่วยติดสีหรือที่เรียกว่า มอร์แดนต์ เพื่อช่วยให้การยึดติดระหว่างตัวสีกับเส้นใยดีขึ้น ทำให้สีที่ได้จากการย้อมโดยวิธีนี้มีความคงทนไม่ตกสีหรือซีดง่าย การย้อมวิธีนี้ใช้วิธีการย้อมที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากสีธรรมชาติจะติดได้ดี ที่อุณหภูมิตั้งแต่ $60 - 100^{\circ}\text{C}$ และระหว่างการย้อมต้องคนบ่อยๆ เพื่อป้องกันการติดสีไม่สม่ำเสมอ สารมอร์แดนต์ที่นิยมใช้คือสารละลายเกลือ โลหะ สีที่ย้อมโดยวิธีนี้เรียกว่า สีมอร์แดนต์ ได้แก่ สีจากรากไม้ เปลือกไม้ แก่นไม้ ใบ ดอก ผล เมล็ด เป็นต้น

การดูดซับและปฏิกิริยาทางเคมีในการย้อม

กลไกของการติดสีบนเส้นใยของสีย้อมมีหลายกลไกขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสี ย้อมและเส้นใยแต่ละชนิดอาจติดโดยการเกาะติดการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสีย้อมกับเส้นใย หรือการเกิดพันธะโควาเลนต์ก็ได้หรือการเติมสารเคมีลงไปเพื่อช่วยให้สีติดแน่นขึ้นสีจะย้อมได้ดีเมื่อแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสีกับเส้นใยมีมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับสีสมบัติเช่นนี้เกิดขึ้นได้เมื่อโมเลกุลของสีมีหมู่อะตอมที่เรียงตัวกันในลักษณะที่ทำให้เกิดภาวะดูดติดกับเส้นใยแล้วเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันแน่นแรงยึดเหนี่ยวที่ทำให้สียึดติดกับเส้นใยได้แบ่งกว้างๆ เป็น 4 ชนิด ได้แก่ พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) แรงวานเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) แรงไอออนิก (Ionic force) และพันธะโควาเลนต์แรงเหล่านี้จะไม่ทำหน้าที่แต่เพียงลำพังซึ่งในการยึดเหนี่ยวกันระหว่างโมเลกุลของสีย้อมกับโมเลกุลของเส้นใยอย่างน้อยจะต้องประกอบไปด้วยแรง 2 ชนิดขึ้นไปบางครั้งก็อาจเกิดแรงพร้อมกันทั้ง 4 ชนิด จึงจะทำให้สีกับเส้นใยรวมตัวกันได้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสีย้อมเส้นใยและสภาวะการย้อม (ปณิธานสุระยศ, 2552) ซึ่งแรงแต่ละชนิดมีลักษณะสำคัญดังนี้

1. พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากอะตอมของไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิล (OH) มายึดติดกับอะตอมที่มีค่า Electronegativity สูงเช่นอะตอมออกซิเจนและไนโตรเจน ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดของพันธะไฮโดรเจนคือการยึดตัวของไฮโดรเจนกับออกซิเจนในโมเลกุลของน้ำซึ่งทำให้น้ำมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่าที่คาดไว้เส้นใยและสีบางชนิดมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่

เป็นจำนวนมากเช่นเส้นใยเซลลูโลสและเส้นใยโปรตีนจึงทำให้การดูดติดสีได้มากกว่าเส้นใยกึ่งสังเคราะห์เช่นเส้นใยเซลลูโลสอะซิเตดซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลลดจำนวนไปมากกว่าครึ่งทำให้การดูดติดสีได้น้อยลง

2. แรงวันเดอร์วาลส์ (Van der Waals force) แรงวันเดอร์วาลส์เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสาร เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเป็นแรงดึงดูดอ่อนๆที่ทำให้โมเลกุลของสีและเส้นใยเข้ามามีติดกันได้เองเมื่อโมเลกุลของสีและเส้นใยเข้ามาอยู่ในระยะที่ใกล้กันมากกำลังของแรงดึงดูดประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่สัมผัสและขนาดของโมเลกุล ดังนั้นถ้าโมเลกุลมีขนาดใหญ่กำลังของแรงดึงดูดประเภทนี้จะมากด้วยแต่แรงนี้เกิดขึ้นเพียงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น

3. แรงไอออนิก (Ionic force) แรงไอออนิกเป็นแรงดึงดูดทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างสีย้อมกับเส้นใยโดยความแตกต่างของประจุทางไฟฟ้าของสีย้อมและเส้นใยเส้นใยบางชนิดเช่นเส้นใยเซลลูโลสเมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุเป็นลบและสีย้อมส่วนมากเมื่อละลายน้ำจะมีประจุเป็นลบการดูดซับจึงไม่เกิดขึ้นจำเป็นต้องลดหรือเปลี่ยนประจุบนเส้นใยก่อนที่สีย้อมจะเข้ามาใกล้พอที่แรงดึงดูดจะทำให้หน้าที่ได้การเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในน้ำย้อมจะช่วยลดประจุที่ผิวหน้าของเส้นใยเซลลูโลสและการเติมกรดก็จะช่วยลดประจุของเส้นใยโปรตีนและไนลอนได้

4. พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) สีย้อมที่ถูกทำให้ติดกับเส้นใยโดยพันธะโควาเลนต์จะแข็งแรงกว่าแรงอื่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้นและแตกออกยากพันธะโควาเลนต์ระหว่างสีย้อมและเส้นใยเป็นปฏิกิริยาทางเคมีปฏิกิริยาเหล่านี้เป็น Nucleophilic addition การย้อมพวกเซลลูโลสทั่วไปจะมีสัมพรรคภาพต่ำเช่นสีย้อมที่มีมวลโมเลกุลต่ำและเป็นพวกไม่มีขั้ว (Non-polarization) สำหรับสีย้อมและเส้นใยและแรงอื่นๆก็สามารถเกิดขึ้นได้ในกระบวนการย้อมสีสิ่งที่มีผลทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงได้คือสถานะของระบบเช่นอุณหภูมิเวลาสารเคมีที่ใช้ความเป็นกรด-เบส ดังนั้นในกระบวนการจึงต้องมีการควบคุมสิ่งเหล่านี้อย่างเข้มงวด (ปณิธาน สุระยศ, 2552)

ดังนั้นการที่โมเลกุลของสีย้อมจะยึดติดกับเส้นใยได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของแรงยึดเหนี่ยวทางเคมีทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว และขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลของสีย้อมแต่ละชนิดด้วย

มอร์แดนต์ (Mordant)

มอร์แดนต์เป็นภาษาลาตินมีหมายความว่า 'To bite' เป็นสารประกอบที่ถูกใช้มากในการย้อมสีธรรมชาติเพื่อช่วยให้การย้อมระหว่างตัวสีกับเส้นใยได้ดีขึ้นทำให้สีมีความคงทนต่อการซักและต่อแสงได้ดีขึ้น โดยที่มอร์แดนต์จะรวมตัวกับสีและรวมตัวกับโครงสร้างของเส้นใยและยึดติดกัน

ด้วยพันธะโควาเลนต์และพันธะโคออร์ดิเนตโควาเลนต์ทำให้เกิดสิ่งที่ไม่ละลายน้ำเรียกว่า Color lake มอร์แดนที่นิยมใช้กันในงานสีย้อมนั้นมีอยู่มากมายอาทิเช่น

1. การใช้มูลสัตว์เช่นมูลวัวการใช้ปัสสาวะสัตว์ซึ่งก็คือการใช้วัสดุธรรมชาติที่มียูเรีย
2. น้ำสกัดจากพืชที่มีแทนนินรวมไปถึงน้ำมะนาวน้ำมะขามและอื่นๆ
3. การใช้สารเคมีต่างๆอาทิเช่นเกลือโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง, โซดาแอชหรือโซเดียมคาร์บอเนตหรือโซดาซักผ้า

4. การใช้เกลือของโลหะหรือกิ่งโลหะเช่น
 - 4.1 อลูมิเนียมจากสารส้มหรือโพแทสเซียมอลูมิเนียมซัลเฟต
 - 4.2 โครเมียมจากโพแทสเซียมไดโครเมต
 - 4.3 ทองแดงจากจุนสีหรือคอปเปอร์ซัลเฟต
 - 4.4 เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟตและน้ำสนิมเหล็ก
 - 4.5 ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์
 - 4.6 แบเรียมจากแบเรียมซัลเฟต (ปณิธาน สุระยศ, 2552)

นอกจากนี้ยังพบว่า โมเลกุลของสีย้อมในธรรมชาตินั้นไม่ได้ถูกสร้างมาเพื่อการเกาะยึดบนเส้นใย ภาวะที่เหมาะสมในการทำให้สีเกาะติดนั้น มักทำให้เกิดสารสูญเสียคุณสมบัติที่ดีของเส้นใยไปไม่มากนัก สีย้อมได้ยังมีข้อด้อยเมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์ในแง่ความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้าง นอกจากนี้สีย้อมธรรมชาติยังมีเจดสีที่จำกัด แม้สีย้อมแดนที่ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ที่สุดก็ไม่สามารถให้เจดสีเท่าสีสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามพบว่าการเปลี่ยนแปลงชนิดของมอร์แดนที่สามารถให้เจดสีที่แตกต่างกันได้ (วสันต์ ประชุมทอง, 2546)

วัตถุประสงค์ของการใช้สารช่วยติดสี

1. เพื่อให้สีซึมทะลุเข้าไปภายในเส้นใยได้เร็วและสมบูรณ์ โดยสารตัวนี้จะทำหน้าที่ลดความตึงผิวของเส้นใย ทั้งยังสามารถทำให้สีกระจายตัวเข้าไปในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบของเส้นใยได้ง่ายขึ้น (Amorphous regions)
2. เพื่อให้ตัวสีซึ่งละลายน้ำได้ยาก สามารถกระจายตัวอยู่ในน้ำได้ตามขนาดของละอองสีที่เหมาะสม
3. ทำให้ตัวสีก่อเกิดรูปแบบที่มีส่วนที่ใช้อยู่กับเส้นใยได้โดยตรง แตกต่างไปจากลักษณะเดิมที่มีมาตามธรรมชาติ
4. ทำให้ตัวสีใดเร็กที่ซึ่งตามปกติไม่ทนต่อการซักฟอก ทนต่อการซักฟอกได้ดียิ่งขึ้น (วสันต์ ประชุมทอง, 2546)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามอร์แดนที่เป็นสารที่เติมลงไปในการย้อมสีธรรมชาติ เพื่อช่วยให้โมเลกุลของสีย้อมยึดติดกับโมเลกุลของเส้นใย ช่วยให้เส้นใยมีความคงทนต่อการซักและคงทนต่อแสงสำหรับสีย้อมจากธรรมชาติแต่ละชนิด การเติมมอร์แดนที่ต่างชนิดกันจะให้เจดสีที่แตกต่างกัน

กรรมวิธีในการย้อมด้วยมอร์แดนที่

กรรมวิธีในการย้อมด้วยมอร์แดนที่ คือ การเติมมอร์แดนที่ลงไปในการย้อมสี ซึ่งกรรมวิธีในการย้อมมอร์แดนที่มี 3 วิธี คือ

1. การย้อมด้วยมอร์แดนก่อนการย้อมสี โดยนำสิ่งที่ต้องการย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาใส่ในภาชนะที่มีสารละลายมอร์แดนที่อยู่ และให้ความร้อนนานระหว่าง 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ก่อนปล่อยแช่น้ำทิ้งไว้ 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสิ่งย้อมนั้นออกมาทำความสะอาดบิดให้หมาดแล้วนำไปย้อมสีต่อไป

2. การย้อมด้วยมอร์แดนพร้อมการย้อมสี มอร์แดนจะถูกเติมลงไปในการย้อม การย้อมจะใช้อุณหภูมิเกี่ยวกับการย้อมน้ำสี มีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนการย้อมให้น้อยลง หลังการย้อมสีสิ่งที่ย้อมอาจถูกแช่ไว้ในน้ำย้อมต่อจนเย็นหรือว่าจะนำออกมาเลยทันทีก็ได้ จากนั้นก็ทำความสะอาดสิ่งย้อมจนไม่มีสีตกออกมาอีก แล้วทำให้สิ่งย้อมนั้นแห้งในที่ร่ม

3. การย้อมด้วยมอร์แดนหลังการย้อมสี มอร์แดนที่บางอย่างสามารถทำหลังจากย้อมสีเสร็จแล้วก็ได้ เช่น เกลือของดีบุก เกลือของเหล็ก การย้อมแบบนี้จะแยกอิสระกับการย้อมสีหรือเติมลงในน้ำย้อมในช่วง 5 – 10 นาที สุดท้ายก่อนเอาสิ่งย้อมออกก็ได้บางครั้งผู้ย้อมจะแช่วัสดุในสารละลายเกลือดีบุกหรือเกลือของเหล็กหลังการย้อมสีเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเจดสีมอร์แดนที่นอกจากจะทำให้สีติดแล้วยังพบว่ามีส่วนสำคัญต่อสมบัติความคงทนของสีที่ย้อมได้ต่อแสงด้วยมอร์แดนที่บางอย่างมีผลต่อสภาพเส้นใยหลังการย้อม เช่น อลูมิเนียม ทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นและทนต่อแรงดึงลดลง (ปัทมาพร สุระยศ, 2552)

ดังนั้นวิธีการย้อมด้วยมอร์แดนที่ที่แตกต่างกันจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าสี ความคงทนต่อการซัก และความคงทนต่อแสงของการย้อมสีธรรมชาติ

ชนิดของมอร์แดนที่

มอร์แดนที่ใช้ในการย้อมสีธรรมชาตินั้นมีหลายชนิด แต่มอร์แดนที่นิยมใช้กัน ได้แก่

1. Alum : Potassium aluminiumsulphate ทำให้สีติดบนเส้นใยเพิ่มมากขึ้นและสีมีความสว่างมากยิ่งขึ้น

2. Chrome : Potassium dichromate เป็นมอร์แดนที่ว่องไวต่อแสงมากจะสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด ดังนั้นการใช้โครมต้องทำในภาชนะปิดและมีสีดำจะดีที่สุดเป็นมอร์แดนที่มีพิษ

และทำลายสิ่งแวดลอม ควรหลีกเลี่ยงไอระเหยที่เกิดขึ้นระหว่างการย้อม และเพื่อเพิ่มความคงทนของสีบนเส้นใยและทนต่อแสงแดดควรย้อม Formic acid ทับหลังการย้อมมอร์แดน

3. Tin : Stannous chlorideทำให้สีที่ติดบนเส้นใยมีความสว่างเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เส้นใยมีความเปราะ ขาดง่ายมากขึ้น และเป็นมอร์แดนที่มีพิษทำให้ระคายเคืองผิวหนังได้

4. Iron : Ferrous sulphate or Copperasเป็นมอร์แดนที่ทำให้สีติดบนเส้นใยมีสีที่เข้มมากขึ้นและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเส้นใย

5. Copper sulphateเป็นมอร์แดนที่ทำให้สีติดบนเส้นใยมีความคงทนต่อแสงแดดและทนต่อการซักมากขึ้น(วสันต์ ประชุมของ, 2546)

ในการเลือกใช้มอร์แดนแต่ละชนิดนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อมธรรมชาติแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกหลายปัจจัยที่มีผลต่อการติดสี เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการย้อม เวลาที่ใช้ในการย้อม เป็นต้น

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการติดสี

การติดสีบนเส้นใยของสีย้อมธรรมชาติมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

อุณหภูมิของน้ำย้อม

การเพิ่มอุณหภูมิการย้อมจะทำให้ย้อมสีได้เร็วขึ้น ทำให้สีซึมกระจายจากส่วนที่ดูดซึมไว้มากไปสู่ส่วนที่มีสีน้อย ทำให้สีกระจายตัวสม่ำเสมอ แต่จะทำให้ปลดปริมาณสีที่ดูดซึมเข้าไปภายในเส้นใย ดังนั้นการย้อมที่อุณหภูมิต่ำจะติดสีดีกว่าอุณหภูมิสูง

เวลาที่ใช้ในการย้อม

อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการย้อมกับการติดสีบนเส้นใยนั้น จะมีผลแปรผันตามกันโดยตรง นั่นคือเมื่อเวลาในการย้อมมากจะทำให้ติดสีเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มของการติดสีบนเส้นใยจะคงที่ที่จุดอิ่มตัวของเส้นใยชนิดนั้น

สารช่วยติดสี

สารช่วยติดสีเป็นสารที่เติมลงไปในน้ำย้อมเพื่อเร่งการย้อมให้เร็วขึ้นและทำให้สีติดทนนานสม่ำเสมอ เนื่องจากสารช่วยย้อมมีอยู่หลายชนิดแต่ละชนิดนั้นก็จะมีผลกับสีย้อมชนิดเดียวกันที่ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอร์เดนนั่น (วสันต์ ประชุมของ, 2546)

จะเห็นได้ว่าการย้อมสีธรรมชาติมักมีปัญหาในการย้อมมากกว่าสีสังเคราะห์ ในเรื่องของ การติดสี ความคงทนต่อการซัก ความคงทนต่อแสง โดยเฉพาะการติดสีที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึง

มีการศึกษาค้นคว้า เพื่อพัฒนาการย้อมสีธรรมชาติให้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการติดสี ผลของมอร์แคนท์แต่ละชนิดที่ใช้ในการย้อมสีเพื่อให้ได้เจดสีตามต้องการ รวมทั้งชนิดของสีย้อมธรรมชาติจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เปลือกประดู่ แก่นฝาง ครั่ง เป็นต้น

ประดู่ (Padau)

ลักษณะทั่วไป

ประดู่มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Pterocarpus indicus* ประดู่เป็นไม้ผลัดใบที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ มีความสูง 20 เมตรขึ้นไป เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น 1.3 – 2.1 เมตร มีชื่อทางการค้าว่า Padauk หรือ nara ลักษณะของเปลือกหนาสีน้ำตาลถึงเทาเข้ม เปลือกในสีน้ำตาล เนื้อไม้แข็งมีสีน้ำตาลอ่อนอมเหลือง แก่นสีน้ำตาลแดง ใบมีขนปกคลุมหนาและจะร่วงในฤดูร้อน เริ่มผลิใบในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ผลเป็นฝักกลมและมีขนปกคลุมอยู่ ผลแก่มีสีน้ำตาลแกมเทา ตรงกลางมีเปลือกคลุมแข็งหนามีเมล็ด 1 – 2 เมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลแดง ประดู่พบในป่าในเขตร้อนของประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม พม่า อินโดนีเซียและอินเดีย แอฟริกาในที่มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายกับเอเชีย ประดู่มีหลายชนิด เช่น ปะดู่บ้าน ปะดู่ป่า ปะดู่แขก ปะดู่แดง และปะดู่ชิงชัน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2541:23) รายละเอียดของประดู่บางชนิด เช่น

1. ปะดู่บ้านหรือปะดู่อังสนา (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pterocarpus indicus* Willd.) เป็นพืชที่มีประโยชน์มากมายเช่น ทำเครื่องใช้ต่างๆ การย้อมผ้า การฟอกหนัง ยาสมุนไพรรักษาโรค หรือแม้แต่การนำมารับประทานเป็นอาหารในบางท้องถิ่นแต่กลับมีการศึกษาเกี่ยวกับปะดู่บ้านน้อยมาก การทดลองนำกลีบดอกและใบมาสกัดเมล็ดสีเพื่อนำมาใช้ทำประโยชน์และศึกษาการเก็บเมล็ดสีในผ้าเพื่อศึกษาความคงทนของเมล็ดสีพบว่าเก็บเมล็ดสีได้ดีทั้งในผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมไหมที่มีการเคลือบด้วยโซเดียมซิลิเกต ส่วนการนำมาใช้ประโยชน์มีการนำมาชุบกับน้ำยางพาราและพาราฟินเพื่อประดิษฐ์ดอกไม้พบว่า เนื้อไม้ใช้ได้มีความแข็งแรงทนทานมีตลาดขายสวยงามและจัดเงาได้ดี จึงเหมาะแก่การนำมาใช้ประโยชน์เป็นไม้เศรษฐกิจของประเทศการนำส่วนของใบ เปลือก ราก ของ ปะดู่บ้านมาสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดพบว่าสารที่พบในทุกส่วนของปะดู่บ้าน คือ Tannin, Flavonoid และ Saponin ส่วนสารสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่ามี 13 ชนิด คือ Isoliquiritigenin, Pterostilben, Pterocarpin, Narin, Santalin, Angiolensin, Homopteroicarpin Prunutin, Formonoetin, Hydroxyhydratropic acid, Pterofuran, Pterocapon, Eudesmol

(http://www.udomsuksa.ac.th/Latphrao/Knowledge/vijai/thai_Abstrait.htm, 2554)

2. ประดู่ป่า (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) เป็นไม้ผลัดใบขึ้นในป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้งสูงจากระดับน้ำทะเล 100-600 เมตร พบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย มีชื่อเรียกต่างๆ เช่น ภาคเหนือเรียกคู้หรือ คู้ป่า ภาคกลางเรียก ประดู่ป่า เชียงใหม่เรียก ละนอง สระบุรีและราชบุรีเรียก ประดู่เสน และแม่ฮ่องสอนเรียก คีเลง จิตต์อก ประดู่ป่าลำต้น สูง 15-30 เมตร หนึ่ด้วยเปลือกหนาสีน้ำตาลซึ่งแตกสะเก็ดเป็นร่องลึก เรือนยอดเป็นพุ่มกลมทึบใบเป็นใบประกอบรูปขนนกเรียงสลับ ใบย่อยเยื้องสลับกัน 4-10 ใบ รูปไข่ถึงรูปขนาน กว้าง 2.5-5 ซม. ยาว 5-15 ซม. ปลายเป็นติ่ง โคนมนดกมีสีเขียว กลิ่นหอม ออกเป็นช่อยาว 10-20 ซม. ตามง่ามใบ ดอกจะออกช่วงมีนาคม-พฤษภาคม ผล รูปไข่แบนบาง ตรงกลางนูน เส้นผ่าศูนย์กลาง 6-10 เซนติเมตร ผลใหญ่กว่าประดู่บ้านมาก และมีขนปกคลุมทั่วไป การขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ดเนื้อไม้สีแสดอมเหลือง เสี้ยนสนเป็นริ้ว เนื้อละเอียดปานกลาง มีลวดลายสวยงาม ใช้ทำเสา พื้นต่อเรือ เครื่องเรือน เครื่องดนตรี แก่นสีแสดคล้ายขี้หอมผ่าและเปลือกให้น้ำฝาดใช้ฟอกหนัง (<http://th.wikipedia.org/wiki/>, 2555)

3. ประดู่แดง (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phyllocarpus septentrionalis* Donn. Smith) เป็นพรรณไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่มีความสูงประมาณ 10-12 เมตร ผิวเปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อน เรือนยอดแผ่กว้างถึงดูล่ง ผลัดใบ ใบเป็นรูปมนรีหรือออกเป็นคู่สลับกันตามลำต้น ลักษณะของใบปลายแหลม โคนใบมน ขอบใบเรียบ มีสีเขียว ออกดอกเป็นช่อ ช่อดอกสีแสดสด ดอกจะบานไม่พร้อมกัน จะทยอยกันบานไล่ขึ้นไปตั้งแต่โคนก้านช่อจนถึงปลายช่อ เวลาบานจะแสดสะพรั่งทั้งต้น เกสรยาวยื่นออกมาจากดอก ดอกมีกลิ่นหอม ออกดอกช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม ผลเป็นฝักแบนรูปขอบขนาน โค้งเล็กน้อย เมล็ดแบน มีถิ่นกำเนิดในประเทศกัวเตมาลา ทวีปอเมริกาใต้ (<http://th.wikipedia.org/wiki/>, 2555)

4. ประดู่ลายหรือประดู่แขก (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Dalbergia sissoo* Roxb.) เป็นพันธุ์ไม้อยู่ในกลุ่มพวกไม้พุ่ม ชิงชันของไทย เป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ ผลัดใบลำต้นเปลาตรง เปลือกสีเทา แก่นสีน้ำตาล และมีริ้วสีดำแซม เรือนยอดเป็นพุ่มโปร่ง ใบออกเป็นช่อหนึ่งๆ มีใบย่อย 3-5 ใบ ใบย่อยรูปมน-ป้อม หรือมนแกมรูปไข่ปลายใบแหลม ใบอ่อน มีขนนุ่ม แต่พอแก่ขนจะหลุดร่วงไป ดอก สีเหลืองอ่อนๆ ปนขาวออกรวมกันเป็นช่อสั้นๆ ตามง่ามใบ เกสรผู้มี 9 อัน รังไข่รูปยาวรีๆ และจะยาวกว่าหลอดท่อรังไข่ ฝัก รูปแบนทึดแคบๆ ปลายฝักแหลม แต่ละฝักมีเมล็ด 1-3 เมล็ด (<http://www.tonkla.tht.in/39.html>, 2555)

5. ประดู่ชิงชัน หรือ ชิงชัน (ชื่อวิทยาศาสตร์ *Dalbergia oliveri* Gamble) มีชื่อสามัญ คือ Blackwood, Rosewood เป็นชื่อของไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ประเภทไม้ผลัดใบชนิดหนึ่งซึ่งก็คือต้นไม้ที่อยู่ในวงศ์เดียวกันกับ ต้นประดู่ นั่นเองต้นไม้นี้ขยายพันธุ์โดยเมล็ดและ

ก็สามารถแพร่กระจายพันธุ์ตามป่าดิบแล้งตลอดจนถึงป่าเบญจพรรณทั่วไปยกเว้นเฉพาะทางภาคใต้เท่านั้นที่ไม่สามารถแพร่กระจายพันธุ์ได้เป็นไม้กลางแจ้งที่สามารถขึ้นได้ดีในดินทุกประเภทและต้องการน้ำเพียงปานกลาง

ลักษณะของต้นไม้โดยรวม เปลือกจะมีความหนาซึ่งเป็นสีน้ำตาลอมเทาสามารถลอกออกเป็นแฉ่นๆได้และมีเนื้อภายในเป็นสีเหลือง ใบนั้นจะเป็นใบประกอบแบบขนนก ดอกมีขนาดเล็กที่รวมกันเป็นช่อ ผลเป็นรูปหอกแต่แบนส่วนหัวท้ายของฝักนั้นจะแหลม ส่วนระบบรากนั้นจะมีความลึกมากเนื่องจากไม้ชิงชันนั้นมีลักษณะที่แข็งแรงและเหนียวรวมถึงมีลักษณะที่ดูสวยงามมาก ดังนั้นจึงนิยมนำมาทำเป็น เครื่องเรือน เครื่องดนตรีต่างๆ นอกจากประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม พื้นบ้านแล้วต้นไม้ชิงชันยังให้ประโยชน์ทางด้านสมุนไพรอีกด้วย

องค์ประกอบทางเคมีของประดู่

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับสารที่พบในส่วนต่าง ๆ ของประดู่ โดยการนำส่วนของใบ เปลือก ราก ของประดู่บ้านมาสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดพบว่าสารที่พบในทุกส่วนของประดู่บ้าน คือ Tannin, Flavonoid และ Saponin ส่วนสารสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่ามี 13 ชนิด คือ Isoliquiritigenin, Pterostilben, Pterocarpin, Narin, Santalin, Angiolensin, Prunetin, Homoptercarpin, Fomonoetin, Hydroxyhydratropic acid, Pterofuran, Pterocapon, Eudesmol (http://www.udomsuksa.ac.th/Latphrao/Knowledge/vijai/thai_Abstrait.htm, 2554) นอกจากนี้การสำรวจพืชจำพวก Baphia, Caesalpinia, Dalbergia, Haematoxylon, and Pterocarpus (ประดู่) ได้จำแนกเม็ดสีในแก่นไม้ ให้เม็ดสีม่วงซึ่งเห็นได้ชัดเหมือนกันระหว่างพืชสายพันธุ์เดียวกัน เม็ดสีหลักที่อยู่ที่พบ เรียกชื่อว่า Retusapurpurin A พบโครงสร้างเป็น C_{30} isoflavan ซึ่งสามารถเกิด Oxidative coupling เป็น 4,40-dihydroxy-20-methoxychalcone Retusapurpurin สำหรับการสำรวจและแยกองค์ประกอบของพืชจำพวก Dalbergia ที่สกัดด้วยเอทานอลที่ 60 °C จะให้สีแดง ส่วนที่ตกตะกอนจะให้สีน้ำตาลแดง สำหรับส่วนที่ไม่ละลายน้ำเมื่อนำไปละลายด้วยเบนซีนจากนั้นนำมาละลายในเอทานอลอีกครั้ง พบว่าจะให้สีน้ำตาลเข้ม (Miha'lyCzako' and La'szlo'Ma'rton, 2001)

จากการวิเคราะห์สารที่มีใน *Pterocarpusindicus* ในส่วนของพืชที่แห้ง ได้แก่ ใบ, ลำต้น, เปลือกของประดู่ ด้วยเบนซีนที่ 60–80 °C, ไคคลอโรมีเทน, เอทิลแอลกอฮอล์, บิวทานอล และเมทานอล โดยหาค่าร้อยละผลได้ และตรวจสอบองค์ประกอบทางพฤกษเคมีพบสารที่สกัดได้ แสดงดังตารางที่ 2.1 (Khan and Omoloso, 2003)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของประดู่

ส่วนที่แห้ง ของประดู่	ตัวทำละลายที่ใช้ ในการสกัด	ผลได้ร้อยละ	องค์ประกอบที่พบ
ใบ	เบนซีน	0.73	Sterols, Triterpenoids
ใบ	ไดคลอโรมีเทน	0.48	Flavonoids, Sterols , Tannins, Riterpenoids
ใบ	เอทิลเอซีเตท	0.46	คือ Flavonoids, Sterols, Tannins, Triterpenoids
ใบ	บิวทานอล	0.58	Flavonoids, Saponins, Sterols, Tannins, Triterpenoids
ใบ	เมทานอล	6.42	Flavonoids, Saponins , Sterols, Tannins, Triterpenoids
เปลือก	เบนซีน	0.42	Sterols, Triterpenoids
เปลือก	ไดคลอโรมีเทน	0.68	Flavonoids, Sterols , Tannins, Riterpenoids
เปลือก	เอทิลเอซีเตท	0.32	Flavonoids, Sterols, Tannins, Triterpenoids
เปลือก	บิวทานอล	0.30	Flavonoids, Saponins, Sterols, Tannins, Triterpenoids
เปลือก	เมทานอล	6.20	Flavonoids, Saponins , Sterols, Tannins, Triterpenoids
เปลือกกราก ประดู่	เบนซีน	0.36	Sterols, Triterpenoids
เปลือกกราก ประดู่	ไดคลอโรมีเทน	0.75	Flavonoids, Sterols, Tannins, Triterpenoids
เปลือกกราก ประดู่	บิวทานอล	0.42	Flavonoids, Saponins
เปลือกกราก ประดู่	เมทานอล	2.5	Flavonoids, Tannins, Triterpenoids

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในประดู่ต่างๆ ส่วนพบองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกัน เมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน องค์ประกอบสำคัญที่พบ คือ Flavonoids, Tannins, Saponins, Triterpenoids, Sterols

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปณิธาน สุระยศ (2552) ได้ศึกษาผลของมอร์แคนท์ 4 ชนิดคืออะลูมิเนียมทองแดงเหล็ก และดีบุกที่มีต่อการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมสกัดจากผลมะกอกด้วยน้ำและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ pH 11 ได้ทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีระหว่าง 35 ถึง 75 °C และเวลา ระหว่าง 3 ถึง 60 นาทีใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรติดตามการดูดซับสี โดยวิธีการทางสเปกโทรสโกปีในภาวะที่เหมาะสมไปใช้ในการศึกษาผลของมอร์แคนท์ที่มีต่อการดูดซับสีและความคงทนของสีปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ความเข้มข้นของมอร์แคนท์ระหว่างร้อยละ 0.125 ถึง 1.0 ของน้ำหนักด้ายและวิธีการย้อมมอร์แคนท์ 3 แบบ คือ ก่อนพร้อมและหลังย้อมสีนำเส้นด้าย ฝ้ายที่ทำการย้อมสีไปวัดสีในระบบ CIELAB และความเข้มสี (K/S) ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักตามวิธีมาตรฐานผลการทดลองพบว่าการดูดซับสีลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ย้อมสีการดูดซับสีมีค่าระหว่าง 10 - 40 % โดยมีค่าเฉลี่ยการดูดซับสีจากน้ำย้อม ที่สกัดด้วยน้ำและที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 24 และ 20 % ตามลำดับสีที่ ย้อมได้มีสีเหลืองอ่อนมีค่าความสว่าง (L^*) ในช่วง 79-86 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ในช่วง 0.3-2.5 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ในช่วง 19-30 อุณหภูมิและเวลาข้อมมีผลต่อค่าสีที่ได้พบว่าสภาวะที่ เหมาะสมสำหรับการย้อมสีคืออุณหภูมิ 55 °C เวลา 60 นาทีการใช้มอร์แคนท์ก่อนย้อมสีทำให้ด้าย ฝ้ายดูดซับสีเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ดีบุกอะลูมิเนียมทองแดงและ เหล็กทำให้การดูดซับสีจากน้ำย้อมสกัดด้วยน้ำและสกัดด้วยเบสเพิ่มขึ้นนอกจากนี้พบว่าการดูดซับ สีเพิ่มตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แคนท์ยกเว้นเหล็กที่การดูดซับสีคงที่มอร์แคนท์อะลูมิเนียม และดีบุกไม่มีผลต่อเจดสีทองแดงให้สีเหลืองออกเขียวในขณะที่เหล็กให้สีน้ำตาลอมเหลืองถึง น้ำตาลเทาวิธีการย้อมด้วยมอร์แคนท์ทั้ง 3 แบบ ไม่มีผลต่อค่าสี (L^* , a^* และ b^*) แต่ชนิดและความ เข้มข้นของมอร์แคนท์มีผลต่อค่าสีชนิดความเข้มข้นและวิธีการใช้มอร์แคนท์มีผลต่อความเข้มสี (K/S) ด้ายย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แคนท์ให้สีที่มีความคงทนต่อแสงระดับ 1-2 ชนิดของตัวทำละลาย สกัดและความเข้มข้นของมอร์แคนท์ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสงการใช้มอร์แคนท์ทั้ง 4 ชนิดช่วยให้สีมีความคงทนต่อการซักดีขึ้นการตกสีของสีหลังการซักขึ้นอยู่กับชนิดของ มอร์แคนท์แต่ไม่ขึ้นกับวิธีดำเนินการและความเข้มข้นของมอร์แคนท์ที่ใช้

ปิยวรรณศิริสวัสดิ์ (2552) ได้ศึกษาการติดสีของครามบนเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งก้ามกราม โดยศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการติดสีครามและความคงทนของสีครามต่อการซักและต่อแสงแดด ของเส้นฝ้ายที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซานจากเปลือกกุ้งตามอุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาสถานะในการเคลือบไคโตซานลงบนเส้นฝ้ายโดยการแช่เส้นฝ้ายในสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น อุณหภูมิ และเวลาที่แตกต่างกัน แล้วทำการย้อมสีครามทั้งวิธีทางเคมีและวิธีทางชีวภาพ พบว่าสีบนเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยไคโตซานจากเปลือกกุ้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) อุณหภูมิ 25 °C และเวลา 30 นาที ย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพมีสีเข้มที่สุด เมื่อทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดดพบว่า เส้นฝ้ายที่เคลือบไคโตซานจากเปลือกกุ้งมีความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดดที่ระดับ 4 และ 4 ของ grey scale ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับเส้นฝ้ายที่เคลือบด้วยไคโตซานมาตรฐาน แล้วย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพ ที่มีความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดดเท่ากับ 4 – 5 และ 4 – 5 ตามลำดับและดีกว่าเส้นฝ้ายที่ไม่ได้เคลือบไคโตซานแล้วย้อมสีครามด้วยวิธีทางชีวภาพ ซึ่งมีความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดดเท่ากับ 2 – 3 และ 2 – 3 ตามลำดับ

ทุเรียน ปัดสำราญ (2551) ได้ศึกษาชนิดของโลหะไอออนในดินโคลนและดินลูกรังที่มีผลต่อการยืดยึดของสีครามกับเส้นใยฝ้าย พบโลหะไอออนในดิน โคลนและดินลูกรังที่มีปริมาณมากได้แก่ Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+} และ Na^{+} ตามลำดับ จึงนำโลหะไอออนเหล่านี้มาทำเป็นสารมอร์แดนท์ ซึ่งมีวิธีในการทำมอร์แดนท์ก่อนและหลังย้อม โดยทำให้อยู่ในรูปออกไซด์ของ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO และ Na_2O จากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย้อมสีด้วย UV – vis Spectrophotometer ด้วยวิธีการคำนวณจากกราฟมาตรฐาน พบว่าเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยมอร์แดนท์ ของโลหะไอออนมีค่าร้อยละการดูดซับสีมากกว่าเส้นใยฝ้ายที่ย้อมครามไม่ได้สารมอร์แดนท์ และยังคงสมบัติของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อแสงแดดอยู่ในระดับที่ดี จากการวิเคราะห์หาปริมาณของโลหะที่ยึดเกาะบนเส้นใยฝ้ายด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) และ Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICP – MS) พบโลหะในปริมาณน้อยมากเพียงร้อยละ 0.07 – 0.8 ของน้ำหนักฝ้ายแต่ทำให้สียืดยึดบนเส้นใยฝ้ายได้ดีและจากการวัดเทียบสีของเส้นใยฝ้ายด้วยเครื่องวัดเทียบสี Chroma Meter พบว่าเมื่อใช้โลหะไอออนต่างชนิดกันจะให้ความเข้มข้นของสีที่แตกต่างกัน โลหะไอออนที่เหมาะสมที่สุด คือ Al^{3+} รองลงมา คือ Mg^{2+} , Fe^{3+} และ Na^{+} ตามลำดับ เนื่องจาก Al^{3+} สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่แข็งแรงกับสีครามและเส้นใยฝ้ายได้ดีกว่าโลหะชนิดอื่นๆ สถานะที่เหมาะสมต่อการใช้มอร์แดนท์ คือ การทำมอร์แดนท์ก่อนย้อม

รตนัดดา สามีตร (2551) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเส้นไหมที่ย้อมด้วยเปลือกประดู่หลังการหมักโคลนจากแหล่งต่างๆ 6 แหล่ง ศึกษาพื้นผิวของเส้นไหมก่อนและหลัง

ย้อมสีด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ศึกษาธาตุโลหะในโคลนด้วยเครื่องอะตอมมิก แอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองพบว่าเส้นไหมมีสีเปลี่ยนแปลงไปตามสีของโคลน เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ 4 ชนิดในโคลน คือ สังกะสี เหล็ก ตะกั่วและทองแดง ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์พบปริมาณโลหะเหล็กมากที่สุดและปริมาณตะกั่วที่น้อยที่สุด นั่นคือปริมาณโลหะที่ต่างกันในโคลนแต่ละแหล่งมีผลต่อสีของเส้นไหมที่ย้อมด้วยเปลือกประดู่มีสีต่างกัน

อำพร พึ่งกุล (2551) ได้ศึกษาการปรับสภาพความคงทนต่อแสงของสีย้อมจากครั่งบนเส้นไหมและด้ายฝ้าย โดยใช้สารแอนติออกซิแดนต์กรดแกลลิก วิตามินซีและกรดคาฟอิกและสารดูดกลืนแสงยูวีเบนโซฟีโนน ความเข้มข้น 0 – 2.0 กรัมต่อลิตร ด้ายฝ้ายฟอกขาวและไม่ฟอกขาวด้วยน้ำย้อมสีที่สกัดจากครั่งที่อุณหภูมิ 70 °C เวลา 60 นาที ดำเนินการย้อมด้วยมอร์แดงที่อุณหภูมิ 50 °C เวลา 30 นาที ใช้สารส้มและกรดทาร์ทริกเป็นมอร์แดงที่วัดสีในระบบ CIELAB และความเข้มสีในเทอม K/S ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงตามวิธีมาตรฐาน พบว่าด้ายฝ้ายฟอกขาวและไม่ฟอกขาวดำเนินการด้วยมอร์แดงที่สารส้มก่อนย้อมสีนั้น สารแอนติออกซิแดนต์และสารดูดกลืนแสงยูวีทุกตัวที่ใช้จะช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อแสง 0.5 – 1.5 ระดับผ้าขนสัตว์มาตรฐาน แต่ถ้าใช้กรดทาร์ทริกเป็นมอร์แดงก่อนย้อมสีพบว่าเฉพาะวิตามินซีที่ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง ส่วนสารอื่นที่ใช้ช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อแสงได้ 0.5 – 1 ระดับผ้าขนสัตว์มาตรฐาน

มาลี ตั้งสถิตกุลชัย และคณะ (2550) ศึกษาการสกัดการเกิดสารเชิงซ้อนของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝาง ในกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีสกัดจากฝาง สีสกัดจากฝางอยู่ในรูปสารละลายน้ำ ซึ่งผลการทดลองจากเทคนิค UV – Visible spectroscopy พบว่า ในสารละลายน้ำนั้นสีสกัดอยู่ในรูปของ บราซิลีน เนื่องจากลักษณะแถบการดูดกลืนแสงของสีสกัดในสารละลายน้ำมีลักษณะเช่นเดียวกับบราซิลีน ดังนั้นจึงนำบราซิลีนมาศึกษาการเกิดสารเชิงซ้อนกับสารช่วยติดสีหลายชนิดที่มีไอออนโลหะต่างชนิดกันได้แก่ Al^{3+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} และ Na^{+} ผลการทดลองพบว่า Al^{3+} จากสารส้มเป็นสารช่วยติดสีที่ทำให้เกิดสารเชิงซ้อนที่มีความเสถียรสูงในปริมาณที่มากและสารส้มราคาถูกจึงได้ใช้ Al^{3+} จากสารส้มมาทำการศึกษาอัตราส่วนการเกิดสารเชิงซ้อนกับบราซิลีนและกับสีสกัดจากแก่นฝางโดยวิธีการ Molar ratio และ Job's method ผลการทดลองพบว่ามีอัตราส่วน 1 : 2 และสารเชิงซ้อนมีโครงสร้างที่เป็นไปได้ คือ $[Al(Brazilcin)_2]^+$ ซึ่งมีประจุและมีความเสถียรสูงทำให้นำไปย้อมเส้นไหมจะมีแรงดึงดูดมากขึ้นทำให้สีติดแน่นและคงทนสวยงามกว่าเดิม

พนัสนิธิ มูลศรี (2547) ได้ทำการศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากแก่นไม้ขนุน ใช้อุณหภูมิในการย้อมคงที่ที่ 70 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้สารช่วยย้อมชนิดต่างๆ ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนตและกรดแทนนิกที่ความเข้มข้น 0 – 2 % โดย

น้ำหนักด้าย เดิมที่เวลาต่าง ๆ กัน คือ เดิมที่เวลาเริ่มต้น เดิมที่เวลา 20 นาที และเดิมที่เวลา 40 นาทีของการย้อม ใน 1 ชั่วโมง รวมทั้งการใช้มอร์แดนต์ทองแดงและมอร์แดนต์อะลูมิเนียมที่ความเข้มข้น 0.1–0.5 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบ คือย้อมโดยใช้มอร์แดนต์ก่อนย้อมสี ย้อมมอร์แดนต์พร้อมย้อมสี และย้อมมอร์แดนต์หลังย้อมสี ด้ายที่ผ่านการย้อมสีแล้วนำไปทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก ความคงทนของสีต่อแสง ความคงทนของสีต่อการขัดถู โดยใช้วิธีมาตรฐานในการทดสอบ จากการทดลองพบว่า ในการย้อมสีโดยใช้เกลือ กรดแทนนิก และมอร์แดนต์ทองแดงจะเพิ่มค่าการดูดซับสี ความคงทนของสีต่อแสง และความคงทนของสีต่อการขัดถู แต่การใช้มอร์แดนต์อะลูมิเนียมจะทำให้ความคงทนของสีต่อแสงลดลง

วสันต์ ประชุมของ (2546) ได้ทำการศึกษาการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากครั้ง การเตรียมน้ำย้อมใช้วิธีแช่ครั้งบดหยาบในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยใช้อัตราส่วนครั้งต่อน้ำ 1 กรัม ต่อ 10 มิลลิลิตร การย้อมใช้สารส้มเป็นสารช่วยติด โดยทำการย้อมก่อนการย้อมสีและหลังการย้อมสี ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ค่าความเป็นกรด – เบสของน้ำย้อม 3 ค่า อุณหภูมิ และเวลาในการย้อมและความเข้มข้นของสารช่วยติดสี ระหว่าง 0.01 – 0.1 % น้ำหนักด้าย ระหว่างการย้อมใช้วิธีทางสเปกโตรโฟโตเมตรีในการติดตามการดูดซับสี เส้นด้ายที่ย้อมแล้วได้นำไปทำการวัดสี ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง พบว่าสีของน้ำย้อมเปลี่ยนแปลงตามความเป็นกรด – เบสของน้ำย้อม การดูดกลืนแสงมากที่สุดของน้ำย้อมที่ pH ของน้ำย้อม เท่ากับ 5.4 และปรับค่า pH ของน้ำย้อมเท่ากับ 7 และ 9 มีค่าความยาวคลื่นแสง 490 , 515 และ 525 นาโนเมตรตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมด้ายฝ้ายคือ ย้อมในมอร์แดนต์ที่มี pH ไม่เกิน 7 ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 45 นาที ทำการย้อมมอร์แดนต์อะลูมิเนียมก่อนการย้อมสี พบว่าสีแดงที่ได้จะมีความสว่างเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มค่า pH ของน้ำย้อม และสีแดงจะออกม่วงมากขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดนต์แต่ความคงทนของสีทั้งต่อการซักและต่อแสงจะลดลง

สกุลตรา ธรรมจง (2546) ได้ทำการศึกษาสัณฐานสีย้อมธรรมชาติจากดอกอัญชันและเปลือกต้นแค การย้อมมอร์แดนต์มี 2 แบบ คือ Pre – mordant และ After – mordant การสกัดสีย้อมผ้าฝ้ายจากดอกอัญชันใช้อัตราส่วนของดอกอัญชันต่อน้ำ 1 : 20 สกัดที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 45 นาที น้ำสีที่ได้มีเจดสีน้ำเงินม่วง มีค่า pH 7.0 – 8.0 เมื่อนำน้ำสีมาวัดด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 0.222 ในขั้นตอนการย้อมได้ใช้ Acetic acid เป็นสารช่วยย้อม นำมาทดสอบความคงทนต่อการซักที่อุณหภูมิ 42 ± 2 °C เป็นเวลา 30 นาที ผลที่ได้พบว่าสีย้อมจากดอกอัญชันไม่มีความคงทนต่อการซัก การสกัดสีย้อมจากเปลือกต้นแคใช้อัตราส่วนเปลือกต้นแคต่อน้ำ 1 : 10 สกัดที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 45 นาทีน้ำสีที่สกัดได้มีเจดสีน้ำตาลแดง มีค่า pH 6.0 – 7.0 เมื่อนำน้ำสีมาวัดด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 0.388 ที่ความยาว

คลื่น 287.5 นาโนเมตร ในขั้นตอนการย้อมได้ใช้ Sodium sulphate เป็นสารช่วยย้อม นำมาทดสอบความคงทนต่อการซักที่อุณหภูมิ $42 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ผลที่ได้พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมโดยเปลือกต้นแคและใช้ Copper sulphate ทำการย้อมแบบ After – mordant ให้ค่าความคงทนต่อการซักในระดับดี

หทัยรัตน์ กองศิริเรือง (2546) ได้ศึกษาทดลองการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ โดยการสกัดสีย้อมจากดอกคำฝอยและแก่นขนุน การสกัดน้ำสีจากดอกคำฝอย ใช้อัตราส่วน 1 : 30 สกัดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง น้ำที่สกัดได้มีลักษณะเป็นสีเหลือง มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.80 – 6.20 นำน้ำสีที่สกัดได้มาวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 401.5 นาโนเมตร พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 0.755 นำผ้าฝ้ายมาย้อม แล้วทดสอบความคงทนต่อการซัก พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากดอกคำฝอยไม่มีความคงทนต่อการซัก สำหรับการสกัดน้ำสีจากแก่นขนุน ใช้อัตราส่วน 1 : 20 สกัดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง น้ำสีที่สกัดได้มีลักษณะเป็นสีเหลืองมีค่า pH ในช่วง 7.20 – 7.90 นำน้ำสีที่สกัดได้มาวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 287.5 นาโนเมตร พบค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดคือ 0.257 นำผ้าฝ้ายมาย้อมโดยการทำมอร์แดนท์ซึ่งการย้อมแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นการทำมอร์แดนท์ก่อนการย้อม และกลุ่มที่ 2 เป็นการทำมอร์แดนท์หลังการย้อม นำมาทดสอบความคงทนต่อการซัก พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากแก่นขนุน โดยใช้มอร์แดนท์ที่เป็นโพแทสเซียมไดโครเมต แบบการทำมอร์แดนท์หลังการย้อมมีค่าความคงทนต่อการซักในระดับดี เมื่อเทียบกับเกรย์สเกล

สุริย์ พุตระกูล และคณะ (2543) ได้ศึกษาการพัฒนาสีย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือตอนบนโดยเน้นหนักสีหลัก 3 สี คือ สีแดงจากรากขมิ้นและครั่ง สีเหลืองจากขมิ้น และสีน้ำเงินจากครามและย้อม ได้ทำการสกัดสารให้สีแยกบริสุทธิ์ ศึกษาโครงสร้างและสมบัติทางเคมีและกายภาพ ศึกษาการแปรรูปสารสีให้อยู่ในรูปที่ใช้งานได้ง่ายและสะดวกแก่การเก็บรักษาและขนส่ง ศึกษาการเตรียมน้ำย้อมและวิธีการย้อมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สีย้อมเป็นสีที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดจนการใช้น้ำสีอย่างมีประสิทธิภาพ ได้ทำการสกัดสีจากรากขมิ้นและขมิ้นด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ในชุดสกัดแบบต่อเนื่องและแยกให้สีหลักโดยคอลัมน์โครมาโทกราฟี พบว่ามีปริมาณ 1.5 % และ 5.8 % ของพืชสดแห้งตามลำดับ สารให้สีครั้งสกัดโดย 0.5 M Na_2CO_3 ได้สารให้สีหลักประมาณ 9 % ของน้ำหนักครั้งแห้ง สารให้สีหลักจากครามและย้อมที่ได้จากการหมักด้วยน้ำมียู่ประมาณ 2.8 % ของใบพืชสด การศึกษาทางเคมีและกายภาพของสารให้สีของวัตถุดิบดังกล่าวพบว่า สารให้สีแดงจากรากขมิ้นและครั่งเป็นสารกลุ่มแอนทราควิโนน ซึ่งมีโครงสร้างเป็นมอร์ริน โดนและกรดแลคเคอิก ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 446 และ 518 นาโนเมตรตามลำดับ ละลายได้ดีในน้ำค้าง มีความคงทนต่อความร้อนและแสง สารให้สีหลักในขมิ้นคือ เคอร์คิวมิน ละลายได้ดีใน

น้ำค้าง มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ช่วงความยาวคลื่น 423 นาโนเมตร มีความคงทนต่อความร้อนและไม่ทนแสง สารให้สีหลักที่สกัดได้จากครามและฮ้อม คือ อินดิโกทิน ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 2 องค์ประกอบ คือสารให้น้ำเงินและสารให้สีแดง โดยสารให้สีแดงจะมีปริมาณมากกว่าสารสีน้ำเงินในอัตราส่วน 5:2 และมีความคงตัวในบรรยากาศได้ดีกว่าสารสีน้ำเงิน สารสีน้ำเงิน คือ อินดิโกทิน ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 611 นาโนเมตร ละลายได้ดีในคลอโรฟอร์มและมีความคงทนต่อแสงน้อย ส่วนสารสีแดงมีโครงสร้างทางเคมีเป็นอินดิรูบิน มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 535 นาโนเมตร ละลายได้ดีในเอทานอลและคลอโรฟอร์ม มีความคงทนต่อความร้อนและแสงได้ดี

ณัฐพงษ์ คำฟู (2542) ได้ทำการศึกษาศาสตร์การย้อมด้วยฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากแก่นขนุน และเมล็ดกาแฟ โดยใช้สารช่วยติด คือ คอปเปอร์ซัลเฟตและโปแตสเซียมไดโครเมต ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ เวลาและปริมาณสารช่วยติด ได้ใช้วิธีทางสเปกโตรโฟโตเมตรีในการหาค่าการดูดซับสี และเส้นด้ายที่ย้อมได้จะถูกนำมาทดสอบความคงทนของสีย้อมที่ได้ต่อการซักและการติดสีบนผ้าขาว ด้ายฝ้ายที่ใช้ในการศึกษามี 2 ชนิด คือ ด้ายปั่นมือ และด้ายเบอร์ 10/1 ซึ่งจะทำความสะดวกก่อนย้อมด้วยน้ำสบู่หรือด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์กับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ผลการทดลองสรุปได้ว่าภาวะที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการย้อมด้วยน้ำย้อมแก่นขนุน คือ การย้อมที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 60 นาที และคอปเปอร์ซัลเฟต 3 % ของน้ำหนักเส้นด้าย ทำความสะอาดด้วยสบู่และ 1 % ของน้ำหนักเส้นด้าย เมื่อดำยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พร้อมกับการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สีที่ย้อมได้เป็นสีเหลือง แต่การย้อมด้วยโปแตสเซียมไดโครเมตจะให้สีเหลืองแกมเขียว ส่วนการย้อมโดยไม่ใช้สารช่วยติดที่อุณหภูมิห้องให้สีสว่างมากกว่า การทดลองที่สถานะอื่นๆ แต่คุณสมบัติหลังการย้อมด้อยกว่าการย้อมโดยใช้สารช่วยติด สำหรับการย้อมด้วยน้ำย้อมจากเมล็ดกาแฟ สถานะการย้อมที่เหมาะสม คือ ย้อมที่อุณหภูมิ 65 °C นานเป็นเวลา 70 นาที ใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในปริมาณ 1 % ของน้ำหนักเส้นด้าย ได้สีเหลืองออกเขียวส่วนการย้อมโดยใช้โปแตสเซียมไดโครเมตได้สีผสมเหลือง - เขียวมีสีสดใสมากกว่าแต่การดูดซับสีน้อยกว่า

MontraChairatและคณะ (2008) ได้ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับสีย้อมครั้งบนเส้นฝ้ายการศึกษาจลนพลศาสตร์ของการดูดซับสีย้อมครั้งบนผ้าฝ้ายได้ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขของการย้อมสี pH3.0, MLR1:100 และความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้น $480 \pm 10 \text{ mg/L}$ ปฏิริยาอันดับหนึ่งเสมือนและอันดับสองเสมือนแบบจำลองจลนพลศาสตร์มาใช้ในการตรวจสอบข้อมูลการดูดซับพบว่า จลนพลศาสตร์ของการดูดซับของการย้อมสีครั้งบนผ้าฝ้ายด้วยการควบคุมค่า pH เป็นไปตามปฏิริยาเทียมอันดับสองเสมือน โดยมีค่าของพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 42.4 kJ/mol

ChutimaSeptumและคณะ (2007) ได้ศึกษา UV-vis spectroscopy ของสีย้อมธรรมชาติโดยใช้สารส้มเป็นมอร์แดนท์ โครงสร้างของสารประกอบระหว่างสารส้มกับมอร์รีนและเคอร์ซีทิน

ในสารละลายที่มีการควบคุมค่า pH และไม่มี การควบคุมค่า pH พบว่า Stoichiometries ของสารประกอบเชิงซ้อนได้รับการประเมินโดยใช้วิธีอัตราส่วนโมล อัตราส่วนความเข้มข้นของสารสัมพันธ์กับ Morin และ Quercetin โดยไม่ต้องมีการควบคุมค่า pH ที่ 3:2 และ 1:1 ตามลำดับในระบบบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปริมาณสัมพันธ์ของสารสัมพันธ์กับ Morin และ Quercetin คือ 1:1 และ 1:1 ตามลำดับการก่อตัวของความร้อนของสารเชิงซ้อนที่ได้รับโดยวิธี Semi-empirical PM3 แสดงให้เห็นว่าสารเชิงซ้อนที่เสนอสามารถเกิดขึ้นในเกณฑ์ดี

Padma S. Vankar และคณะ (2007) ได้ศึกษาเอนไซม์ยับยั้งธรรมชาติของผ้าฝ้ายและผ้าไหมโดยไม่ต้องใช้มอร์แดนท์ การยับยั้งสีผ้าฝ้ายและผ้าไหมด้วยธรรมชาติโดยใช้อัลตราโซนิกแบบสองขั้นตอน, Terminalia arjuna, Punica granatum และ Emodirheum ได้รับการพัฒนาด้วยเอนไซม์เป็น Complexed กับกรดแทนนิกเป็นขั้นแรกของการปรับสภาพ การเปรียบเทียบครั้งนี้พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนเดียวคือยับยั้งสีพร้อมกัน ประสิทธิภาพของเอนไซม์สามชนิด คือ Protease – อะไมเลส Diastase และเอนไซม์ไลเปสได้ถูกกำหนด เอนไซม์ตัวอย่างช่วยให้การดูดซับสีย้อมเร็วขึ้นและการดูดซับรวมสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมเอนไซม์ทั้งสามชนิดนี้ ค่า CIELAB ยังแสดงให้เห็นการปรับปรุงโดยเอนไซม์ วิธีการรวมกรดแทนนิก – เอนไซม์ – สีย้อม เป็นอีกทางเลือกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้มอร์แดนท์โลหะในการยับยั้งสีธรรมชาติ

Nahed S.E. Ahmed (2005) ได้ศึกษาผลการใช้ Sodium edate ในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมรีแอคทีฟโดยศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เกลืออินทรีย์ (โซเดียม อีเดท) ในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟแทนเกลืออนินทรีย์ (โซเดียมซัลเฟต) และอยู่ในสถานะที่ไม่มีค่าการศึกษาในครั้งนี้จะเปรียบเทียบผลการใช้โซเดียมอีเดทและโซเดียมซัลเฟตในการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมรีแอคทีฟโดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการย้อม เช่น ความเข้มข้นของเกลือ ความเข้มข้นของเบส การใช้สารผสมอิเล็กโทรไลต์ เวลาในการย้อม และอุณหภูมิ ความเข้มข้นของสีและสมบัติความคงทนของผ้าย้อมเมื่อใช้โซเดียมอีเดทเปรียบเทียบกับโซเดียมซัลเฟต ผลการศึกษาโดยรวมชี้ให้เห็นว่าโซเดียมอีเดทมีประสิทธิภาพในการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีรีแอคทีฟดีกว่าการใช้โซเดียมซัลเฟต

Sorapong Janhom และคณะ (2004) ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดซับสีครั้งบนเส้นใยผ้าฝ้ายโดย Poly (Ethyleneimine) ผลของ Poly (Ethyleneimine) (PEI) ในการดูดซับและหลุดออกของสีครั้ง (สีธรรมชาติ 25 : CI 75450) บนผ้าฝ้ายเป็นรายงานที่แสดงให้เห็นว่า PEI ช่วยเพิ่มการดูดซับสีครั้งและลดการดูดซับสีย้อมใด ๆ หลุดออกมาจากการย้อมสีครั้งบนผ้าฝ้าย ที่สมดุลอัตราส่วนของจำนวนของโมเลกุลของสีย้อมครั้งต่อหน่วยซ้ำ Ethyleneimine คือ -1 ในสารละลาย แต่จำนวนหน่วยซ้ำมีค่าใกล้เคียงกับ 3.5 เมื่อ PEI ดูดซับฟ้าย โครงสร้างมีสมบัติของไฟฟ้าสถิตผล

ของโซเดียมคลอไรด์ต่อการดูดซับและหลุดออกของสีครั้งบนผ้าฝ้ายพบว่าปริมาณการดูดซับสีครั้งบนผ้าฝ้ายเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายสีครั้ง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการย้อมเส้นฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ ได้แก่ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการย้อม ชนิดและความเข้มข้นของมอร์แดนท์ กรรมวิธีในการย้อม มอร์แดนท์ มีผลต่อความเข้มสี ความคงทนต่อแสง และต่อการซัก โดยเฉพาะการย้อมโดยใช้มอร์แดนท์ จะทำให้ได้ความเข้มสีที่เข้มข้น และมีความแตกต่างกัน ให้ความคงทนต่อแสง และต่อการซักดีกว่า การย้อมแบบไม่ใช้มอร์แดนท์ จากปัญหาที่พบในการย้อมเส้นฝ้ายส่วนใหญ่ คือ การติดสีไม่ดี ค่าความเข้มสีไม่สม่ำเสมอ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของมอร์แดนท์ที่มีต่อการย้อมสีจากเปลือกประดู่บนเส้นฝ้าย โดยเลือกเป็นกรณีศึกษาของกลุ่มแม่บ้านหัตถกรรมทอผ้าบ้านทุ่งกล้วย หมู่ที่ 5 ตำบลทุ่งกล้วย อำเภอกู่ช้าง จังหวัดพะเยา

