

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความหมายของสี

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสี (Introduction to Colour)

สี เป็นสิ่งที่ปรากฏอยู่บนโลก ทุกๆสิ่งที่เรามองเห็นรอบๆตัวนั้น ล้วนแต่มีสี โลกของเราถูกจรรโลงและแต่งแต้มด้วยสีสันหลายหลาก ทั้งสีสันตามธรรมชาติและสีที่มนุษย์รังสรรค์ขึ้น หากโลกนี้ไม่มีสีหรือมนุษย์ไม่สามารถรับรู้เกี่ยวกับสีได้ สิ่งนี้อาจเป็นความบกพร่องที่ยิ่งใหญ่ของธรรมชาติ เพราะสีมีความสำคัญต่อวัฏจักรแห่งโลกและเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตมนุษย์แยกกันไม่ออก เพราะมนุษย์ได้ตระหนักแล้วว่า สีสันส่งผลต่อความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ จินตนาการ การสื่อความหมายและความสุขสำราญใจในชีวิตประจำวันมาช้านานแล้ว ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า สีมีอิทธิพลต่อมนุษย์เราเป็นอย่างสูงและมนุษย์ก็ใช้ประโยชน์จากสีอย่างเอนกอนันต์ในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ความหมายและการเกิดสี คำว่า สี (Colour) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน หมายถึง ลักษณะของแสงที่ปรากฏแก่สายตาเราให้เห็นเป็น สีขาว ดำ แดง เขียว ฯลฯ หรือการสะท้อนรังสีของแสงมาสู่ตาเรา สีที่ปรากฏในธรรมชาติเกิดจากการสะท้อนของแสงสว่างที่ตกกระทบกับวัตถุแล้วเกิดการหักเหของแสง (Spectrum) สีเป็นคลื่นแสงชนิดหนึ่งซึ่งปรากฏให้เห็นเมื่อแสงผ่านละอองไอน้ำในอากาศหรือแท่งแก้วปริซึมปรากฏเป็นสีต่างๆรวม 7 สี ได้แก่ สีแดง ม่วง ส้ม เหลือง น้ำเงิน คราม และเขียว เรียกว่า สีรุ้ง ที่ปรากฏบนท้องฟ้าตามธรรมชาติ ในแสงนั้นมีสีต่างๆรวมกันอยู่อย่างสมดุลเป็นแสงสีขาว เมื่อแสงกระทบกับสีของวัตถุก็จะสะท้อนสีวัตถุนั้นออกมาเข้าตาเรา วัตถุสีขาวจะสะท้อนได้ทุกสี ส่วนวัตถุสีดำนั้นจะดูดกลืนแสงไว้ ไม่สะท้อนสีใดออกมาเลย

2. การรับรู้เรื่องสี (Colour Perception) การรับรู้ต่อสีของมนุษย์เกิดจากการมองเห็น โดยใช้ตาเป็นอวัยวะรับสัมผัส ตาจะตอบสนองต่อแสงสีต่างๆโดยเฉพาะแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ และจากดวงไฟทำให้มองเห็น โดยเริ่มจากแสงสะท้อนจากวัตถุผ่านเข้านัยน์ตา ความเข้มของแสงสว่างมีผลต่อการเห็นสีและความคมชัดของวัตถุ หากความเข้มของแสงสว่างปรกติ จะทำให้มองเห็นวัตถุชัดเจน แต่หากความเข้มของแสงสว่างมีน้อยหรือมีดจะทำให้มองเห็นวัตถุไม่ชัดเจนหรือพร่ามัว นักวิทยาศาสตร์ได้เคยทำการศึกษาเกี่ยวกับความไวในการรับรู้ต่อสีต่างๆของมนุษย์ปรากฏ

ว่า ประสาทสัมผัสของมนุษย์ไวต่อการรับรู้สีแดง สีเขียว และสีม่วงมากกว่าสีอื่นๆ ส่วนการรับรู้ของเด็กเกี่ยวกับสีนั้น เด็กส่วนใหญ่จะชอบภาพที่มีสีสะอาดสดใสมากกว่าภาพขาวดำ ชอบภาพหลายๆสีมากกว่าสีแดงและชอบภาพที่เป็นกลุ่มสีร้อนมากกว่าสีเขียว (โกสุม สายใจ, 2540) ตาของคนปกติจะสามารถแยกแยะสีต่างๆได้ถูกต้อง แต่หากมองเห็นสีนั้นๆเป็นสีอื่นที่ผิดเพี้ยนไป เรียกว่า ตาบอดสี เช่น เห็นวัตถุสีแดงเป็นสีอื่นที่มีใช้สีแดง ก็แสดงว่าตาบอดสีแดง หากเห็นสีน้ำเงินผิดเพี้ยน แสดงว่าตาบอดสีน้ำเงิน เป็นต้น ซึ่งตาบอดสีเป็นความบกพร่องทางการมองเห็นอย่างหนึ่ง บุคคลใดที่ตาบอดสีก็จะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานบางประเภทได้ เช่น งานศิลปะ งานออกแบบ การขับรถ ขับเครื่องบิน งานด้านวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. จิตวิทยาสีกับความรูสึก (Psychology of Colour) ในด้านจิตวิทยา สีเป็นตัวกระตุ้นความรู้สึกและมีผลต่อจิตใจของมนุษย์ สีต่างๆจะให้ความรู้สึกที่แตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงมักใช้สีเพื่อสื่อความรู้สึกและความหมายต่างๆ ได้แก่

- สีแดง ให้ความรู้สึกเร้าร้อน รุนแรง อันตราย ตื่นเต้น
- สีเหลือง ให้ความรู้สึก สว่าง อบอุ่น แจ่มแจ้ง ร่าเริง ศรัทธา มั่งคั่ง
- สีเขียว ให้ความรู้สึก สดใส สดชื่น เย็น ปลอดภัย สบายตา มั่งหวัง
- สีฟ้า ให้ความรู้สึก ปลอดภัย โป่ง แจ่มใส กว้าง ปราดเปรื่อง
- สีม่วง ให้ความรู้สึก เศร้า หม่นหมอง ลึกลับ
- สีดำ ให้ความรู้สึก มีดมืด เศร้า น่ากลัว หนักแน่น
- สีขาว ให้ความรู้สึก บริสุทธิ์ ผุดผ่อง ว่างเปล่า จืดชืด
- สีแสด ให้ความรู้สึก สดใส ร้อนแรง เจิดจ้า มีพลัง อำนาจ
- สีเทา ให้ความรู้สึก เศร้า เศียบขรึม สงบ แก่ชรา
- สีน้ำเงิน ให้ความรู้สึก เศียบขรึม สงบสุข จริงจัง มีสมาธิ
- สีน้ำตาล ให้ความรู้สึก แข็งแรง ไม่สดชื่น น่าเบื่อ
- สีชมพู ให้ความรู้สึก อ่อนหวาน เป็นผู้หญิง ประณีต ร่าเริง
- สีทอง ให้ความรู้สึก มั่งคั่ง อุดมสมบูรณ์

2.1.2 ประเภทของสี สีมีอยู่ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวเรา สีที่ปรากฏอยู่ในโลกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สีที่เกิดในธรรมชาติ มีอยู่ 2 ชนิดคือ

ก. สีที่เป็นแสง (Spectrum) คือ สีที่เกิดจากการหักเหของแสง เช่น สีรุ้ง สีจากแท่งแก้ว

ปริซึม

ข. สีที่อยู่ในวัตถุหรือเนื้อสี (Pigment) หรือสีธรรมชาติ คือ สีที่มีอยู่ในวัตถุธรรมชาติทั่วไป เช่น สีของพืช สัตว์ หรือแร่ธาตุต่างๆ สีย้อมที่มาจากส่วนประกอบของพืช เช่น ลำต้น ใบ ดอก เปลือก เป็นต้น

2.2 สีที่มนุษย์สร้างขึ้น (synthetic dyestuffs) คือ สีที่ได้จากการสังเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ เช่น งานศิลปะ อุตสาหกรรม การพาณิชย์ และในชีวิตประจำวัน โดยสังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติและจากสารเคมี ที่เรียกว่า สีวิทยาศาสตร์ ซึ่งสีที่ได้จากการสังเคราะห์สามารถนำมาผสมกันให้เกิดเป็นสีต่างๆอีกมากมาย

2.1.3 แหล่งที่มาของสีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากพืชหรือสัตว์และแร่ธาตุ การย้อมผ้าด้วยสีย้อมธรรมชาติเป็นภูมิปัญญาของชาวบ้านที่ได้มีการสืบทอดกันมาช้านาน วัตถุประสงค์ของการใช้สีย้อมและการช่วยให้ติดสีจากธรรมชาติคือ ต้องการหลีกเลี่ยงอันตรายจากสารเคมี เมื่อเวลาสวมใส่เสื้อผ้าจะไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิว สีย้อมจากธรรมชาติมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องเจดสีคือ มีเจดสีน้อย สีที่ได้จากการย้อมแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน การติดสีไม่คงทน ขั้นตอนในการสกัดย้อมและใช้เวลาในการสกัดนาน ส่วนมากชาวบ้านนิยมใช้สีสังเคราะห์มาย้อมผ้า เพราะเป็นขั้นตอนที่ทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ติดได้ดี มีสีสันทากหลาย หลายเจดสี มีความคงทนต่อการซักล้างและทนต่อแสงแดด แต่การใช้สีสังเคราะห์ในขั้นตอนการย้อมจะทำให้ผ้าเสีย เนื่องจากการย้อมสีจะมีโลหะหนัก จำพวก โครเมียม ดีบุก และ ตะกั่ว ซึ่งจะก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม สีสังเคราะห์บางชนิดที่ใช้ในการย้อมผ้าเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง สำหรับสีย้อมธรรมชาติที่มีให้เห็นกันในธรรมชาติ เช่น สีเหลืองที่ได้จากหัวขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย แก่นไม้พุด ดอกกระดังงา รากฝาง ใบมะขาม ผลดิบมะตูม เปลือกมะขามป้อม เปลือกผลมังคุด ดอกพกากรอง เปลือกประโศก แก่นแข ใบเสียด แก่นแค แก่นฝรั่ง หัวไพล แก่นสุพรรณิการ์ แก่นต้นปีป ต้นมหาภาพ ใบจี่เหล็ก แก่นขนุน ลูกมะตวย ต้นสะตือ ใบเทียนกิ่ง สีแดงที่ได้จากครั่ง รากข่อยป่า มะไฟ เมล็ดคำแสด แก่นฝาง เปลือกสมอ ไม้เหมือด เม็ดสะตือ ใบสัก เปลือกสะเดา ดอกมะลิวัลย์ แก่นกะหล่ำ แก่นประคู้ เปลือกส้มเขียว สีน้ำเงินที่ได้จากคราม ส้อม มะนูก ใบบวบ เปลือกเพกา เปลือกต้นมะริด เปลือกสมอ เปลือกกระหูดใบเถียน เปลือกสมอทิเกก ใบตะขบ สีเขียวที่ได้จากใบหูกวาง เปลือกสมอ และเปลือกต้นเพกา เป็นต้น (เทียนศักดิ์, 2535)

สีย้อมธรรมชาติที่มีการใช้ในอดีตนั้นมักได้มาจากพืช สัตว์ และแร่ธาตุต่างๆ โดยมีการพัฒนา มีการสืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น สีในการประกอบอาหารและขนม ใช้ในการ

ย้อมสีสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่ม การย้อมเครื่องมือและเครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องมือดักจับสัตว์น้ำ การใช้เขม่าหรือควันไฟรมเครื่องจักรสานเพื่อให้เกิดสีและเพิ่มความทนทานและนอกจากนั้นยังมีการใช้สีธรรมชาติในการวาดภาพอีกด้วย

2.1.4 ปัจจัยที่ทำให้มีการใช้สีย้อมธรรมชาติ

1. กระแสความต้องการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในการย้อมสีธรรมชาติซึ่งเป็นหนึ่งในภูมิปัญญาชาวบ้านให้ได้รับการสืบทอดและคงอยู่ในสังคมสืบไป โดยได้รับการสนับสนุนจากทั้งภาครัฐ เอกชนและประชาชนทั่วไปเพื่อดำรงภูมิปัญญาการย้อมสีธรรมชาติ

2. ปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้สีสังเคราะห์และสารเคมีในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีและปนเปื้อนในน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อมทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

3. ปัญหาความไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานฟอกย้อมที่เกิดจากการสัมผัสกับสารเคมีและสีสังเคราะห์ โดยเฉพาะสีสังเคราะห์บางประเภทที่เป็นสารก่อมะเร็ง

4. การให้ความสนใจต่อความปลอดภัยและอันตรายของสารเคมีที่ตกค้างบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ทำให้มีการกำหนดชนิดสีสังเคราะห์ที่ใช้กับสิ่งทอแต่ละประเภททำให้เกิดความระมัดระวังในการใช้สิ่งทอที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์และทำให้ผู้บริโภคหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติดังมากขึ้น

5. การตื่นตัวด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ทำให้เกิดค่านิยมต่อต้านสินค้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หันมานิยมสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือ "ผลิตภัณฑ์ฉลาดเขียว" เพิ่มมากขึ้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553)

2.1.5 เคมีของสีธรรมชาติ

การที่มนุษย์มองเห็นสีต่างๆ กันได้เนื่องจากความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ ไม่เท่ากันและขึ้นกับตาที่สามารถปรับและเฉลี่ยค่าซึ่งสะท้อนออกมาจากวัตถุพร้อมๆ กัน แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นคลื่นและอนุภาพ ดังนั้น แสงจึงมีความยาวคลื่นเป็นลักษณะเฉพาะตัวความยาวคลื่นของแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นมีค่าอยู่ประมาณ 400-700 นาโนเมตร แสงสีแดงจะมีความยาวคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร หากต้นกำเนิดปล่อยแสงสีเขียวและแสงสีแดงปล่อยมาพร้อมๆ กันตาของเราจะมองเห็นเป็นสีแดง ซึ่งปรากฏการณ์นี้ตรงข้ามกับการนำสีทาบ้านหรือสำหรับระบายภาพสีเขียวและสีแดงมาผสมกันซึ่งจะได้สีคล้ำๆ หรือสีดำการดูดกลืนสีเป็นหน้าที่ของโมเลกุลสารเคมีที่มีอยู่ในพืช สัตว์ หรือวัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติทุกชนิดรวมถึงวัตถุสังเคราะห์ด้วย โดยสารเคมีเหล่านี้มีโครงสร้างต่างกัน แต่ละโครงสร้างจะมีลักษณะเฉพาะในการดูดกลืนแสงที่มี

ความยาวคลื่นหนึ่งๆ การที่เรามองเห็นผ้าสีแดง เนื่องจากสีแดงที่ใช้ย้อมผ้าจะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น ส่วนสีขาวยังสะท้อนแสงทุกๆ ความยาวคลื่นซึ่งเมื่อรวมกันก็จะเห็นเป็นสีขาว

สีย้อมธรรมชาติได้มาจากการนำส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ผล ราก เปลือก แก่น หรือผลิตภัณฑ์ของสัตว์ เช่น ครั่งและจุลินทรีย์ที่ผลิตสีมาต้มสกัดสี สีย้อมจะเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนต่ออยู่กับอะตอมของธาตุอื่นๆ ส่วนมากเป็น ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และกำมะถัน จัดอยู่ในสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นวงและมีโครงสร้างประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน (benzene ring) หรือเบนโซควิโนอยด์ (benzoquinoid hydrocarbon) ตามปกติเบนซีนไม่มีสีแต่หากมีกลุ่มของอะตอมอื่นๆ เหมาะสมมาแทนที่อะตอมของไฮโดรเจนอะตอมใดอะตอมหนึ่งหรือหลายอะตอมในวงเบนซีนจะได้สารประกอบที่มีสีซึ่งนำมาใช้เป็นสีย้อม สีย้อมอาจประกอบด้วยวงแหวนเบนซีนเพียงวงเดียวหรือมากกว่า ลักษณะและคุณสมบัติของสีย้อมขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลและตำแหน่งของอะตอมอื่นๆ มาเกาะติดอยู่บนตำแหน่งต่างๆ ของโครงสร้างนั้นๆ การที่สีย้อมทำให้เกิดสีได้เนื่องมาจากกลุ่มของอะตอมที่ทำให้เกิดสีมีการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่นต่างๆ (จิราภรณ์, 2525) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความยาวคลื่นของแสงที่ถูกดูดกลืน

| ความยาวคลื่นของแสงที่ถูกดูดกลืน (นาโนเมตร) | สีที่ถูกดูดกลืน | สีที่มองเห็น |
|--|-----------------|----------------|
| 380-435 | ม่วง | เขียวอมเหลือง |
| 435-480 | น้ำเงิน | เหลือง |
| 480-490 | น้ำเงินอมเขียว | ส้ม |
| 490-500 | เขียวอมน้ำเงิน | แดง |
| 500-560 | เขียว | ม่วงแดง |
| 560-580 | เขียวอมเหลือง | ม่วง |
| 580-595 | เหลือง | น้ำเงิน |
| 595-650 | ส้ม | น้ำเงินอมเขียว |
| 650-780 | แดง | เขียวอมน้ำเงิน |

ที่มา : แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม, 2535 หน้า 27

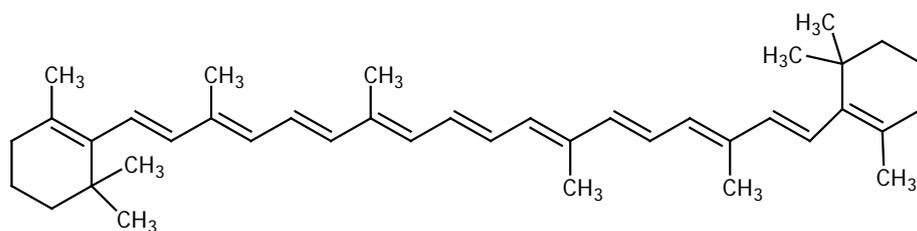
2.1.6 สีย้อม (Dyestuff)

คือ สีชนิดหนึ่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ สีย้อมที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์มีลักษณะเป็นผลึกหรือเป็นผงละเอียดที่สร้างมาเพื่อดูดซึมหรือดูดซับโดยให้อยู่ในผิวหน้าของวัตถุ แล้วเกิดการแพร่และแทรกซึมเข้าสู่ภายใน โครงสร้างของวัตถุ เพื่อทำให้วัสดุนั้นเกิดสีขึ้นมา สีย้อมบางชนิดละลายน้ำได้และบางชนิดไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อนำไปใช้ในกระบวนการย้อมทำให้โมเลกุลของสีจะซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างของเส้นใย โดยโมเลกุลของสีจะสร้างพันธะไอออนิก (Ionic bond) หรือพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) กับวัตถุที่ใช้ในการย้อมโดยตรง

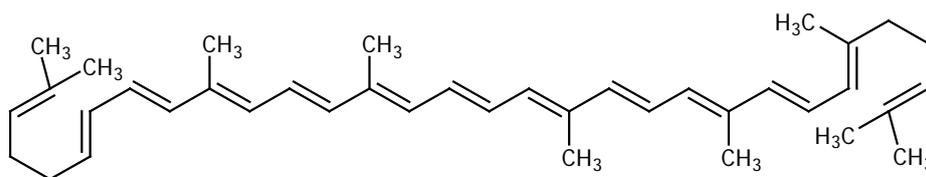
2.1.7 ส่วนประกอบทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติ

เนื่องจากในพืชนั้นมีสารที่ให้สีที่แตกต่างกัน ทำให้มีสีแตกต่างกันซึ่ง Sepuin Frey (1918) ได้กล่าวถึงสารที่ให้สีที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1) สารประกอบแคโรทีนอยด์ แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบในคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) และโครโมพลาสต์ (Chromoplast) ของผลไม้ ดอกไม้และใบของพืชและยังพบได้ในสัตว์ จุลชีพที่สังเคราะห์แสงได้และสาหร่าย ส่วนที่พบทั่วไปในธรรมชาติแคโรทีนอยด์ในพืชจะดูดกลืนพลังงานแสงเพื่อส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและเป็นตัวจับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจึงปกป้องพืชจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอันเนื่องมาจากแสง (photooxidation) และยังป้องกันการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระ โครงสร้างโมเลกุลของแคโรทีนอยด์ประกอบด้วยหน่วยไอโซพรีน (Isoprene unit) จำนวน 8 หน่วย ที่เกิดพันธะโควาเลนต์กันและทำให้เกิดคอนจูเกชันของพันธะคู่เป็นสายยาว (Extensive conjugated double bond) ซึ่งระบบคอนจูเกชันนี้เองที่ทำให้แคโรทีนอยด์สามารถดูดกลืนพลังงานแสงอัลตราไวโอเล็ตและแสงสีขาวยังจะทำให้แคโรทีนอยด์เป็นสารที่มีสีและมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โมเลกุลของแคโรทีนอยด์อาจเป็นเส้นตรงดังที่พบในไลโคพีน (Lycopene) หรือเป็นวงแหวน (ring) ที่ปลายโซ่ของโมเลกุลดังที่พบในเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) สามารถจำแนกแคโรทีนอยด์เป็น 2 กลุ่มคือ hydrogenated และ oxygenated carotenoid derivatives โดยกลุ่ม hydrogenated carotenoid derivatives หรือกลุ่มแคโรทีน (carotene) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยสายไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ทำให้เป็นสารไม่มีขั้วและละลายได้ในไขมันตัวอย่างแคโรทีนอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ เบต้าแคโรทีนและไลโคพีน เป็นต้นดังภาพที่ 2.1 ส่วนกลุ่มที่ 2 คือกลุ่ม oxygenated carotenoid derivatives หรือกลุ่มแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) นั้นมีอะตอมของออกซิเจนอยู่โมเลกุลจึงมีขั้วมากกว่าและละลายในไขมันได้น้อยกว่าแคโรทีนอยด์กลุ่มแรก ตัวอย่างแคโรทีนอยด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ลูทีน (lutein) ซีแซนทิน (zeaxanthin) และแอสตาแซนทิน (astaxanthin)



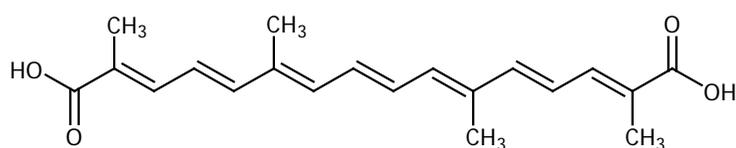
Beta-carotene



Lycopene

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของ hydrogenated carotenoid derivatives (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

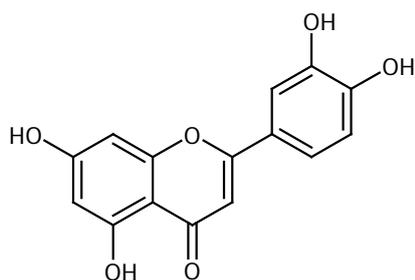
2) สารประกอบเทอร์ปีนอยด์หรือไอโซพรีนอยด์ (Terpenoids or Isoprenoids) เป็นสารที่มาจากการรวมตัวของหน่วยไอโซพรีน (C_5H_8) ที่ต่อกันด้วย หัว-หาง สารในกลุ่มนี้จะเป็นสารที่มีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยวมาก เช่น crocetin จากหญ้าฝรั่น (Saffron) ให้สีเหลือง และ Bixin จากเมล็ดคำแสดให้สีแดง



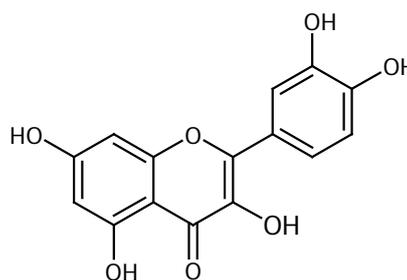
Crocetin

ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างสารกลุ่มเทอร์ปีนอยด์หรือไอโซพรีนอยด์ (Terpenoids or Isoprenoids) (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

3) สารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เป็นสารที่มีสีในส่วนต่างๆของพืชโดยเฉพาะในดอก ใบ สีที่พบแตกต่างกันไป เช่น สีแดง เหลือง ม่วง และน้ำเงินใช้เป็นสีย้อมกันมากที่สุด โครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม



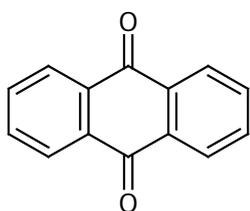
Luteolin



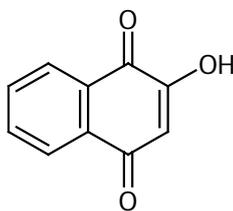
Quercetin

ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

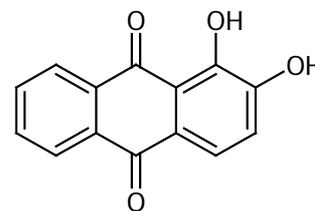
4) สารประกอบแอนทราควิโนน (Anthraquinone) เป็นสารที่มีสีจึงนิยมนำมาเป็นสีย้อม โครงสร้างจะเป็นวงแหวนหกเหลี่ยม 3 วงติดกันเป็นวง A, B และ C โดยวง B จะเป็นควิโนน คือ มีหมู่คาร์บอนิล 2 หมู่ ที่คอนจูเกตกับคาร์บอนที่เป็นพันธะคู่ 2 พันธะและยังคอนจูเกตกับวง A และ C ด้วย จึงทำให้เกิดเป็นสีแดง สีส้ม



Anthraquinone



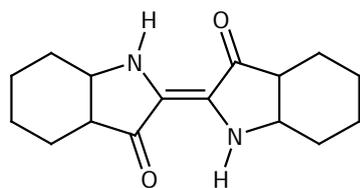
Alizarin



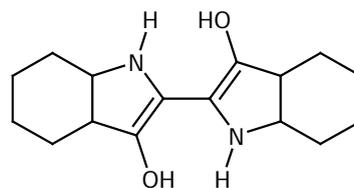
Lawsone

ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างสารในกลุ่มแอนทราควิโนน (Anthraquinone) (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

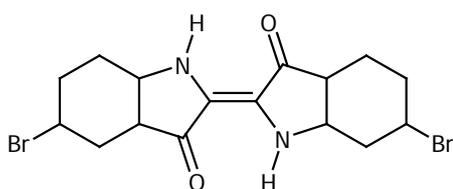
5) สารประกอบแอลคาลอยด์ (Alkaloids) เป็นกลุ่มสารที่อยู่ในพืชที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้เป็นกลุ่มสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง มีไนโตรเจนอยู่ในโมเลกุลและแยกได้จากพืช เช่น Indigo ได้จากต้นคราม ให้สีน้ำเงิน



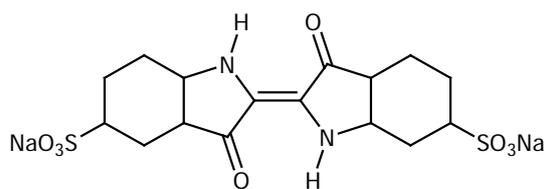
Indigo blue



Indigo white



Tyrian purple

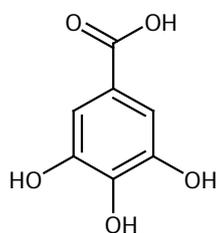


Indigo carmine

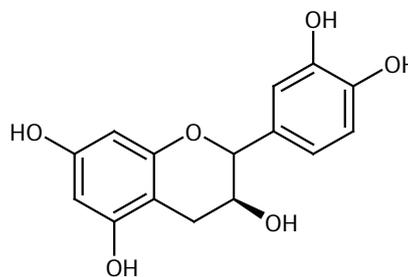
ภาพที่ 2.5 แสดง โครงสร้างสารที่ให้สีกลุ่ม แอลคาลอยด์ (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

ในพืชยังมีกลุ่มสารชนิดหนึ่งที่สามารถให้สีได้ เรียกว่า แทนนิน (tannins) เป็นสารประเภท polyphenols ส่วนใหญ่อยู่ในรูป glycoside มีโมเลกุลขนาดใหญ่ โครงสร้างซับซ้อน แยกให้เป็นสารบริสุทธิ์ได้ยาก แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. แทนนินเทียม (pseudotannins) มีขนาดโมเลกุลเล็ก มีสมบัติบางอย่างคล้ายกับ แทนนินแท้ ได้แก่ gallic acid, catechin, chlorogenic acid เป็นต้น พบในเปลือกสีเสียด เมล็ดกาแฟ เมล็ดแสลงใจ เป็นต้น

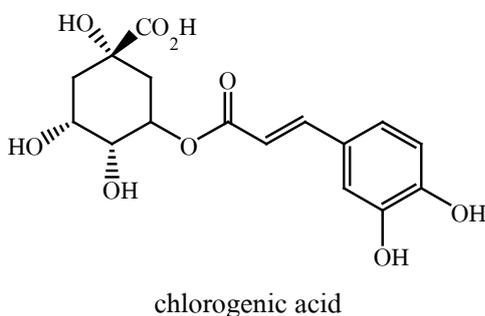


gallic acid



catechin

ภาพที่ 2.6 แสดง โครงสร้างสารในกลุ่มแทนนินเทียม (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

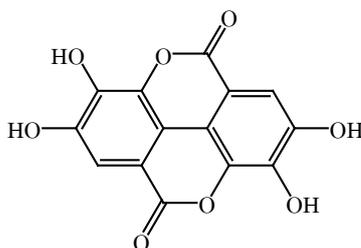


ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างสารในกลุ่มแทนนินเทียม (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

2. แทนนินแท้ (true tannins) มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มวลโมเลกุลอยู่ระหว่าง 1,000 – 5,000 มี 2 กลุ่มย่อย คือ

2.1 gallotannins หรือ pyrogallon tannins เป็นสารที่มี polyhydric สามารถถูกสลายได้ด้วยน้ำร้อน สารละลายกรดหรือเอนไซม์ tannase มีลักษณะเป็น amorphous สีเหลืองน้ำตาล มีรสฝาด เมื่อทำปฏิกิริยากับ iron (III) chloride จะได้สีน้ำเงิน แทนนินชนิดนี้เช่น ellagic acid พบในกลีบกุหลาบ เปลือกและผลทับทิม ใบยูคาลิปตัส เป็นต้น

2.2 catechin tannins หรือ phloba tannins เป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบฟีนอลเกิดจากการควบแน่นของ catechin กับ flavan diol มีสีแดงไม่ละลายน้ำ เรียกว่า สาร phlobaphenes พบในเปลือกอบเชย เปลือกไม้ไผ่ ใบชา เปลือกสีเสียด



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างสารในกลุ่มแทนนินแท้ (นนทลี ชินวงศ์, 2543)

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของสีย้อมจากธรรมชาติ

| ข้อดีของสีย้อมธรรมชาติหรือสีสมุนไพร | ข้อจำกัดของสีย้อมธรรมชาติ |
|--|--|
| 1. ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ย้อมและผู้บริโภคเพราะทำมาจากพืชผักธรรมชาติ และน้ำสีที่เหลืออยู่ก็ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม | 1. ปัญหาด้านการผลิต คือไม่สามารถผลิตได้ในปริมาณมากและไม่สามารถผลิตสีตามที่ต้องการได้ |
| 2. วัตถุดิบหาได้ในบริเวณบ้าน หมู่บ้าน และในป่า ไม่ต้องเสียเงินซื้อทำให้ขาดดุลการค้าเมื่อสั่งซื้อจากต่างประเทศและสีที่สั่งจากต่างประเทศบางครั้งก็เป็นสีที่ไม่มีคุณภาพด้วย | 2. สีซีดจางและมีความคงทนต่อแสงน้อย ต้องพัฒนาคุณภาพให้สูงกว่านี้ |
| 3. สีธรรมชาติสามารถเรียนรู้และพัฒนาได้ด้วยตนเองเป็นภูมิปัญญาของบรรพบุรุษไทย ทำให้ชาวบ้านมองเห็นคุณค่าของต้นไม้และรู้จักใช้ประโยชน์ | 3. ผู้ซื้อไม่ยอมรับสีธรรมชาติ ต้องมีมาตรฐานให้ผู้ซื้อยอมรับได้ |
| 4. สีธรรมชาติทำให้เกิดสีใหม่ สีแก่ สีเข้ม สีอ่อน ได้หลากหลายตามการใช้ตัวติดสี ได้แก่ สารส้ม ด่าง น้ำสนิม หรือแม้แต่ใบไม้ก็ให้สีแก่อ่อนต่างกันไป | 4. ในการย้อมสีธรรมชาติ ถ้าไม่มีวิธีการและจิตสำนึกในการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนจะทำให้ต้นไม้ที่ให้สีถูกทำลาย |
| 5. ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างคนย้อมสีกับต้นไม้ คนย้อมสีมองเห็นคุณค่าของต้นไม้มากขึ้น เห็นคุณค่าประโยชน์และไม่ทำลาย แต่จะใช้อย่างมีคุณค่า และปลูกทดแทนมากขึ้น | |

สำหรับการสกัดสารที่ให้สีจากพืช สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

1. maceration เป็นการสกัดสารโดยการหมักพืชกับตัวทำละลายในภาชนะปิด ทิ้งไว้ 7 วัน โดยทำการเขย่าหรือคนบ่อย ๆ แล้วทำการรินสารที่สกัดออกทำการบีบเอาสารสกัดออกจากกากพืชให้ได้มากที่สุด รวบรวมสารที่สกัดได้ไปกรอง ต้องทำการสกัดหลาย ๆ ครั้ง โดยไม่มีการใช้ความร้อน แต่วิธีนี้สิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก

2. percolation เป็นการสกัดแบบต่อเนื่อง ด้วย percolator โดยนำพืชตัวอย่างมาบดให้ละเอียดหมักกับตัวทำละลายแล้วค่อย ๆ ใส่วัตถุตัวอย่างลงใน percolator แล้วเติมตัวทำละลายลงไปให้มีระดับสูงกว่าพืชตัวอย่างครึ่งเซนติเมตร ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้พืชพองตัวเต็มที่ แล้วบีบเอาสารสกัดออกให้มากที่สุด

3. soxhlet extraction เป็นการสกัดแบบต่อเนื่องด้วยตัวทำละลายจุดเดือดต่ำ ที่ถูกให้ความร้อนจนระเหยเป็นไอแล้วกลั่นตัวลงไปราดลงบนพืชตัวอย่างที่ใส่ไว้ใน thimble เมื่อตัวทำละลายมีระดับสูงขึ้นจนล้นและถูกดูดลงไปยังขวดรูปชมพู่ที่ใส่ตัวทำละลายไว้ โดยตัวทำละลายได้สกัดสารออกมาด้วย ข้อดีของวิธีนี้คือ ประหยัดตัวทำละลายแต่สกัดได้ในปริมาณที่ไม่มาก

4. liquid – liquid extraction เป็นการสกัดด้วยตัวทำละลายซึ่งเป็นของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ละลายเข้าด้วยกัน จะแยกเป็นชั้นออกจากกัน เมื่อนำพืชมาบดและใส่ลงในตัวทำละลายดังกล่าว สารที่ถูกสกัดออกมาจะละลายในตัวทำละลายทั้งสอง ทำให้สามารถสกัดสารออกมาได้มากกว่าการใช้ตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว

2.1.8 พืชที่ให้สี



ภาพที่ 2.9 แสดงภาพเมล็ดกาแฟ

(ที่มา <http://clgc.rdi.ku.ac.th/index.php/rs/f-product2/309-coffee>)

ชื่อสามัญ (Common or English name) : *Arabica coffee*, อะราบิกา คอฟฟี่

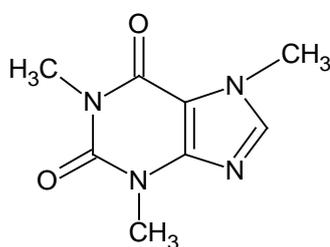
ชื่อไทย (Thai name) : กาแฟ

ชื่อท้องถิ่น (Local names) : *Arabica-Kaffee*, *Kaffeebaum*

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) : *Coffea arabica* L.

คาเฟสตอล (cafestol), คาเวอล (cahweol), ซิโตสเตอรอล (sitosterol), สติกมาสเตอรอล (stigmasterol), เมทิลสเตอรอล (methylsterols), วิตามินอี (tocopherols)

เมล็ดกาแฟที่อบแล้วจะมีปริมาณคาเฟอีนน้อยกว่าเมล็ดกาแฟสด (เขียว) เล็กน้อย และมีปริมาณทริกโกลีน, กรดคลอโรจีนิก, แทนนิน, โพลีอะมีน, โปรตีนและน้ำตาล น้อยกว่า เนื่องจากสารเหล่านี้จะถูกทำลายและเกิดกลิ่นขึ้นระหว่างการอบหรือทำให้แห้ง สารที่ทำให้กาแฟมีกลิ่นหอม ได้แก่ ทริกโกลีน, น้ำตาล, กรดอะมิโนและเปปไทด์ นอกจากนี้กาแฟที่อบแล้วจะมีปริมาณไนอะซินสูงขึ้นด้วย



Caffeine $C_{18}H_{10}N_2O_2$

ภาพที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของคาเฟอีน

(ที่มา <http://www.fda.moph.go.th/fdanet/html/product/addict/precursor/caffeine.html>)

2.1.8.6 สารสกัด

Coffee bean extract เป็นสารสกัดจากเมล็ดกาแฟ

Coffee extract เป็นสารสกัดจากเมล็ดและใบกาแฟ

Coffee oil เป็นน้ำมันจากเมล็ดกาแฟ

2.1.8.7 ประโยชน์ทางเครื่องสำอาง คุณสมบัติฝาดสมานของกาแฟช่วยทำความสะอาดและกระชับผิว เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ย้อมผม

2.1.8.8 ประโยชน์ทางยา

สารคาเฟอีนเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ยาแก้ปวดที่ใช้ภายในหลอดใช้และแก้แพ้ ผลิตภัณฑ์ควบคุมน้ำหนัก สารคาเฟอีนมีฤทธิ์กระตุ้นประสาทส่วนกลาง กระตุ้นการหายใจและกล้ามเนื้อ นอกจากนั้น ยังกระตุ้นการทำงานของหัวใจ การขยายตัวของหลอดเลือดโคโรนารี การคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ ขับปัสสาวะ เพิ่มการหลั่งในกระเพาะอาหาร และการปลดปล่อยสารคาเทโคลามีน (catecholamine) กาแฟช่วยให้กระปรี้กระเปร่าขณะอ่อนเพลีย

ทั้งร่างกายและจิตใจ coffee charcoal มีคาเฟอีน 0.8-1% เป็นเมล็ดกาแฟที่คั่วจนกลายเป็นสีน้ำตาลดำ มีคุณสมบัติดูดซับ (absorbent) และช่วยผ่อนคลายรักษาอาการท้องร่วง อาการอักเสบของเยื่อเมือกช่องปากและคอ สารสกัดคาเฟอีนใช้แต่งกลิ่นและรสในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เครื่องดื่มที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์, ลูกอม, เจลาตินและพุดดิ้งส์ ปริมาณที่ให้ใช้ คือ ไม่เกิน 2.8% คาเฟอีนเป็นสารที่ใช้กันมากในเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ ปริมาณที่ให้ใช้มากที่สุด คือ 0.014%

2.1.8.9 ข้อควรระวัง

ปริมาณคาเฟอีนที่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต คือ 10 กรัม ปริมาณคาเฟอีน 1 กรัม หรือมากกว่าทำให้เกิดอาการพิษ เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ นอนไม่หลับ ไม่มีแรง กล้ามเนื้อสั่น หัวใจเต้นเร็ว สตรีมีครรภ์ควรหลีกเลี่ยงสารคาเฟอีน ไม่ควรได้รับปริมาณคาเฟอีนเกิน 300 มก./วัน (3 ถ้วย) มีรายงานว่าบุตรของหญิงที่ดื่มกาแฟระหว่างตั้งครรภ์อาจมีความผิดปกติในการนอนหลับ

2.1.4.10 ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ

1. ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับปลูกต้นไม้ : กากกาแฟสามารถนำไปใช้ทำปุ๋ยในการปลูกต้นไม้ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีธาตุไนโตรเจนสูง ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และโปรตีน ซึ่งพืชต้องนำไปใช้ในการเจริญเติบโต กากกาแฟยังมีโพแทสเซียม ฟอสฟอรัสและสารอย่างอื่นอีกเล็กน้อย ที่ช่วยเพิ่มพัฒนาการของพืช มีรายงานจากชาวสวนจำนวนมากว่า ดอกกุหลาบเจริญเติบโตได้ดี มีดอกใหญ่และให้สีสดใสสวยงามเมื่อใช้กากกาแฟเป็นปุ๋ย

2. ใช้กับสัตว์เลี้ยง : นำกากกาแฟผสมกับน้ำแล้วนำไปขัดที่ผิวของสัตว์เลี้ยง จะทำให้ผิวและขนของสัตว์เลี้ยงมีสุขภาพที่ดีและเงางามขึ้น บางคนที่เคยใช้วิธีนี้พบว่าสามารถช่วยไล่หมัดและพยาธิต่างๆที่อยู่บนขนของสัตว์เลี้ยงได้ด้วย แต่วิธีนี้ยังอยู่ในขั้นทดลองเท่านั้น

3. ใช้กำจัดกลิ่นในตู้เย็น : ถ้าเราเก็บของกินหลายอย่างไว้ในตู้เย็น จะทำให้ตู้เย็นมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ เราสามารถกำจัดกลิ่นเหล่านี้ได้ โดยนำกากกาแฟใส่ถ้วยแล้วนำไปวางในตู้เย็น จากนั้นกากกาแฟจะทำหน้าที่ ดูดซับกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่างๆ จากอาหาร ถ้าต้องการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ให้เติมน้ำตาลลงในกากกาแฟเล็กน้อย

4. ป้องกันการขบถายไม่เป็นที่ของสัตว์เลี้ยง : ถ้ามีบริเวณหรือสวนที่ไม่อยากให้สัตว์เลี้ยงเข้าไปขบถายให้สกปรก เราสามารถนำกากกาแฟและผิวส้ม โดยไว้รอบๆ บริเวณนั้น เพราะกลิ่นของทั้ง 2 อย่างนี้เมื่อผสมกัน จะเป็นกลิ่นที่ทำให้สัตว์เลี้ยงไม่ขบถายหรือไม่อยากขบถาย

5. ใช้สำหรับขัดผิว : กากกาแฟสามารถนำไปขัดผิวได้ เพราะมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวขจัดพิษให้กับผิวชั้นนอกและกระตุ้นการทำงานของเซลล์ผิวชั้นใน ปรับสภาพความดันโลหิตและกระตุ้นการเผาผลาญไขมันใต้ชั้นผิว ทำให้ผิวดูเปล่งปลั่งและกากกาแฟนี้ไม่รุนแรงต่อผิวเหมือนสครับที่เป็นเกลือ

6. กำจัดกลิ่นในรองเท้า : โดยนำกากกาแฟไปวางในรองเท้า เพื่อให้กากกาแฟดูดกลิ่นไม่พึงประสงค์ออกจากรองเท้า สามารถทำได้โดยใช้น้ำผสมกากกาแฟล้างเท้า

7. ช่วยให้มีผมเงางาม : การมีผมสวยและเงางามเป็นที่ต้องการสำหรับทุกคน วิธีง่าย ๆ ที่ทำได้คือ ล้างหรือสระผมด้วยกากกาแฟ หรืออาจใช้ยาสระผมที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากกาแฟก็ได้

8. ช่วยไล่มด : ถ้ามดถึงมดที่เดินไปมาในบ้านไม่ว่าจะเป็นในตู้กับข้าวหรือตู้เสื้อผ้า มดพวกนี้คงสร้างความรำคาญให้กับเราได้มากทีเดียว แต่เราสามารถขจัดมดเหล่านี้ได้โดยนำกากกาแฟไปลูที่ตู้กับข้าวหรือตู้เสื้อผ้า แล้วมดจะไม่เข้าใกล้ตู้เหล่านี้เลยเพราะในกากกาแฟมีกลิ่นบางอย่างที่มดไม่ชอบ

9. ใช้สำหรับเป็นสี : ถ้าละลายกากกาแฟในน้ำร้อน จะได้สีน้ำตาลในแบบของกาแฟ เพื่อใช้สำหรับผสมในการย้อมสีผ้า หรืองานศิลปะ

10. ป้องกันเข้มน้ำสนิม : กากกาแฟที่เหลือจากการบด นำไปตากให้แห้งแล้วยัดใส่หมอนปักเข็มจะทำให้เข็มไม่ขึ้นสนิม

2.1.8.11 สายพันธุ์กาแฟชนิดอื่นๆ

1. กาแฟโรบัสต้า (Robusta Coffea) โรบัสต้า เป็นกาแฟพันธุ์ที่ต้องการความชุ่มชื้นสูง ปลูกง่าย ให้ปริมาณผลผลิตมาก นิยมปลูกกันมากในทวีปอาฟริกาและเอเชีย สามารถปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 500 – 600 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล

2. กาแฟลิเบอริก้า (Liberica Coffea) เป็นกาแฟที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจรองลงมาจากกาแฟโรบัสต้า กาแฟชนิดนี้มีพุ่มใบใหญ่มาก เป็นกาแฟพันธุ์พื้นเมืองของประเทศอังกาโล คุณภาพของสารกาแฟไม่ค่อยดีนัก กาแฟชนิดนี้เป็นกาแฟชนิดเก่า มีความทนทานต่อความหนาวเย็นได้ดี

2.1.8.12 ถิ่นที่ปลูก พื้นดินและสภาพแวดล้อมที่ต่างๆกันมีผลทำให้กาแฟจากแต่ละส่วนของโลกมีรสชาติต่างกัน ออกไปอย่างสิ้นเชิง เราสามารถแบ่งโซนการปลูกกาแฟในที่ต่างๆของโลกได้ 4 โซนดังนี้

1. อเมริกาและลาตินอเมริกา ได้แก่ คอสตาริก้า กัวเตมาลา จาไมก้า โคลัมเบีย เม็กซิโก เปรู บราซิลและเอลซาวาดอร์

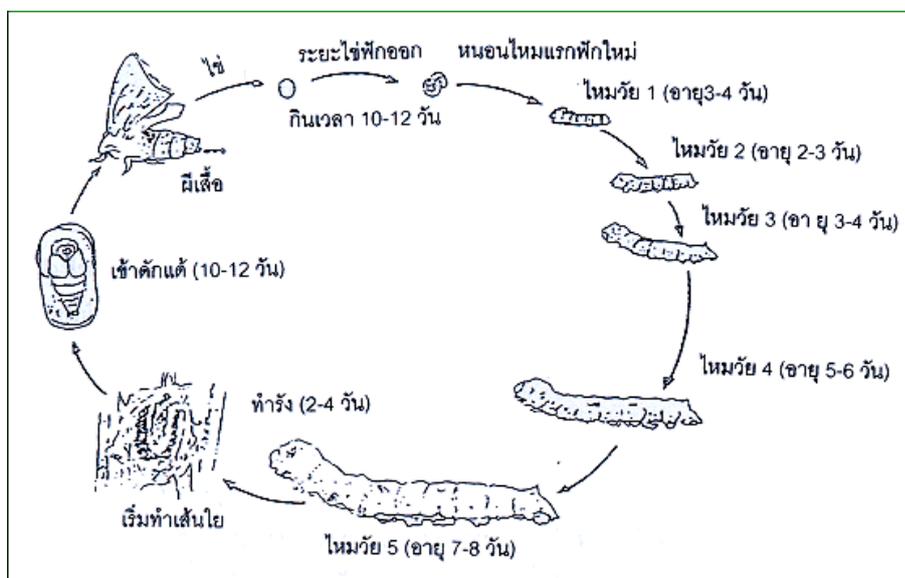
2. อัฟริกาและอราเบีย ได้แก่ เคนยา เอธิโอเปีย เยเมนหรือมอคค่าหรือ ซานานี

3. แอฟริกาและเอเชียแปซิฟิก ได้แก่ อินโดนีเซีย สุมาตรา สุลาเวสี จาวา ปาปัวนิวกินี อินเดียและฮาวาย เวียดนาม

4. เอ็กเซลซ่า (Excelsa: *Coffea Excelsa*) เป็นกาแฟที่มีลักษณะทรงต้นและใบใหญ่กว่าชนิดโรบัสต้า ไม่มีความสำคัญทางการค้ามากนัก เพราะคุณภาพไม่ค่อยดี มีกลิ่นเหม็นเขียว (Rubber Smell) รสชาติไม่ค่อยดี แต่ทนต่อความแล้ง โรคและแมลงได้ดี ปลูกมากในแถบแอฟริกาเพื่อใช้บริโภคในประเทศเท่านั้น กาแฟชนิดนี้ให้ผลดก ผลเล็ก ผิวผลสุกแดง เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟลิเบอริก้ากาแฟชนิดนี้ให้รสชาตินุ่มนวลกว่า และไม่ขมเหมือนกาแฟลิเบอริก้า

2.1.9 เส้นใยไหม

ไหม (silkworm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Bombyx mori* อยู่ในวงศ์ Bombycidae ไหมเป็นแมลงที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบสมบูรณ์ (completely metamorphosis insect) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ไข่ตัว-หนอน ดักแด้ และผีเสื้อ มีเพียงระยะตัวหนอนเท่านั้นที่กินอาหารซึ่งจะนำสารชนิดต่างๆ จาก ใบหม่อนไปสร้างความเจริญเติบโต โดยผ่านการย่อยและดูดซึมเป็นปริมาณ 1 ใน 3 ของสารอาหารทั้งหมด ครั้งหนึ่งของโปรตีนที่ดูดซึมจากใบหม่อนจะถูกนำไปใช้ผลิตสารไหม เมื่อถึงวัย 5 วันแรกต่อมไหม (silk gland) จะหนักเพียง 6.36 % ของน้ำหนักตัวไหม เมื่อไหมสุกก่อนเข้าทำรังต่อมไหมจะหนักถึง 41.97 % จะเห็นว่าปลายวัยที่ 5 สารอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนเกือบทั้งหมดถูกเปลี่ยนไปเป็นสารที่ใช้ชักใยทำรังหรือเส้นไหมนั่นเอง และเป็นเส้นใยที่มีคุณค่ามหาศาลที่เปรียบมิได้



ภาพที่ 2.11 วงจรชีวิตของหนอนไหม

(ที่มา : เอกสารวิชาการหม่อนไหม, กรมส่งเสริมการเกษตร)

หลังจากที่มีการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ไหมมากกว่า 2,000 ปี ทำให้หนอนไหมและผีเสื้อสูญเสียดุลยลักษณะเดิมไปหมดแล้ว ทำให้การเลี้ยงและการจัดการสะดวกสบายขึ้น ทุกวันนี้เส้นไหมนอกจากจะใช้เป็นแพรรักษ์แล้ว ยังนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้มากมายหลายอย่าง เช่นเดียวกับหนอนไหมและดักแด้อีกด้วย

ไหมเป็นสิ่งทอที่ได้รับความนิยมว่า “ราชินีแห่งเส้นใย” แม้ไหมจะมีข้อเสียคือ ยืดหยุ่นได้น้อย ยับง่าย ซักยาก แต่ข้อเสียเหล่านี้ก็ได้จำกัดหรือทำให้ลดน้อยลงไป โดยการใส่สารเคมีหลายชนิด ในกระบวนการผลิตเพื่อทำให้ผ้าไหมซักง่ายขึ้น ลดการยับและลดการทำผ้าเหลืองลงได้ ยังมีการพัฒนาเส้นไหมดิบให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการเติมเกลือเส้นไหม ในทิศทางกลับกัน และถักขึ้นทำให้เส้นไหมที่มีขนาดใหญ่เส้นใยชนิดนี้จะมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ดี จำกัดข้อเสียต่างๆ ออกได้ด้วยความเป็นเส้นใยที่ได้จากสัตว์ไหมจึงได้เปรียบเหนือกว่าฝ้าย ไหมมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในการระบายอากาศ ดูดซับความร้อน ทำให้ร่างกายสบาย มีการดูดซับน้ำและระบายความชื้นได้ดี สามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าฝ้าย 1.5 เท่า แต่ระบายความชื้นได้เร็วกว่า 50 % และดูดซับความร้อนไว้ที่เนื้อผ้าได้สูงกว่า 13-21 % ปกติอุณหภูมิร่างกายประมาณ 33.3-34.2 องศาเซลเซียส การสวมใส่ชุดผ้าไหมจะทำให้อุณหภูมิร่างกายบริเวณดังกล่าวลดลงเหลือ 31-33 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกอบอุ่นในฤดูหนาวแต่จะเย็นสบายในฤดูร้อน ไม่เหนียวเหนอะหนะเวลาสวมใส่ผ้าไหมด้วยเหตุผลดังกล่าว ประเทศญี่ปุ่นที่มีอากาศร้อนและอากาศหนาวในช่วง 1 ปี จึงพัฒนาชุดชั้นในที่ทำด้วยเส้นไหมดึงดูดความสนใจได้มากกว่าเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆ นอกจากนี้ใช้ผ้าไหมเป็นเครื่องนุ่งห่มแล้ว ยังเป็นผ้าปูที่นอน ผ้าห่มชุดเฟอร์นิเจอร์ ในอดีตถุงน่องสตรี ทำจากไหมเพียงอย่างเดียว ภายหลังใยสังเคราะห์ในลอนเข้ามาทดแทนไหมได้เกือบสมบูรณ์ เนื่องจากมีความเหนียวและทนทานยืดหยุ่นดีและราคาถูก แต่ไหมยังดีกว่าในลอนอยู่มากในด้านการสัมผัสการดูดซับความร้อนและระบายอากาศ จึงได้มีการพัฒนาเส้นไหมผสม (hybrid silk) เพื่อรวมคุณสมบัติที่ดีของเส้นใยทั้ง 2 ชนิดไว้ด้วยกัน

2.1.9.1 สมบัติทั่วไปของเส้นไหม

เส้นไหมเป็นเส้นใยโปรตีนที่ได้จากธรรมชาติและเป็นเส้นใยธรรมชาติชนิดเดียวที่เป็นเส้นยาว (filament) ต่างจากเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นเช่น ฝ้าย ขนสัตว์ ลินินที่ล้วนเป็นเส้นใยสั้น (staple fiber) รังไหมจะประกอบด้วยเส้นไหมดิบที่เรียกว่า เส้นไหมไฟโบรอิน (fibroin) สองเส้น ร้อยละ 75 โดยน้ำหนักที่เกาะติดกันและเคลือบด้วยกาวไหม หรือที่เรียกว่า เซริซิน (sericin) ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 2.12 ดังนั้น เมื่อจะทำการสาวไหมจากรังไหมจะต้องนำรังไหมไปต้มเพื่อให้รังไหมอ่อนนุ่มสม่ำเสมอจนตลอดทั้งรังและกาวไหมบางส่วนจะละลายออกไปทำให้สาวหาเงื่อนได้ง่ายและไม่ขาดบ่อยเพราะเส้นใยคลายตัวออกอย่างเป็นระเบียบ ส่งผลให้สามารถสาว

ไหมออกจากรังได้ง่าย มีปริมาณเศษไหมชั้นนอก เศษไหมชั้นในและรังไหมที่สาวไม่ออกเหลือน้อยที่สุด รังไหมของหนอนไหมแต่ละรังจะสามารถสาวเป็นเส้นใยที่มีความยาวต่อเนื่องได้ประมาณ 1,500 ฟุตหรือ 500 หลา

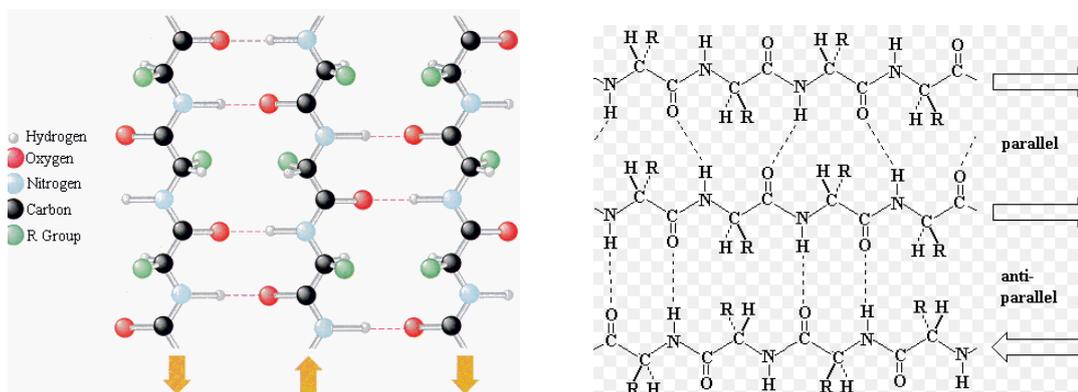


ภาพที่ 2.12 แสดงรูปภาพของเส้นไหม

ที่มา: <http://www.fao.org/docrep/x2099E/x2099e03.htm>

จากภาพที่ 2.12 จะเห็นว่าส่วนประกอบที่สำคัญของไหมที่มีอยู่ในรังไหมแต่ละรังคือ ไผโปรตีนและเซรีซิน ดังนั้น กระบวนการผลิตต่างๆไม่ว่าจะเป็นการลอกกาไหม การฟอกขาวไหม การย้อมหรือการตกแต่งไหมสำเร็จก็เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

ไฟโบรอิน คือ ส่วนประกอบที่เป็นเส้นใยไหมจริงๆ มีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดเดียวกับเซรีซิน คือ ไกลซีน อะลานีน เซอรีนและไทโรซีนประมาณ 43.99 %, 26.54 %, 11.41 % และ 5.35 % ตามลำดับ ธาตุที่สำคัญในไฟโบรอินได้แก่ คาร์บอน (C) 48-49 % ไฮโดรเจน (H) 6.4-6.5 % ออกซิเจน (O) 26-28 % และไนโตรเจน (N) 17-19 % สำหรับซัลเฟอร์จะมีปริมาณน้อยมากจึงทำให้เส้นไหมแตกต่างจากเส้นใยขนสัตว์ทั้งที่เป็นโปรตีนเส้นใยเหมือนกัน เพียงแต่เส้นใยขนสัตว์จะเป็นโปรตีนเคราติน (keratin) และมีปริมาณซัลเฟอร์ 0.7-5% เนื่องจากไฟโบรอินเป็นโครงสร้างที่เป็นผลึกมาก มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบและสายโซ่โมเลกุลของโพลีเปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีลักษณะเหยียดยาวยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกและหมู่อะมิโนจึงทำให้ไฟโบรอินไม่ละลายน้ำ ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แสดงการเกิดพันธะไฮโดรเจนในสายพอลิเปปไทด์ของเส้นไหม

ที่มา : <http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/1biochem/proteins4.html>

<http://www.chembio.uoguelph.ca/educmat/phy456/456lec01.htm>

2.1.9.2 คุณสมบัติเคมีของใยไหม

ใยโปรตีนที่ใช้กันมากในประเทศไทย ได้แก่ ไหม มีทั้งชนิดสังเคราะห์มาจากต่างประเทศและชนิดที่เลี้ยงเองในประเทศ คุณสมบัติทั่วไปเหมือนกัน แตกต่างกันเพียงขนาดของเส้นใยและความสั้นยาวเท่านั้น ไหมดิบจะประกอบด้วยไฟโบรอินและเซรีซิน (fibroin-sericin) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีเกลือแร่ ไขมัน ลิ และอื่นๆ บ้างเล็กน้อย โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบดังนี้

| | | |
|-------------------|---------|-------------|
| กาวไหมหรือเซรีซิน | 22-25 | เปอร์เซ็นต์ |
| ไหมหรือไฟโบรอิน | 62.5-67 | เปอร์เซ็นต์ |
| น้ำ | 10-11 | เปอร์เซ็นต์ |
| เกลือและอื่นๆ | 1-1.5 | เปอร์เซ็นต์ |

ไฟโบรอินประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดที่สำคัญๆ ได้แก่

| | | |
|-----------|----|-------------|
| ไกลซีน | 38 | เปอร์เซ็นต์ |
| อะลานีน | 22 | เปอร์เซ็นต์ |
| เซรีน | 15 | เปอร์เซ็นต์ |
| ไทโรซีน | 9 | เปอร์เซ็นต์ |
| ชนิดอื่นๆ | 16 | เปอร์เซ็นต์ |

เซรีซินเป็นโปรตีนมีกรดอะมิโนชนิดเดียวกับไฟโบรอิน แต่มีปริมาณไม่เท่ากัน ถ้านำไปย้อมด้วยสีไพโครคามีน 0.1% จะเห็นได้ชัด คือ เซรีซินจะมีสีแดงเข้ม ไฟโบรอินมี

สีเหลืองอ่อนหรืออาจใช้กรดกำมะถัน 0.1% จะได้เป็นสีน้ำตาลเข้มและสีเหลืองซึ่งวิธีนี้สามารถนำไปใช้ทดสอบการฟอกไหมได้ว่าสมบูรณ์หรือไม่

ไหมไม่ทนต่อกรดแก่เข้มข้น สามารถละลายได้ดีในกรดเกลือเข้มข้น และละลายกรดชนิดอื่นๆ ได้ในปริมาณเล็กน้อยทำให้เส้นใยเปื่อยได้ ถ้าต้มเส้นใยในกรดเจือจาง ความเหนียวอาจลดลงบ้าง กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มใช้ช่วยในการย้อมสี โซดาเข้มข้น ทำอันตรายต่อไหมได้น้อย ถ้าหากแช่หรือต้มเพียงระยะเวลาสั้นและล้างออกโดยเร็ว ดังนั้น ผ้าที่ทอเป็นผ้าฝ้ายสามารถทำลวดลายย่นด้วยโซดาไฟได้ แต่ถ้าแช่นานเกินไปโซดาสามารถละลายใยไหมได้เช่นกัน กลีบบางชนิดก็สามารถละลายไหมได้เหมือนกัน เช่น สังกะสีคลอไรด์ (zinc chloride) แต่เกลือโซเดียมคลอไรด์ไม่เป็นอันตรายต่อไหม (อัจฉราพร, 2527)

2.1.9.3 คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยไหม

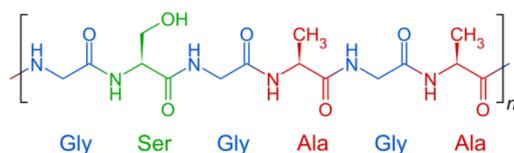
ความยืด ยืดได้ร้อยละ 13-31 การดูดความชื้น สามารถดูดความชื้นได้จากบรรยากาศ โดยวัดปริมาณของความชื้นที่เป็นเส้นใยไว้ โดยเปรียบเทียบกับอัตราส่วนของน้ำหนักของเส้นใยเมื่อปราศจากน้ำ (วัดที่อุณหภูมิ 70 องศาฟาเรนไฮด์ ความชื้นสัมพัทธ์ 65) ดูดความชื้นได้ดีที่ร้อยละ 10 ความถ่วงจำเพาะคือ น้ำหนักของเส้นไหมเมื่อเทียบกับน้ำที่มีปริมาณเท่ากันพบว่าไหมที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.30 ความมันของไหมยังมีความมันมากยิ่งสะท้อนแสงได้มาก ความเหนียว ความทนทานของเส้นไหมต่อแรงดึงนั่นคือ แรงดึงที่จะต้องใช้ในการทำให้เส้นใยเป็นกรัม/เดนิเยร์ (มีขนาดของเส้นใยเส้นหนึ่ง เดนิเยร์ หมายถึงเส้นใยที่ยาว 9,000 เมตรและน้ำหนัก 1 กรัม) ความโค้งงอ ยังมีความโค้งงอมากยิ่งทำให้ผ้ามีความทนทานขึ้น

แรงดึงจุด เส้นใยหลายๆเส้นจะถูกนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายเข้าด้วยกันเส้นใยที่สามารถนำมาปั่นเป็นเส้นด้ายได้ จะต้องมีความแข็งแรงระหว่างเส้นใยทำให้เกาะกันได้ดี

1. โครงสร้างของใยไหม

ใยไหมจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ โครงสร้างภายในและภายนอก โครงสร้างภายนอกเส้นใยมีขนาดเล็ก คือ มีขนาด 9-11 ไมครอน มีความยาวประมาณ 1,200 เมตร เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์คุณลักษณะของเส้นใยพบว่า ภาพตัดขวางมีสามเหลี่ยมมุมมน มีความมันเงาสะท้อนแสงได้ดีเส้นใยมีสีขาวบางครั้งจะมีสีเหลืองหรือสีเทา

โครงสร้างภายใน จะประกอบไปด้วยโปรตีนไฟโบรอินและเซรีซิน ประมาณ 97% ส่วนที่เหลือจะประกอบไปด้วยจีฟังก์ คาร์โบไฮเดรต วัตถุประสงค์ สารอินทรีย์ ฯลฯ ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลดัง ภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของใยไหม

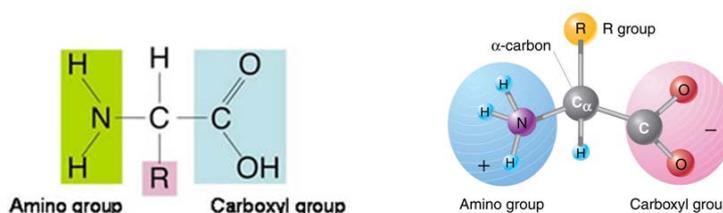
2. สมบัติของเส้นใย

เส้นใยประกอบด้วยโมเลกุลเป็นจำนวนมาก โมเลกุลเหล่านี้มีลักษณะเป็นเส้นยาว เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ที่เกิดจากการเรียงตัวของหน่วยโมเลกุลเล็กๆ คือ มอนอเมอร์ (monomer) และเชื่อมต่อกันด้วยกระบวนการสังเคราะห์ เรียกว่า พอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ขนาดของพอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับความยาวของโมเลกุลซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนมอนอเมอร์ที่อยู่ในพอลิเมอร์นั้น (degree of polymerization) พอลิเมอร์ที่มีเส้นโมเลกุลยาวจะมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าพอลิเมอร์ที่มีเส้นโมเลกุลสั้น เนื่องจากจำนวนมอนอเมอร์ที่มากกว่านั่นเองซึ่งจะมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นใยที่มีพอลิเมอร์นั้นเป็นองค์ประกอบอยู่

โมเลกุลหรือพอลิเมอร์ที่อยู่ในเส้นใยจะมีการเรียงตัวแตกต่างกัน เมื่อโมเลกุลแต่ละตัวมีการเรียงตัวอย่างไร้ทิศทาง (random) ก็ทำให้เส้นใยบริเวณนั้นมีความเป็นอสัณฐาน (amorphous) ส่วนในบริเวณที่โมเลกุลมีการเรียงซ้อนกันอย่างเป็นระเบียบก็จะเป็นผลึก (crystalline) เกิดขึ้นเส้นใยที่มีความเป็นผลึกมากก็จะแข็งแรงมากกว่าเส้นใยที่มีความเป็นผลึกน้อย อย่างไรก็ตามปริมาณความเป็นผลึกไม่ใช่ปัจจัยที่กำหนดความแข็งแรงของเส้นใย หากรวมไปถึงทิศทางการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่เป็นระเบียบเหล่านี้ด้วย ถ้าโมเลกุลมีการจัดเรียงตัวอยู่ในทิศทางที่ขนานกับแกนตามความยาวของเส้นใย ก็จะช่วยให้เส้นใยมีความแข็งแรงมาก เนื่องจากโมเลกุลมีการเรียงตัวในทิศทางเดียวกับแรงที่กระทำต่อเส้นใย (oriented fiber) ในอีกกรณีหนึ่งแม้เส้นใยจะมีบริเวณที่เป็นผลึกมากแต่มีทิศทางการจัดเรียงตัวที่ไม่ขนานกับแกนตามความยาวของเส้นใย โมเลกุลก็ไม่สามารถรับแรงในทิศทางการดึงเส้นใยได้เต็มที่ทำให้มีความแข็งแรงน้อยกว่าในกรณีแรกกระบวนการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ จึงต้องมีการดึงยืดเส้นใยที่ออกมาจากหัวฉีด เพื่อเพิ่มความเป็นผลึกในการจัดเรียงโมเลกุลให้เป็นระเบียบและทำการจัดเรียงโมเลกุลที่เป็นระเบียบที่เป็นระเบียบเหล่านี้ให้อยู่ในทิศทางเดียวกันกับแกนตามยาวของเส้นใย กระบวนการนี้เรียกว่า การดึงยืด (stretching หรือ drawing)

3. ประจุในเส้นใยไหมที่มีผลต่อการย้อมสี

เส้นใยไหมประกอบด้วยหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลเดียวกัน หมู่อะมิโนจะแสดงความเป็นเบสซึ่งสามารถรับโปรตอน (H^+) กลายเป็นประจุบวก (cation) ในขณะที่หมู่คาร์บอกซิลแสดงความเป็นกรด สามารถให้โปรตรอนกลายเป็นประจุลบ (anion) โครงสร้างเส้นใยไหมจึงมีประจุบวกและประจุลบ หรือมีประจุสองขั้ว (dipolar ion) ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แสดงโครงสร้างกรดอะมิโนที่เป็นกลางและกรดอะมิโนที่แตกตัวเป็น switter ion

กรดอะมิโนทำหน้าที่เป็นทั้งกรดและเบส เมื่อเส้นใยไหมอยู่ในน้ำกล่าวคือ ถ้า pH ของน้ำมีความเป็นกรด (H^+) หมู่อะมิโนจะรับโปรตรอน กลายเป็นประจุบวกหรือแอมโมเนียมไอออน ดังสมการที่ 2.1



และถ้า pH ของน้ำค่อนข้างไปทางเบส หมู่คาร์บอกซิลจะแตกตัวให้โปรตรอน กลายเป็นประจุลบหรือคาร์บอกซิเลตไอออน ดังสมการที่ 2.2



2.1.9.4 หลักการย้อมสีไหม

สีติดเส้นใยได้เพราะสารประกอบทั้ง 2 ชนิดรวมเข้าเป็นสารประกอบเคมีใหม่อีกชนิดหนึ่งการรวมตัวของสีและเส้นใยนั้น ไม่ทำให้คุณสมบัติเคมีเปลี่ยนไปจะเปลี่ยนแต่เพียงคุณสมบัติทางกายภาพเห็นเป็นสีชนิดต่างๆขึ้นมาเท่านั้น อัตราส่วนจะมากน้อยเพียงใดขึ้นกับความต้องการสีเข้มหรือจาง สารประกอบก็ยังคงอยู่ การเปลี่ยนสีเป็นสารประกอบทางเคมีซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างออกไปจากเดิมและผ้าจะไม่ละลายน้ำ เช่น leuco vat ออกซิไดส์ หรือ coupling compound ทำปฏิกิริยาคับเบิ้ลกับไดอาโซไทด์เบส (diazotized base) ตามทฤษฎีกระบวนการย้อมสีนี้เปลี่ยนกลับไปได้ คือ เมื่อย้อมสีติดใยแล้วสามารถทำให้หลุดแยกออกเป็นตัวสีและเส้นใยในสภาพเดิม

ได้ตัวสีบางชนิดทำได้ง่าย ดังเช่นที่มีเวลาซักก็มีสีลอกออกมา บางตัวก็ทำยากจึงเกิดเป็นสีไม่ตก (color fastness) อันเป็นสมบัติที่ต้องการมากที่สุดในการให้สีผ้า

การย้อมสีนั้นต้องย้อมให้ติดภายในด้วย เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจดูตามขวางของเส้นใยจะต้องเห็นสภาพการย้อมได้ชัดเจน การย้อมเมื่อเห็นภายในเป็นสีขาวคงเดิมเรียกว่า ringe dye จะเกิดขึ้นได้เป็นเส้นใยทุกชนิดเมื่อย้อมใน 2-3 นาทีแรกหรือเมื่อย้อมที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่ควรซึ่งจะทำให้ระดับการเคลื่อนตัวของสีภายในเส้นใยลดน้อยลง

การย้อมสีให้มีความสม่ำเสมอ ไม่ต่างและมีสีเหมือนกันตลอด นอกจากคุณสมบัติทางเคมีของตัวสีและเส้นใยที่จะต้องพิจารณาแล้ว ขบวนการย้อมต่างๆและเครื่องที่ใช้ย้อมสีบางตัวต้องมีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อย้อมแล้วเป็นด่างก็สามารถที่จะปรับตัวให้สม่ำเสมอได้โดยปล่อยตัวหลุดออกจากส่วนที่มากเกินไปแล้วกลับดูดติดเข้าต่อนส่วนที่ติดน้อย เรียกว่า การซึมกระจาย (migration) การย้อมสีให้ได้ผลดีและง่ายต้องเลือกสีตัวที่มีคุณสมบัติการซึมกระจายตัวของสีด้วยการย้อมสีเส้นไหมต้องมีสีที่มีการกระจายตัวดี

เส้นใยมีคุณสมบัติที่สามารถดูดสีให้เข้มเพราะความหลวมตัวของโมเลกุลของเส้นใยที่ยึดกันอยู่และปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสีกับเส้นใยช่องว่างภายในเส้นใยนี้เมื่อถูกน้ำจะพองตัวออกสีก็ซึมผ่านเข้าไปได้ เส้นใยแต่ละชนิดจะมีช่องว่างมากถ้าดูตามขวางจะมีอยู่ 10 ล้านช่อง

สีติดเส้นใยจะเห็นเมื่อ โมเลกุลของสีเรียงซ้อนกันตั้งแต่ 10-100 ชั้น ถ้าสีเข้มก็จะประมาณ 1,000-10,000 ชั้น จึงจะมองเห็นได้ชัดต้องมีแสงพอเหมาะและโมเลกุลของสีย้อมจะต้องอยู่ร่วมกันอย่างน้อย 10,000 โมเลกุล (ประมาณ 10^{-18} กรัม) แม้ว่าจะมีสีอยู่เพียงชั้นเดียว

2.1.9.5 สารช่วยย้อม

พืชแต่ละชนิดที่นำมาย้อมใช้เส้นใยธรรมชาติมีการติดสีและคงทนต่อการซักหรือแสงไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในของพืชและเส้นใยที่นำมาใช้ย้อม จึงมีการใช้สารประกอบต่างๆ มาเป็นตัวช่วยในการทำให้เส้นใยดูดซับสีให้สีเกาะเส้นใยได้แน่นขึ้น มีความทนทานต่อแสง และการซักเพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า สารช่วยย้อม และสารช่วยให้สีติด สารเหล่านี้ นอกจากจะเป็นตัวจับยึดสีและเพิ่มการติดสีในเส้นใยแล้วยังช่วยเปลี่ยนเจดสีให้เข้มจางหรือสดใสสว่างขึ้น

1. สารช่วยย้อมหรือสารกระตุ้นสีหรือมอร์แดนท์ (mordant) เป็นสารที่ช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายดีขึ้นและเปลี่ยนเจดสีธรรมชาติให้เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม ในสมัยโบราณจะใช้การต้มมูลหรือปัสสาวะสัตว์ลงไปจนถึงย้อม ปัจจุบันมีการใช้สารที่ได้จากทั้งสารเคมีและสารธรรมชาติ ดังนี้

1.1 สารช่วยข้อมเคมี หมายถึง วัตถุประสงค์ที่ใช้ผสมเพื่อให้สติดแน่นกับผ้าที่ข้อมส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะพวกอลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง ดีบุก โครเมียม สำหรับมอร์แดงที่แนะนำให้ใช้สำหรับการข้อมระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนเป็นสารเคมีเกรดการค้า ซึ่งมีราคาถูก คุณภาพเหมาะสมกับงาน มีวิธีการใช้งานที่สะดวกโดยการชั่ง ตวง วัดพื้นฐาน แล้วนำไปละลายน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการและหาซื้อได้ง่ายจากร้านค้าสารเคมีทางวิทยาศาสตร์ หรือทางการแพทย์ทั่วไป สารมอร์แดงที่ใช้กันทั่วไปคือ

- สารส้ม (มอร์แดงท้อลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับเส้นด้ายและช่วยให้สีสดสว่างขึ้น มักใช้กับการข้อมสี น้ำตาล-เหลือง-เขียว

- จุนสี (มอร์แดงทองแดง) ช่วยให้สติดและเข้มขึ้น ใช้กับการข้อมสีเขียว-น้ำตาล ข้อแนะนำสำหรับการใช้มอร์แดงทองแดง คือ ไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการตกค้าง ของทองแดงในน้ำทิ้งหลังการข้อมได้

- เฟอร์สซัลเฟต (มอร์แดงเหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สติดเส้นด้ายและช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสี โทน เทา-ดำ ซึ่งมอร์แดงเหล็กมีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวังคือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้ายเปื่อย

1.2 สารช่วยข้อมธรรมชาติ (มอร์แดงธรรมชาติ) หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติ ที่ช่วยในการย้อมสีและบางครั้งทำให้เฉดสีเปลี่ยน เช่น น้ำปูนใส น้ำด่าง น้ำโคลนและน้ำบาดาล

- น้ำปูนใส ได้จากปูนขาวที่ใช้กินกับหมากหรือทำจากปูนจากการเผาเปลือกหอย โดยละลายปูนขาวในน้ำสะอาด ทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจะได้ น้ำปูนใสมาใช้เป็นสารช่วยข้อมต่อไป

- น้ำด่างหรือน้ำขี้เถ้า ได้จากขี้เถ้าพืช เช่น ส่วนต่างๆ ของกล้วย ต้นผักขม เปลือกของผลนุ่น กากมะพร้าว เป็นต้น เลือกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่ยังคงสดๆ นำมาผึ่งแดดให้หมาด จากนั้นเผาให้เป็นขี้เถ้าสีขาว นำขี้เถ้าไปใส่ในอ่างที่มีน้ำอยู่ กวนให้ทั่วทิ้งไว้ 4 – 5 ชั่วโมงขี้เถ้าจะตกตะกอน นำน้ำที่ได้ไปกรองให้สะอาดแล้วจึงนำไปใช้งาน เรียกว่า “น้ำด่างหรือน้ำขี้เถ้า” อีกวิธีหนึ่งนำขี้เถ้าที่ได้ไปใส่ในกระป๋องที่เจาะรูเล็กๆ รองกันด้วยปุยฝ้ายหรือใยมะพร้าวใส่ขี้เถ้าจนเกือบเต็ม กดให้แน่น เติมน้ำให้ท่วมขี้เถ้า แวนกระป๋องทิ้งไว้ รองเอาแต่น้ำด่างไปใช้งาน

- กรด ได้จากพืชที่มีรสเปรี้ยว เช่น น้ำมะนาว น้ำใบหรือฝักส้มป่อย น้ำมะขามเปียก น้ำบาดาล หรือ น้ำสนิมเหล็ก จะใช้น้ำบ่อบาดาลที่เป็นสนิมหรือนำเหล็กไปเผาไฟให้แดงแล้วนำไปแช่ในน้ำ ทิ้งไว้ 3 วันจึงนำน้ำสนิมมาใช้ได้ น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มขึ้น ให้เฉดสีเทา-ดำเหมือน มอร์แดงเหล็ก แต่ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน

- น้ำโคลน เตรียมจากโคลนใต้สระหรือบ่อที่มีน้ำขังตลอดปี ใช้ดินโคลนมาละลายในน้ำเปล่าสัดส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อดินโคลน 1 ส่วนจะช่วยให้ได้ทอนสีเข้มข้นหรือทอนสีเทา-ดำเช่นเดียวกับน้ำสนิม

การใช้สารช่วยย้อมในการย้อมผ้ามี 3 วิธี คือ

1. การใช้ก่อนการย้อมสี ซึ่งต้องนำเส้นด้ายไปชุบสารช่วยย้อมก่อนนำไปย้อมสีธรรมชาติ

2. การใช้พร้อมกับการย้อมสี เป็นการใส่สารช่วยย้อมไปในน้ำสีแล้วจึงนำเส้นด้ายลงย้อม

3. การใช้หลังย้อมสี นำเส้นด้ายไปย้อมสีก่อนแล้วจึงนำไปย้อมกับสารช่วยย้อมภายหลัง

2.1.9.6 สารช่วยย้อมสีติดจากธรรมชาติ การใช้สารช่วยย้อมสีติดเส้นด้าย โดยสารดังกล่าวจะใช้ย้อมเส้นด้ายก่อนการย้อมสีหรือใช้ผสมในน้ำสีย้อม

สารฝาดหรือแทนนิน สารแทนนินจะมีอยู่ในส่วนต่างๆของพืชที่มีรสฝาดและขม เช่น ลูกหมาก เปลือกเพกา เปลือกสีเสียด เปลือกผลทับทิม เปลือกประดู่ ใบยูคา ใบเหมือดแอ เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติช่วยให้สีติดกับเส้นด้ายได้ดีขึ้น โดยการต้มสกัด น้ำฝาด หรือแทนนินจากพืชดังกล่าว แล้วนำเส้นด้ายต้มย้อมกับน้ำฝาดก่อน จากนั้นจึงนำเส้นด้ายไปย้อมกับน้ำสีย้อมอีกครั้ง

โปรตีนจากน้ำถั่วเหลือง ใช้ต้มกับเส้นด้ายก่อนการย้อมสีเพื่อช่วยในการเพิ่มโปรตีนบนเส้นด้ายทำให้สามารถย้อมสีติดได้ดีมากขึ้น ทางญี่ปุ่นจะชุบฝ้ายไหมด้วยน้ำถั่วเหลืองก่อนเสมอ โดยแช่ไว้ 1 คืน ยิ่งทำให้สีติดมาก ในญี่ปุ่นการย้อมสีธรรมชาติทั้งหมดแช่เส้นใยด้วยน้ำถั่วเหลืองเสมอ

เกลือแกง จะใช้ผสมกับน้ำสีย้อมเพื่อช่วยให้สีติดเส้นด้ายได้ง่ายขึ้น

2.1.9.7 อิทธิพลที่มีผลต่อการทำให้สีติดติดกับเส้นใย อิทธิพลเชิงเคมี มี 4 ชนิด

1. hydrogen bond ในกลุ่ม hydroxyl จะอยู่อย่างหลวมๆ กับอะตอมอื่นเป็น secondary valency ได้ยึดตัวของไฮโดรเจนกับออกซิเจนในโมเลกุลของน้ำ ซึ่งทำให้มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่าที่ได้คาดหมายกันไว้

2. vander wall's forces แรงนี้จะเกิดเองตามธรรมชาติ เป็นแรงที่ทำให้อะตอมและโมเลกุลเข้ามายึดติดกันเอง โดยเฉพาะระหว่างตัวสีกับเส้นใยแรงนี้จะยึดติดกันได้

3. Ionic bond การยึดรวมตัวระหว่างเส้นใยและสีเกิดขึ้นได้โดยไฟฟ้าต่างศักย์เส้นใยเมื่ออยู่ในน้ำจะมีสภาวะเป็นลบ ส่วนใหญ่สีซึ่งละลายน้ำเป็นแอนไอออน

ไอออนของสีเป็นลบ การดูดซึมจึงไม่อาจเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนไอออนของเส้นใยก่อนที่ไอออนของสีจะเข้ามาใกล้พอที่แรงแวนเดอร์วาลส์จะทำหน้าที่ได้

4. covalent bond เป็นการยึดติดในลักษณะเป็นพันธะทางเคมีที่ค่อนข้างแข็งแรง โมเลกุลของสีและเส้นใยมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

2.1.9.8 อิทธิพลของการเปลี่ยนอุณหภูมิ

การย้อมโดยใช้อุณหภูมิสูง

1. ทำให้ย้อมสีได้เร็วขึ้น
2. ลดปริมาณสีที่ซึมผ่านเข้าไปภายใน
3. ทำให้สีเข้าซึมกระจายตัวจากส่วนดูดสีไว้มากไปยังส่วนที่ดูดสีไว้น้อยทำให้ย้อมได้สม่ำเสมอเร็วขึ้น

การย้อมโดยใช้อุณหภูมิต่ำ

1. ทำให้การย้อมสีนั้นช้า
2. สีจะดูดซึมได้สีมาก
3. ตัวสีจะกระจายตัวได้ดีสม่ำเสมอ

2.1.9.9 อิทธิพลของสารช่วยติดสี

สารช่วยติดสีที่สำคัญแบ่งออกได้เป็นชนิดต่างๆ 7 ชนิดด้วยกัน คือ

1. กรด ใช้สำหรับย้อมใยโปรตีนและไนลอนเมื่อใช้สีแอสิก
2. ด่าง ใช้สำหรับใยเซลลูโลสด้วยสีโซอิก แวกต์ สีกำมะถัน
3. เกลือ ใช้ในการย้อมสีแอซิดและใยเซลลูโลสทุกชนิด
4. สารช่วยให้สีสม่ำเสมอใช้กับสีแวกต์ สีดิสเพอส และสีแอซิดบางตัว
5. สารนำใช้สำหรับย้อมใยสังเคราะห์บางชนิด
6. สารละลายอินทรีย์บางครั้งจะใช้เมื่อย้อมขนสัตว์และใยสังเคราะห์
7. สารรีดิวซิ่ง

2.1.9.10 อิทธิพลด้านเรขาคณิตของโมเลกุลสี

1. การดูดติดเส้นใยลักษณะแบนๆ ของโมเลกุลของสีย้อมบางครั้งมีผลกระทบต่อคุณสมบัติการย้อมของสีตัวนั้นๆ กลุ่มสารเคมีใดๆ ที่นำมาใช้กับสีไคเร็กซ์และสีดิสเพอสที่ทำให้ความแบนของสีย้อมต้องกระทบกระเทือน และทำให้เกิดบิดพันกันของโมเลกุลจะทำให้ลดปริมาณดูดติดสีของเส้นใยเซลลูโลสและอะซิเตดด้วย

2. ระดับการติดสี คุณสมบัติส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของสี ส่วนหนึ่งจะเป็นคุณสมบัติเชิงกล ถ้าโมเลกุลยิ่งเล็กและยาวเท่าไรก็จะผ่านช่องว่างเข้าไปในเส้นใยมากขึ้นเท่านั้น

จะเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีข้อมฝ้ายด้วยสียโคเร็กซ์ ข้อมขนสัตว์ด้วยสียแอสิก หรือเจลาตินและดิสเพอซิมเข้าไปภายในใยอาซิเตด

3. ความคงทนของสี สีกรดที่ใช้ข้อมขนสัตว์ทุกตัวจะมีกลุ่มซัลโฟสองกลุ่มในหนึ่งโมเลกุลตัวสีซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงและขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าจะคงทนมากกว่า

2.2 จลนศาสตร์การดูดซับ (Adsorption kinetic)

การศึกษาอัตราเร็วปฏิกิริยา ของการดูดซับ สมการของ pseudo-first order

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

อินทิเกรตสมการที่ 1 ที่สภาวะ $t=0$ ถึง > 0 ($q_t = 0$) หลังจากนั้นจัดให้ได้สมการเส้นตรงของ pseudo-first order ดังสมการที่ 2

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{log}q_e - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (2)$$

เมื่อ q_e คือ ความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล (mmol/g)

q_t คือ ความสามารถในการดูดซับที่เวลาใดๆ (mmol/g)

k_1 คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (min^{-1})

t คือ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (min)

สมการของ pseudo-second order

$$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t + k_2 t}{1} \quad (3)$$

สมการที่ 3 สามารถจัดให้อยู่ในรูปของอนุพันธ์ได้ดังสมการที่ 4

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (4)$$

อินทิเกรตสมการที่ 4 ที่เวลา $t = 0$ ถึง t และความสามารถในการดูดซับสีของเส้นไหมของ
ที่เวลาใดๆ $q_t = 0$ ถึง q_t ได้ดังสมการที่ 5

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + k_2 t \quad (5)$$

จัดรูปสมการที่ 5 ให้เป็นสมการเส้นตรง ดังสมการในสมการที่ 6

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (6)$$

เมื่อ q_e คือ ความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล (mmol/g)

q_t คือ ความสามารถในการดูดซับที่เวลาใดๆ (mmol/g)

k_2 คือ ค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยาอันดับสอง (min^{-1})

t คือ เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (min)

2.2.1 ไอโซเทอร์มการดูดซับ (Adsorption kinetic)

2.2.1.1 สมการการดูดซับของฟรุนดริช (Freundlich adsorption isotherm) ใช้อธิบาย
ไอโซเทอร์มของการดูดซับภายใต้สมมติฐานที่ผิวของตัวดูดซับเป็นแบบวิถีวิวิธพันธ์
(heterogeneous adsorption surface พื้นไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด) มีรูปแบบของสมการเป็นดังนี้

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (7)$$

เมื่อ K_F คือ ค่าคงที่ของฟรุนดริช แสดงถึงความสามารถในการดูดซับ (L/g)

n คือ ค่าคงที่ของฟรุนดริช แสดงถึงความเข้มข้นของการดูดซับ

จัดรูปสมการที่ 7 ให้เป็นเส้นตรง ดังแสดงในสมการที่ 8

$$\text{Log } q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \quad (8)$$

เมื่อ q_e คือ ปริมาณการดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถใน
การดูดซับ) (mmol/g)

K_F คือ ค่าคงที่การดูดซับ

$1/n$ คือ ความชันของกราฟ

C_e คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (mmol/g)

เมื่อนำสมการที่ 8 มาเขียนกราฟระหว่าง $\log q_e$ กับ $\log C_e$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $1/n$ และจุดตัดแกนในแนวตั้งเท่ากับ $\log K_F$

ค่า $1/n = 1$ อธิบายถึงไอโซเทอร์มของการดูดซับเป็นแบบเส้นตรง ค่า $1/n >$ อธิบายถึงบริเวณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากที่จะใช้ในการดูดซับ และ $1/n <$ อธิบายถึงปริมาณพื้นผิวของตัวดูดซับมีปริมาณจำกัดที่จะใช้ในการดูดซับ

2.2.1.2 สมการดูดซับของ แลงเมียร์ (Langmuir adsorption isotherm)

ข้อกำหนดว่า พื้นผิวบนตัวดูดซับเป็นแบบเดียวกันหมด (homogeneous adsorption surface) มีกลไกการดูดซับเหมือนกับการดูดซับของตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว จากสมการการดูดซับถือว่าการดูดซับได้มากที่สุดเท่ากับหนึ่ง รูปแบบของสมการแลงเมียร์จะต้องคูณปริมาณตัวถูกดูดซับ แทนด้วย q_m ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{Kq_m}{1 + KC_e} \quad (9)$$

เมื่อจัดรูปสมการที่ 9 ให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง จะได้

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Kq_m} + \frac{C_e}{q_m} \quad (10)$$

เมื่อ q_e คือ ปริมาณการดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถในการดูดซับ) (mmol/g)

K คือ ค่าคงที่การดูดซับ

q คือ ความสามารถสูงสุดในการดูดซับ (mmol/g)

C_e คือ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (mg/L)

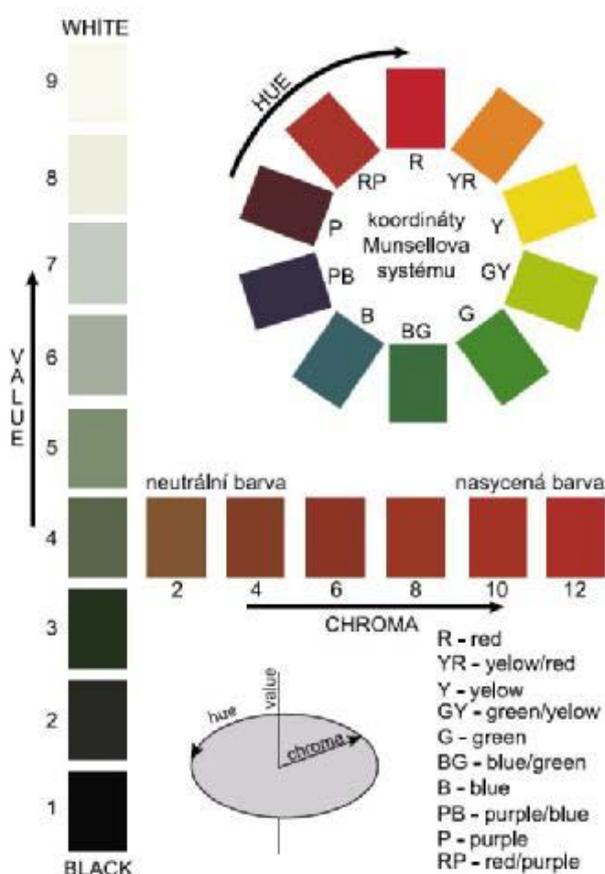
เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง C_e/q_e และ C_e จะได้กราฟเส้นตรงมีค่าความชันเท่ากับ $1/Kq_m$ และจุดตัดเท่ากับ C_e/q_e

2.3 ระบบการวัดสี

ลักษณะของสีวัตถุที่มองเห็นแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ Hue, Value และ Chroma โดย Hue หมายถึงสีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง เขียว และน้ำเงิน ส่วน Value (lightness) หมายถึงความสว่างของสี โดยดูการสะท้อนแสงที่ต่างกันและ Chroma (saturation) หมายถึง ความสดใส ความเข้มหรือความบริสุทธิ์ของสี

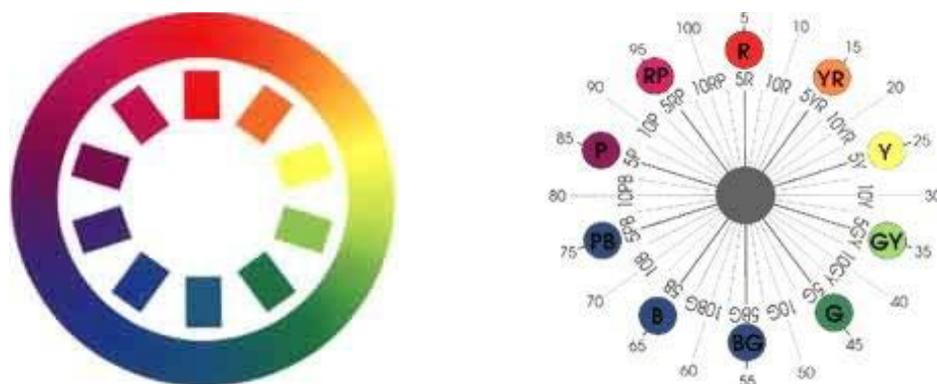
2.3.1 Munsell color system

เป็นระบบที่มีพื้นฐานในการจัดลำดับสีที่ง่ายโดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็นสีวัตถุ คือ hue, value และ chroma โดยการใช้สายตาของมนุษย์แล้วเปรียบเทียบกับสีของวัตถุที่เห็นกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน (munsell color book) แสดงไดอะแกรมของ Munsell color system ดังรูปที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แสดงไดอะแกรมของ Munsell color system

แผ่นกระดาษสีถูกจัดเรียงตามลักษณะของ hue ต่าง ๆ ของแถบสเปกตรัมไปตามเส้นรอบวง 10 สีคือ สีแดง (R) สีแดงออกเหลือง (YR) สีเหลือง (Y) สีเหลืองออกเขียว (GY) สีเขียว (G) สีเขียวออกน้ำเงิน (BG) สีน้ำเงิน (B) สีน้ำเงินออกม่วง (PB) สีม่วง (P) และสีม่วงออกแดง (RP) ระบบ Munsell ระบุสีวัตถุโดยใช้ตัวเลขและตัวอักษรในลักษณะ hue-value/chroma โดย hue เดียวกัน จะมีค่าตั้งแต่ 1-10 และกำหนดให้เลข 5 เป็นจุดกึ่งกลาง สำหรับ hue ที่สำคัญ คือ R, YR, Y, GY, G, BG, PB, P, RP ดังรูปที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะแถบสเปกตรัมของ hue

แผ่นกระดาษสีกลุ่มที่มี hue เดียวกันจะถูกจัดเรียงในแนวตั้งตามลักษณะสีที่มี value แตกต่างกัน จากสีที่มีความสว่างต่ำสุดจนถึงสูงสุด ค่า value มีตั้งแต่ 0-10 โดยตัวเลขต่ำสุดคือ สีดำ (0) และตัวเลขสูงสุด คือ สีขาว (10) และแผ่นกระดาษสีกลุ่มที่มี hue และ value เดียวกัน จะถูกจัดเรียงในแนวนอนตามลักษณะของสีที่มี chroma แตกต่างกัน จากสีที่มีความสดน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุด chroma มีค่าตั้งแต่ 0-12 หรือ 14 ขึ้นอยู่กับสีแต่ละสีจะมีความสดสีที่สูงสุดได้เท่าใด ณ ค่า value คงที่หนึ่ง ๆ

2.3.2 CIE system

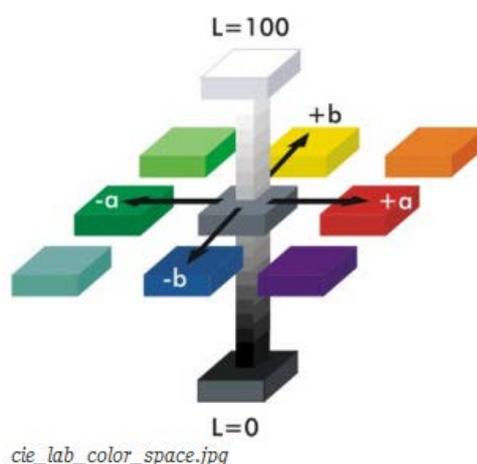
วิธีการวัดสีนี้พัฒนามาจากหน่วยงาน CIE (Commission International de l'Eclairage) ค่าสีที่วัดได้จะเรียกว่า L^* , a^* และ b^* วิธีการที่วัดสีเรียกว่า CIELAB

โดย ค่า L^* คือ ความแตกต่างของแสง (light) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 (มืด) ถึง 100 (สว่าง)

ค่า a^* คือ ค่าของสีที่อยู่ระหว่างสีเขียว ($-a^*$) จนถึงสีแดง ($+a^*$)

ค่า b^* คือ ค่าของสีที่อยู่ระหว่างเหลือง ($+b^*$) จนถึงสีฟ้า ($-b^*$)

แสดงความสัมพันธ์ของสีต่าง ๆ ในรูปที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดงระบบวัดสีด้วยวิธี CIELAB

ที่มา : <http://www.briarpress.org/15154>

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุคาพร ตั้งควนิชและคณะ (2555) งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสมบัติของเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงจากใบสาบเสือ โดยใช้สารช่วยกระจายตัวนาโนซิงค์ออกไซด์คือ สารอะคริลิกและสารพอลิเอเทอร์ฟอสเฟต เคลือบเส้นไหมด้วยนาโนซิงค์โดยใช้เครื่องอัลตราโซนิก ผลิตสีผงจากใบสาบเสือและวัดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (max) ของสีด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำเส้นไหมที่ผ่านการเคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารอะคริลิกและสารพอลิเอเทอร์ฟอสเฟตมาย้อมด้วยสีธรรมชาติแบบผงด้วยใบสาบเสือที่อุณหภูมิ 0-100°C เป็นเวลา 15 นาที นำเส้นไหมไปวัดความเข้มสีด้วยเครื่องวัด (Colorimeter) CIELAB 1976 วัดความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ISO 105-B02:1994 (E) และซักตามมาตรฐาน ISO 105-C10:2006(E) ตรวจสอบสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด การต้านไฟฟ้าสถิต การคืนตัวต่อการยับ การซึมผ่านของอากาศ การทนต่อแรงดึงขาด การทนต่อความร้อน ผลการวิจัยพบว่า ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดของสีย้อมแบบผงของใบสาบเสือมีค่าเท่ากับ 348.26 nm เส้นไหมที่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารอะคริลิก ให้ค่าความเข้มสีสูงสุดเท่ากับ 6.08 เมื่อเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดและมีค่าความสว่างสูงสุดเท่ากับ 68.02 เมื่อเติมมะขามเปียกเป็นสารช่วยติด ส่วนเส้นไหมที่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารอะคริลิกในสารพอลิเอเทอร์ฟอสเฟตให้ค่าความเข้มสีสูงสุดเท่ากับ 6.04 เมื่อเติมสนิมเหล็กเป็นสารช่วยติดและมีค่าความสว่างสูงสุดเท่ากับ 67.33 เมื่อเติมสารส้มเป็นสารช่วยติดเส้นไหมที่เคลือบด้วย

นาโนซิงค์ออกไซด์ในสารอะคริลิกและสารพอลิเอเทอร์ฟอสเฟตมีค่าความคงทนของสีต่อแสงในระดับดีเมื่อเดิมสนิทเหล็กเป็นสารช่วยติดสีเส้นไหมที่เคลือบด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ในสารอะคริลิกและสารพอลิเอเทอร์ฟอสเฟต มีค่าความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในระดับดีเมื่อเดิมจนสีเป็นสารช่วยติด

สุดาพร ตั้งควนิชและคณะ (2555) งานวิจัยนี้ศึกษาการย้อมสีเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติจากใบและเปลือกต้นยางนา โดยนำเอาส่วนที่เป็นใบและเปลือกของต้นยางนามาทำการสกัดทำเป็นสีย้อมธรรมชาติ ศึกษาเจดสีของเส้นไหม ที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ และเคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ย้อมด้วยสีจากใบและเปลือกต้นยางนา โดยใช้เทคนิคการย้อมแบบดั้งเดิม ผลการวิจัยพบว่า ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงสูงสุดของสีย้อมที่ได้จากใบยางนาคือ 410 นาโนเมตร และสีย้อมจากเปลือกยางนาคือ 425 นาโนเมตร เจดสีของเส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ให้เจดสีที่เข้มกว่าเส้นไหมที่ไม่ได้เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์และเมื่อนำสีย้อมไปย้อมและเดิมสารช่วยติดสีชนิดต่างๆ พบว่า เจดสีที่ได้มีความแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของสารช่วยติดสีและส่วนของพืชที่นำมาใช้ในการย้อม วิเคราะห์ความเข้มสีโดยใช้ colorimeter พบว่า ค่าความเข้มสี (K/S) ของเส้นไหมที่ไม่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์แล้วย้อมด้วยสีจากใบและเปลือกต้นยางนามีค่าเท่ากับ 6.73 และ 13.89 ตามลำดับ เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีค่าเท่ากับ 8.87 และ 19.47 ตามลำดับ เส้นไหมที่เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์มีพื้นผิวที่ขรุขระกว่าเส้นไหมที่ไม่ได้เคลือบนาโนซิงค์ออกไซด์ ค่าความคงทนของสีต่อแสงและการซักล้างเจดสีมีค่าอยู่ในระดับ 4-5

จันทนา ไพรบรุณ และคณะ(2555) การศึกษาถึงการดูดซับสีย้อมเบสิก (Astrazon® Red BBL 200%) ด้วยสาหร่ายน้ำจืดสีเขียวสกุล *Spirogyra* ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกะและศึกษาถึงปัจจัยสำคัญต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการดูดซับ เช่น พีเอชของสารละลาย ปริมาณของตัวดูดซับ และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมต่อการดูดซับสีย้อมเบสิกโดยมวลชีวภาพจากสาหร่ายและความสามารถในการดูดซับสีย้อมเบสิกโดยมวลชีวภาพจากสาหร่าย ด้วยการนำตัวดูดซับแห้งมาทอนในสารละลายสีย้อมเบสิกที่พีเอชต่างๆ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวิเคราะห์ปริมาณสีย้อมที่ยังคงเหลืออยู่ในสารละลายโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ามวลชีวภาพจากสาหร่ายมีความสามารถในการดูดซับสีย้อมเบสิกมากที่สุดที่ค่าพีเอชเท่ากับ 6.0 และผลของปริมาณของตัวดูดซับต่อความสามารถในการดูดซับที่จุดสมดุลบ่งชี้ว่าการดูดซับสีย้อมเบสิกลดลงเมื่อปริมาณของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความสามารถในการดูดซับเบสิกทางชีวภาพของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสีย้อมเริ่มต้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังใช้โมเดลการดูดซับของฟรุนดิชและแลงก์เมียร์ เพื่ออธิบายถึงสมดุลของการดูดซับและค่าคงที่ของไอโซเทอมซึ่งผลจาก

การศึกษานี้เป็นการยืนยันว่าสามารถนำสาหร่ายน้ำจืดมาใช้เป็นตัวดูดซับทางชีวภาพเพื่อขจัดสีย้อมเบสิกจากสารละลายและอาจเป็นประโยชน์ต่อการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอต่อไป

รวินทร์ สุทธะนันท์และคณะ (2554) การทดลองนี้ใช้เกลือดัดแปรทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกนำมาใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูทำการทดลองแบบแบตช์ ศึกษาของปริมาณตัวดูดซับความเข้มข้นเริ่มต้นและอุณหภูมิของสีย้อมเมทิลีนบลู นอกจากนั้นยังทำการศึกษาไอโซเทอม จลนศาสตร์และข้อมูลเทอร์โมเคมีผลการทดลองพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นและอุณหภูมิของสีย้อมเมทิลีนบลู มีผลทำให้มีผลทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น ไอโซเทอมของการดูดซับศึกษาแบบจำลองแลงเมียร์และฟรุนดลิช พบว่า สอดคล้องกับสมการฟรุนริชมากกว่าสมการแลงเมียร์ จลนศาสตร์ของการดูดซับศึกษาจากแบบจำลอง Pseudo-first Order และ Pseudo-second Order พบว่า จลนศาสตร์ในการดูดซับสอดคล้องกับสมการ Pseudo-second Order อัตราเร็วของการดูดซับในช่วงเริ่มต้น มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 0.308 ถึง 0.965 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเมทิลีนบลู จาก 20 ถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลไกการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้เกลือดัดแปรเกิดขึ้น 2 ขั้นตอน ข้อมูลทางเทอร์โมเคมีพบว่า การเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนมีค่าเท่ากับ -23.322 กิโลจูลต่อโมล การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีมีค่าเท่ากับ 67.585 จูลต่อโมล-เคลวินและการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระของกิบส์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 44.856 กิโลจูลต่อโมล ซึ่งมีค่าเป็นลบแสดงให้เห็นว่ากระบวนการดูดซับสามารถเกิดขึ้นเองได้

ไพจิตร (2553) การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติแบบผงสำหรับพิมพ์สกรีนบนผ้าไหม สีย้อมธรรมชาติแบบผงที่ศึกษาผลิตจากเปลือกนนทรี เปลือกกระโดน เปลือกมะม่วง ใบหูกวางและ ครั่ง สารช่วยติดสีได้แก่ น้ำมะขาม น้ำจืด น้ำส้ม น้ำปูนใส เกลือ และจุนสี ศึกษาอัตราส่วนของสีผง:สารช่วยติดสีและแป้งมันเพื่อให้ได้เจดสีที่ต้องการ แล้วนำไปพิมพ์สกรีนบนผ้าไหม โดยพิมพ์เป็นลายดอกบัว ลายต้นเทียนและสัญลักษณ์ของบ้านปะอ่าว ผลการวิจัยพบว่า เจดสีที่ตรงกับลายพิมพ์สกรีน คือ สีน้ำตาลแดงจากนนทรี สีน้ำตาลทองจากเปลือกกระโดน สีเหลืองจากเปลือกมะม่วง สีเขียวจากใบหูกวาง และสีแดง-ชมพูจากครั่ง อัตราส่วนของสีผงและสารช่วยติดสี:แป้งที่เหมาะสมคือ 100 มิลลิตร:10 กรัม โดยปริมาณสีผงที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและความเข้มข้นที่ต้องการ ผ้าพิมพ์สกรีนด้วยนนทรีกับกระโดนเดิมสารส้มกับจุนสี มีความคงทนของสีต่อการซักล้างดีที่สุด คือ 3-4 และผ้าไหมที่พิมพ์สกรีนด้วยนนทรีกับกระโดนเดิมสารส้มกับจุนสี และผ้าไหมที่พิมพ์สกรีนด้วยหูกวางเดิมน้ำมะขามและสารส้มมีความคงทนของสีต่อแสงมากที่สุด คือ 4-5 ความคงทนของสีต่อการซักถูขณะเปียกพบว่า นนทรีกับกระโดนเดิมสารส้มกับจุนสีและครั่งเติมน้ำมะขามและสารส้มมีค่ามากที่สุดคือ 5

จักรกฤษณ์ (2553) การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติแบบผงเพื่อนำมาสกรีนบนผ้าฝ้ายเข้มทอมือสี ย้อมธรรมชาติศึกษาผลผลิตจากเปลือกกะบก จี๋เลื่อยประคู้ ใบตะขบ ใบสาบเสือ เปลือกหว่า และ เปลือกนนทรี ให้สารช่วยติดสี ได้แก่ น้ำมะขาม น้ำจืดเก่า สารส้ม น้ำปูนใส เพอร์รัส(II)ซัลเฟต คอปเปอร์(II)ซัลเฟตและเกลือ หาอัตราส่วนของสีย้อมธรรมชาติแบบผง:สารช่วยติดสี:แป้ง เพื่อให้ ได้เจดสีที่ต้องการแล้วนำไปสกรีนบนผ้าฝ้ายเข้มทอมือ โดยพิมพ์เป็นลายผาแต้มและลายเสาดเฉียง ผลการวิจัยพบว่า เจดสีที่ตรงกับพิมพ์สกรีน คือ สีเทาจากเปลือกกะบกและใบตะขบ สีเขียวเข้มจาก ใบสาบเสือ สีดำจากเปลือกหว่า สีน้ำตาลแดงจากเปลือกนนทรีและสีน้ำตาลเหลืองจจี๋เลื่อยประคู้ อัตราส่วนของสีย้อมธรรมชาติแบบผง:สารช่วยติดสี:แป้ง ที่เหมาะสมคือ 10:5:10 และ 5 (5:2.5) กรัม โดยปริมาณสีผงที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มสีที่ต้องการค่าความคงทนของสีต่อ แสงของผ้าฝ้ายเข้มทอมือที่พิมพ์สกรีนด้วยสีย้อมธรรมชาติแบบผงส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 4-5 ค่า ความคงทนของสีต่อการซักล้างของผ้าฝ้ายเข้มทอมือพิมพ์สกรีนด้วยสีย้อมธรรมชาติผงจากเปลือก กะบกมีค่ามากที่สุดอยู่ในระดับ 4 ผ้าฝ้ายเข้มทอมือพิมพ์สกรีนด้วยสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากใบ ตะขบและเปลือกนนทรีมีค่าความคงทนต่อการซักดูขณะแห้งมากที่สุดอยู่ในระดับ 5 และผ้าฝ้ายเข้ม ทอมือพิมพ์สกรีนด้วยสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากเปลือกนนทรีมีค่าความคงทนของสีต่อการซักดู ขณะเปียกมากที่สุดอยู่ที่ระดับ 4-5 เมื่อปรับสภาพผ้าฝ้ายเข้มทอมือด้วยน้ำส้มสายชูค่าความคงทนต่อ แสงของผ้าฝ้ายเข้มทอมือพิมพ์สกรีนด้วยสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากเปลือกนนทรีมีค่ามากที่สุดอยู่ ในระดับ 5 และค่าความคงทนของสีต่อการซักล้างมากที่สุดในระดับ 4

ประพันธ์และบัณฑิตา (2553) ศึกษาโคเนติกส์การซีดจางของสีย้อมธรรมชาติแบบผง ศึกษา โคเนติกส์การซีดจางของสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากครั่ง ครามใบสมอ ใบหูกวาง เปลือกหว่าและ สีเคมี โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C, 27°C และ 45 °C เป็นเวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, และ 12 สัปดาห์ นำสีผงที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ไปวัดค่าความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) CIELAB 1976 และวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้น ผลการวิจัยพบว่า ค่าความเข้มของสี ย้อมธรรมชาติแบบผงและสีเคมีเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆเมื่อเวลาผ่านไป 12 สัปดาห์ ค่าความเข้มสี ย้อมธรรมชาติแบบผงจะลดลงทุกอุณหภูมิ สีเคมีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C มีค่าความเข้มสีลดลง สูงสุดเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสีย้อมธรรมชาติแบบผงที่ค่าความเข้มสีลดลงน้อยที่สุด คือ สีย้อม ธรรมชาติแบบผงจากใบหูกวางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C ค่าเท่ากับ 1.09 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความชื้นของสีย้อมธรรมชาติแบบผงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ที่อุณหภูมิ 0°C สีย้อมทุกชนิดจะมีค่าสูงกว่าที่เก็บที่อุณหภูมิ 27 °C และ 45 °C สีเคมีที่เก็บ รักษาที่อุณหภูมิ 0°C มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 4.52 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสีย้อม ธรรมชาติแบบผงที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ครามมีค่าเท่ากับ 0.79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

อุณหภูมิเพิ่มความชื้นจะลดลงและเมื่ออุณหภูมิแตกต่างกันมีผลให้ความชื้นแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และระยะเวลากับความชื้นของแต่ละอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และเมื่อเปรียบเทียบสีย้อมธรรมชาติแบบผงและสีเคมีพบว่า สีย้อมธรรมชาติแบบผงมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่าสีเคมี

ปณิธาน (2552) ผลของมอร์แดนต์ต่อความคงทนของสีและการดูดซับสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากผลมะกายคัคนบนเส้นด้ายฝ้ายศึกษาผลของมอร์แดนต์ 4 ชนิด คือ อลูมิเนียม ทองแดง เหล็ก และ ดีบุกที่มีต่อการย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีสกัดจากผลมะกายคัคนด้วยน้ำและสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ pH 11 ได้ทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีระหว่าง 35 ถึง 75 °C และเวลาระหว่าง 3 ถึง 60 นาที ใช้อัตราส่วนด้ายต่อน้ำย้อม 1:10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ติดตามการดูดซับสีโดยวิธีการทางสเปกโทรสโกปี นำสภาวะที่เหมาะสมไปใช้ในการศึกษาผลของมอร์แดนต์ที่มีต่อการดูดซับสีและความคงทนของสี ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ความเข้มข้นของมอร์แดนต์ระหว่างร้อยละ 0.125 ถึง 1.0 ของน้ำหนักด้าย และวิธีการย้อมมอร์แดนต์ 3 แบบคือ ก่อน พร้อม และหลังย้อมสี นำเส้นด้ายฝ้ายที่ทำการย้อมสีไปวัดสีในระบบ CIELAB และความเข้มสี (K/S) ทำการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการซักตามวิธีมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า การดูดซับสีลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ย้อมสี การดูดซับสีมีค่าระหว่าง 10 - 40 % โดยมีค่าเฉลี่ยการดูดซับสีจากน้ำย้อมที่สกัดด้วยน้ำและที่สกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 24 และ 20 % ตามลำดับ สีที่ย้อมได้มีสีเหลืองอ่อน มีค่าความสว่าง (L*) ในช่วง 79-86 ค่าความเป็นสีแดง (a*) ในช่วง 0.3-2.5 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในช่วง 19-30 น้ำย้อมสกัดด้วยเบสเมื่อย้อมด้ายฝ้ายให้สีมืดกว่าและสีออกเหลืองมากกว่าน้ำย้อมสกัดด้วยน้ำ อุณหภูมิและเวลาข้อมมีผลต่อค่าสีที่ได้พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีคืออุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที การใช้มอร์แดนต์ก่อนย้อมสีทำให้ด้ายฝ้ายดูดซับสีเพิ่มขึ้นมาก เมื่อเทียบกับการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ ดีบุก อลูมิเนียม ทองแดง และเหล็ก ทำให้การดูดซับสีจากน้ำย้อมสกัดด้วยน้ำเพิ่มขึ้น 51, 53, 77 และ 97 % ตามลำดับ และการดูดซับสีจากน้ำย้อมสกัดด้วยเบสเพิ่มขึ้น 121, 109, 174 และ 217 % ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า การดูดซับสีเพิ่มตามการเพิ่มความเข้มข้นของมอร์แดนต์ ยกเว้นเหล็กที่การดูดซับสีคงที่ การใช้มอร์แดนต์พร้อมย้อมสีในน้ำย้อมที่สกัดด้วยน้ำนั้นพบว่า โดยเฉลี่ยทองแดงไม่ทำให้การดูดซับสีเพิ่มขึ้น ดีบุกทำให้การดูดซับสีลดลง 4 % เหล็กและอลูมิเนียมทำให้การดูดซับสีเพิ่มขึ้น 22 และ 57 % ตามลำดับ แต่ในน้ำย้อมที่สกัดด้วยเบส ดีบุกเหล็กทองแดง และอลูมิเนียมให้การดูดซับสีเพิ่มขึ้น 46, 61, 131 และ 181 % ตามลำดับเมื่อเทียบกับการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดนต์ มอร์แดนต์อลูมิเนียมและดีบุกไม่มีผลต่อเจดสี ทองแดงให้สีเหลืองออกเขียว ในขณะที่เหล็กให้สีน้ำตาลอมเหลืองถึงน้ำตาลเทา วิธีการใช้มอร์แดนต์ที่ไม่มีผลต่อค่าสี

(L*, a* และ b*) แต่ชนิดและความเข้มข้นของมอร์แดงที่มีผลต่อค่าสี ชนิด ความเข้มข้นและวิธีการใช้มอร์แดงที่มีผลต่อความเข้มสี (K/S) ด้วยย้อมสีโดยไม่ใช้มอร์แดงที่ให้สีที่มีความคงทนต่อแสงระดับ 1-2 ชนิดของตัวทำละลายสกัดและความเข้มข้นของมอร์แดงที่ไม่มีผลต่อความคงทนของสีต่อแสง การใช้มอร์แดงที่อุมิเนียมก่อนหรือพร้อมย้อมสีช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อแสง 0.5-1 ระดับ การใช้มอร์แดงที่หลังย้อมสีไม่มีผลต่อความคงทนต่อแสง ดิบุกก่อนหรือหลังย้อมสีให้สีที่มีความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้น 0.5 ระดับ การใช้มอร์แดงที่พร้อมย้อมสีไม่มีผลต่อความคงทนต่อแสง การใช้ทองแดงก่อนหรือพร้อมย้อมสีให้สีที่มีความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้น 2.5 ระดับ แต่จะเพิ่มขึ้นเพียง 1.5 ระดับถ้าใช้ทองแดงหลังย้อมสี เหล็กทำให้สีทนต่อแสงเพิ่มขึ้น 1 ถึง 1.5 ระดับไม่ขึ้นกับวิธีการย้อมมอร์แดง การย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดงที่ให้สีที่มีความคงทนต่อการตกซีดของสีหลังซักระดับ 1-2 ของสเกลเทา การเปื้อนติดสีบนผ้ามาตรฐานอยู่ที่สเกลเทาระดับ 4 ถึง 4-5 การใช้มอร์แดงที่ช่วยทำให้สีมีความคงทนต่อการซักดีขึ้น การตกซีดของสีหลังการซักขึ้นอยู่กับชนิดของมอร์แดงแต่ไม่ขึ้นกับวิธีดำเนินการและความเข้มข้นของมอร์แดงที่ใช้ อลูมิเนียมและดิบุก ทำให้ความคงทนของสีต่อการตกซีดหลังซักเพิ่มขึ้น 0.5 ถึง 1.5 ระดับสเกลเทา ทองแดงทำให้ความคงทนเพิ่มขึ้น 1.5 เท่าเหล็กทำให้ความคงทนเพิ่มขึ้น 0.5 ถึง 2.5 เท่า การเปื้อนติดสีหลังการซักพบว่าสีเปื้อนติดผ้ามาตรฐานอื่นน้อยลงไม่ขึ้นกับชนิดความเข้มข้นและวิธีการย้อมมอร์แดง แต่สีเปื้อนติดผ้าในลอนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการย้อมโดยไม่ใช้มอร์แดง

คำพอง อยู่ศรี (2551) ได้ศึกษาการย้อมเส้นไหมที่เคลือบไซโตซานด้วยสีจากเมล็ดคำแสดโดยนำเส้นไหมที่ไม่เคลือบไซโตซานและเคลือบไซโตซานมาย้อมสีผงจากเมล็ดคำแสดที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม/มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นำไปวัดค่าความเข้มสีของเส้นไหมด้วยเครื่อง Colorimeter ผลวิจัยพบว่า มี % yield ของสีผงที่ผลิตขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.8 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด มีค่าเท่ากับ 469.72 นาโนเมตร เส้นไหมที่เคลือบไซโตซานย้อมด้วยสีผงเมล็ดคำแสดจะให้ค่า K/S มากกว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไซโตซานและจากการเดิมสารช่วยติดน้ำมะขาม น้ำปูนใส และน้ำจี้เถ้า พบว่า สารช่วยติดที่เหมาะสมในการย้อมมากที่สุด คือ น้ำปูนใส

สุดาพรและคณะ (2551) พัฒนาสีย้อมธรรมชาติในรูปแบบผงสำหรับอุตสาหกรรมผ้าฝ้ายและผ้าไหมในเขตจังหวัดอุบลราชธานี โดยผลิตสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากครั้งและพืชชนิดต่างๆ ทดลองย้อมผ้าฝ้ายและผ้าไหมด้วยสีผงที่ผลิตขึ้น ศึกษาเจดสีของเส้นไหมและเส้นฝ้ายที่ผ่านการย้อมที่ 1 ด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นแล้วย้อมทับด้วยคราม ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและการย้อมเส้นฝ้ายและเส้นไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากครั้งและพืชชนิดต่างๆในรูปแบบผู้ชุมชนและสร้างเครือข่ายผู้ผลิตผ้าฝ้ายและผ้าไหมในจังหวัดอุบลราชธานีการย้อมเส้นใยฝ้ายและเส้นใยไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติในรูปแบบผงจากครั้งและพืชชนิดต่างๆโดยชั่งสีผงมาในอัตราส่วน 1 กรัมต่อเส้นไหม

และเส้นฝ้าย 1.5 กรัม มาละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร ต้มน้ำย้อมให้มีอุณหภูมิ 80 °C เติมน้ำช่วยติดสี 15 มิลลิลิตร ย้อมเส้นไหมในน้ำย้อมนาน 15 นาที ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำเส้นไหมไปวัดค่าความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter, CIELAB 1976) วัดความคงทนต่อแสง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105B02:1994F และความคงทนต่อการซักล้าง ทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 17025-2548,105-C01:1989 (E) การผลิตสีย้อมธรรมชาติจากครั้งและพืชชนิดต่างๆในรูปแบบผง พบว่า ร้อยละผลผลิตของสีผงที่สกัดได้ ครามมากที่สุด คือ 4.6 มะพร้าวให้ร้อยละผลผลิตน้อยที่สุด คือ 1.76 เจดสีไหมที่ย้อมด้วยสีผงจากเปลือกจามจุรี คราม ใบหู กวาง ใบสะเดา เปลือกมะพร้าวอ่อน เปลือกจิวป่า ครั้ง ใบขี้เหล็ก เปลือกต้นเปลือยและเปลือกสะเดา ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยที่ไม่เติมน้ำช่วยติดสีครีม เงินเหลือง เหลืองอ่อน ครีม ครีมชมพูเหลืองอ่อน น้ำตาลอ่อนและครีม ตามลำดับ สีที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีสีอ่อนเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะมีสีเข้มขึ้น ความเข้มข้นสูงสุด คือ 1.0 กรัม/มิลลิลิตร เจดสีที่ย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นเติมน้ำช่วยติดสีต่างๆแล้วย้อมทับด้วยคราม พบว่า ได้เจดสีไหม 7 เจด:ครามร้อนได้เจดสีไหม 5 :เจด; ครามเย็นได้เจดสีไหม 6 เจด ;จามจุรีได้เจดสีไหม 4 เจด ;มะพร้าวอ่อนได้ เจดสีไหม 8 เจด;เปลือกสะเดาได้เจดสีไหม 5 เจด;ขี้เหล็กได้เจดสีไหม 6 เจด;เปลือยได้เจดสีไหม 5 เจด;สะเดาได้เจดสีไหม 6 เจด;หูกวางได้เจดสีไหม 5 เจดและจิวป่าได้เจดสีไหม 10 เจด ค่า K/S ของเส้นไหมที่ย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงความร้อนเติมน้ำช่วยติดสีดินขาวย้อมทับด้วยความเย็นที่มีค่าสูงสุด คือ 70:60 สีฝ้ายที่ไม่เคลือบไซโตซานย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงเติมน้ำช่วยติดสีย้อมทับด้วยครามและล้างในน้ำล้างต่างๆพบว่า ฝ้ายย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากครั้งล้างด้วยน้ำส้มคว้นไหมได้เจดสีฝ้าย 4 เจด ล้างด้วยน้ำดินขาว 2 เจด ค่า K/S ของเส้นฝ้ายย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากใบสะเดาเติมดินขาวย้อมทับด้วยครามเย็นที่มีค่าสูงสุด คือ 51.26 เจดสีฝ้ายที่เคลือบไซโตซานผ่านการย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นเติมน้ำช่วยติดแล้วย้อมทับด้วยครามเย็น พบว่า ฝ้ายที่ย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากเปลือกจิวป่าได้เจดสีฝ้าย 8 เจด เส้นฝ้ายที่เคลือบไซโตซานย้อมด้วยสีผงจากใบขี้เหล็กเติมน้ำส้มคว้นไม้จะให้ค่า K/S 42.43 ค่าความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้างของเส้นไหมที่ย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นแล้วย้อมทับด้วยครามพบว่ามีเส้นไหมที่ย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากครั้งเติมน้ำช่วยติดสีขี้เถ้าและสีโอไลต์มีค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดี (5) และเมื่อเติมน้ำส้มคว้นไม้ย้อมทับด้วยครามร้อน ค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดี-ดีมาก (5-6) เมื่อย้อมเส้นไหมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากครามเย็นเติมดินขาวย้อมทับด้วยครามเย็น ค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดี (4-5) เมื่อย้อมเส้นไหมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากใบหูกวางเติมสีโอไลต์หรือไซโตซานย้อมทับด้วยความเย็น ค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดี-ดีมาก (6) เมื่อย้อมเส้นไหมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากขี้เหล็กเติมมะขาม ค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ดี-ดีมาก (6) เมื่อย้อมเส้นไหมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่

พบว่า ความคงทนต่อแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี-ดีมาก (5-6) ความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในระดับปานกลาง (4) เส้นไหมที่ไม่เคลือบไซโตซานย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากครั้งเดิมน้ำจืดและย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากสะเดาเดิมมะขามแล้วย้อมทับด้วยครามเย็นมีค่าความคงทนอยู่ในระดับ 2-3 เส้นฝ้ายที่ย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงจากเปลือกเดิมน้ำส้มควันไม้ไม่มีค่าความคงทนอยู่ในระดับ 3-4 เส้นฝ้ายที่ย้อมครั้งที่ 1 จากใบหูกวางเดิมน้ำส้มควันไม้แล้วย้อมทับด้วยคราม มีค่าความคงทนต่อแสงอยู่ในระดับ 4 (ดีพอใช้) เมื่อนำเส้นไหมที่เคลือบไซโตซานย้อมครั้งที่ 1 ด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นแล้วย้อมทับด้วยคราม พบว่า ความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการชะล้างดีขึ้น คือ อยู่ในระดับ 3-4 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและย้อมเส้นใยฝ้ายและไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติในรูปแบบผงให้กับสมาชิกเครือข่ายจากการสำรวจพบว่า สมาชิกของเครือข่ายมีความพึงพอใจในสีย้อมธรรมชาติแบบผงร้อยละ 95 ผลการสร้างเครือข่ายได้เครือข่ายผู้ย้อมผ้าฝ้ายและไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติในจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 32 กลุ่ม มีสมาชิกทั้งหมดจำนวน 75 คน มาจาก 12 อำเภอ 1 กิ่งอำเภอ

จันทร์รันต์ (2550) ได้ศึกษาการย้อมไหมด้วยน้ำสีจากเปลือกเงาะสดเพื่อศึกษาผลการใช้สารช่วยติดในการย้อมเส้นด้ายไหมด้วยสีจากเปลือกเงาะสดโดยการศึกษาผลต่อสี ความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนต่อแสง โดยการนำเปลือกเงาะสดมาสกัดน้ำสีโดยการต้ม หลังจากนั้นนำน้ำสีที่ได้ไปย้อมเส้นด้ายไหมแล้วใช้สารช่วยติดย้อมทับหลังจากการย้อม 3 ชนิด ได้แก่ สารส้ม กรดน้ำส้ม และจุนสี ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ วัดค่าสีและทดสอบความคงทนต่อการซัก ความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนของสีต่อการขัดถูวัดค่าสีในระบบ CIEL * L* a* และ b* ในการเปรียบเทียบสีของผ้าไหมที่ย้อม ใช้ค่า L*, a* b*, c* และ h* จัดแผนการทดลองแบบ Factorial แบบ RCB โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย คือชนิดของสารช่วยติดและระดับความเข้มข้นของสารช่วยติด พบว่า สารช่วยติดมีผลต่อค่าต่างๆแต่ระดับความเข้มข้นสีมีผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ภุริภัทรและคณะ (2550) พัฒนาการย้อมสีไหมด้วยครามโดยผลิตสีผงจากครั้งเปลือกจากต้นมะม่วงป่าและเปลือกต้นเปลือก สีขาวเสียดสีเส้นไหมที่เคลือบและไม่เคลือบไซโตซานที่ผ่านการชุบด้วยสีผงที่ผลิตขึ้นที่อุณหภูมิ 80-100°C เป็นเวลา 15 นาที พบว่า เส้นไหมที่เคลือบด้วยไซโตซานย้อมด้วยสีผงครั้ง มะม่วงป่าและเปลือกมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 13.74, 10.87 และ 10.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและเส้นไหมที่ไม่เคลือบไซโตซานมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับเท่ากับ 26.61, 23.86, และ 17.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไหมที่ไม่ชุบด้วยสีผงครั้ง มะม่วงป่า และเปลือก และย้อมด้วยครามน้ำจะได้สีม่วง สีเขียว และสีน้ำตาลตามลำดับ เมื่อนำเส้นไหมที่ผ่านการย้อมด้วยครามล้างด้วยส้มควันไม้ น้ำมะขาม น้ำค้าง น้ำกลั่นเพอร์ไลต์ และดินขาวจะได้สีเส้นไหมที่มีเจดสีที่เข้ากว่าเส้นไหมที่ไม่เคลือบไซโตซานการวัดค่าความเข้มสีด้วย Colorimeter ไหมที่เคลือบด้วยไซโตซาน

ข้อมด้วยครั้ง มะม่วงป่า และเปลือกมีค่า (L^* , a^* และ b^*) เท่ากับ 43.98, 9.57 และ 2.04, 61.47, 5.42 และ 13.73, 59.03, 7.05 และ 9.34 ตามลำดับ ไหมที่ไม่เคลือบด้วยไซโตซานข้อมด้วยครั้ง มะม่วงป่า และเปลือกมีค่า (L^* , a^* และ b^*) เท่ากับ 40.59, 10.28 และ 3.45, 61.11, 5.77 และ 14.73, 57.01, 7.28 และ 10.37 ตามลำดับ ส่วนความคงทนต่อการซักล้างและความคงทนต่อแสงของเส้น ไหมที่เคลือบและไม่เคลือบไซโตซานข้อมด้วยน้ำครามและชุบด้วยสีผงครั้ง มะม่วงป่า และเปลือกข้อมด้วยคราม น้ำล้างด้วยน้ำกลั่นพบว่า ที่ไม่เคลือบไซโตซานมีค่าความคงทนต่อแสงและความคงทนต่อการซักล้างเท่ากับ 3-4, 4, 4 และ 3, 3, 2, 3-4 และ 4 ตามลำดับ และไหมที่ไม่เคลือบด้วยไซโตซานมีค่าเท่ากับ 3-4, 4, 4 และ 3, 3, 2, 3-4 และ 4 ตามลำดับ

วรรณาและคณะ (2550) ศึกษาการเตรียมสีผงจากพืชในท้องถิ่น ได้แก่ เปลือกต้นมะขามเทศ ใบหูกวาง รากขมิ้นชัน และดอกอัญชัน โดยนำพืชมาสกัดด้วยน้ำเดือดและระเหยบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ ด้วยการเปลี่ยนแปลงเวลาสกัดและอัตราส่วนของพืชต่อน้ำ ผลการทดลองพบว่า เวลาที่เหมาะสมในการสกัด สำหรับมะขามเทศ ใบหูกวาง ขมิ้นชันและดอกอัญชัน คือ 120, 90, 90 และ 120 นาที ตามลำดับ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมของพืชต่อน้ำคือ 1:30 ปริมาณผงสีแบบใช้และไม่ใช้สารช่วยข้อม โดยสารช่วยข้อมคือ สารส้ม และเหล็กออกไซด์ การข้อมโดยใช้สารส้มเป็นสารช่วยข้อมจะให้สีมีความสว่างสดใส ขณะที่ใช้เหล็กออกไซด์เป็นสารช่วยข้อม ได้สีที่คล้ำกว่าเส้นไหมที่ข้อม เมื่อนำไปซักความสดใสลดลง การข้อมเส้นไหมแบบใช้สารช่วยข้อมและไม่ใช้สารช่วยข้อมพบว่า ให้ค่าความคงทนต่อแสงตามค่ามาตรฐาน บลูสเกลไม่แตกต่างกัน

นันทนัช พิเศษฐวิทย์ (2533) ศึกษาผลของการใช้สารช่วยติดสีที่มีต่อการข้อมไหมด้วยใบตะขบฝรั่ง โดยใช้สารช่วยติดสี 4 ชนิด คือ 1, 2, 3, และ 4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม ใช้เวลาข้อม 30 นาที อุณหภูมิ 58-80 องศาเซลเซียส พบว่า สีที่ได้แตกต่างกันตามชนิดของสารช่วยติดสี เมื่อใช้สารส้มให้สีเหลือง ใช้จุนสีให้สีเหลืองอมเขียว ใช้เหล็กให้สีเทาและใช้โครนให้สีเหลืองทอง ค่าความคงทนของสีต่อการซัก พบว่า สารช่วยติดสีจากโครนให้ค่าความคงทนต่อการซักสูงสุด ค่าความคงทนของสีต่อแสง พบว่า ผ้าไหมที่ไม่เติมสารช่วยติดสีให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงสูงสุด

Leandro S. (2008) การศึกษาประสิทธิภาพของเปลือกกาแฟที่เป็นตัวดูดซับทางชีวภาพในการบำบัดสีข้อมที่ปนเปื้อนในน้ำงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อนำเสนอทางเลือกสำหรับการใช้เปลือกกาแฟคือ ส่วนที่เหลือของกระบวนการผลิตกาแฟที่สามารถนำมาเป็นตัวดูดซับเพื่อบำบัดเมทิลีนบลู จากน้ำเสีย , โดยศึกษาผลของอุณหภูมิของสารละลาย , ผลของ pH, ปริมาณตัวดูดซับทางชีวภาพที่ใช้และช่วงระยะเวลาในการทดสอบการกำจัดเมทิลีนบลู การทดลองหาสภาวะความสมดุลของการดูดซับที่เหมาะสมโดยรูปแบบการดูดซับเป็นแบบ Langmuir และ Freundlich

ไคเนติกส์ของการดูดซับทดสอบโดยปฏิกิริยาแบบอันดับหนึ่งและปฏิกิริยาอันดับสอง การดูดซับเมทิลีนบลูเข้าสู่เปลือกกาแฟ อธิบายได้ดีที่สุดด้วยวิธีแบบอันดับสอง การศึกษาอุณหภูมิศาสตร์พารามิเตอร์แสดงให้เห็นว่าเป็นการดูดซับแบบธรรมชาติและดูดซับแบบความร้อน การศึกษาข้อมูลในครั้งนี้นี้ การทดลองแสดงให้เห็นว่าเปลือกกาแฟมีความเหมาะสมจะนำมาเป็นตัวดูดซับทางชีวภาพในการกำจัดสีย้อมที่มีประจุบวก

Shanker และคณะ (2007) ได้ศึกษาการผลิตสีย้อมธรรมชาติจากพุดตาน (*Hibiscus mutabilis*) ซึ่งอยู่ในวงศ์ Malvaceae ได้ถูกสำหรับการใช้ย้อมสีสิ่งทอสารสกัดจากดอกพุดตานให้เจดสีที่มีความคงทนต่อแสง ความคงทนต่อการซักดูและความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในเกณฑ์ดีสีจะย้อมได้ดีในการย้อมผ้าฝ้ายผ้าไหมสำหรับอุตสาหกรรมเสื้อผ้าและย้อมผ้าขนแกะสำหรับอุตสาหกรรมพรมในการศึกษาการย้อมสีจากพุดตานให้ผลการย้อมสีที่ดี ซึ่งใช้ 2-4 % Alum, Copper sulfate, Ferrous sulphate, Stannous chloride, Stannic chloride และ Potassium dichromate เป็นตัวช่วยติดสีและใช้น้ำหนักของผ้าต่อสีที่สกัดได้จากพืชในอัตราส่วน 1:40 (M:L) พบว่า การย้อมสีผ้าฝ้ายไหมและขนแกะให้ค่าความคงทนของสีต่อแสงความคงทนต่อการซักดูและความคงทนต่อการซักล้างอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

Kulkarni และคณะ (2011) สีย้อมสังเคราะห์ที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์แต่ก็เป็นอันตรายต่อสุขภาพและยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก จากการตรวจสอบพบว่า ในปัจจุบันมีการนำเอาสีย้อมที่สกัดจากพริก (*Capsicum Annum*) ซึ่งเป็นสารสกัดธรรมชาติที่ไม่มีความเป็นพิษและมีองค์ประกอบที่สำคัญในพริก คือ oleoresin ซึ่งได้จากการสกัดสีย้อมโดยใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย สารมอร์แดนท์ (mordants) เป็นสารประกอบที่ช่วยให้สีติดอยู่บนผ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยสารมอร์แดนท์จะทำปฏิกิริยากับสีย้อมผ่านพันธะโควาเลนต์ หรือโคออร์ดิเนตโควาเลนต์ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน สารมอร์แดนท์ (mordants) ที่ใช้มี 2 ชนิด ได้แก่ จุนสี (copper (II) sulphate) และสนิมเหล็ก (ferrous (II) sulphate) ในอัตราส่วน 1:1, 1:3, 3:1 ต่อการย้อมผ้าฝ้าย 100% ที่ผ่านการทำความสะอาด มีกระบวนการย้อมสี 3 วิธีที่แตกต่างกันดังนี้ การใช้สารมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (pre-mordanting), การใช้สารมอร์แดนท์พร้อมๆการย้อมสี (simultaneous-mordanting) และ การใช้สารมอร์แดนท์หลังการย้อมสี (post-mordanting) จะทำให้สีย้อมมีความคงทน ไม่ตกหรือซีดง่าย การศึกษาความคงทนของสีย้อมบนผ้าที่มีสารมอร์แดนท์ (mordants) ช่วยติดสีในสีย้อมจากธรรมชาติ ทำให้สีเกาะกับเส้นใยได้ดีขึ้น การสกัดสีย้อมจากเปลือกพริกจะได้เจดสี (สีเหลือง) ที่แตกต่างกัน เจดสีที่แตกต่างกันนี้ได้จากสีย้อมชนิดเดียว ซึ่งใช้สารมอร์แดนท์ 2 ชนิดผสมกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่า สีย้อมที่สกัดจากเปลือกพริก มีความคงทนต่อแสงและการซักดูได้ดี แต่มีความคงทนต่อการซักล้างปานกลาง

Arsheen Moiz (2010) การสกัดสีย้อมธรรมชาติ โดยใช้ชา 2% และ 5% ย้อมบนผ้าขนสัตว์ทำให้เจดสีน้ำตาลเข้ม ซามีแทนนินเป็นองค์ประกอบหลักในการให้เจดสี เมื่อใช้เกลือของโลหะพวกสารส้ม, CuSO_4 , FeSO_4 , ZnSO_4 , Na_2SO_4 และ MgSO_4 เป็นสารช่วยติดสี การย้อมผ้าโดยใช้ 3 วิธีที่แตกต่างกันคือ การใช้สารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี (pre-mordanting) การใช้สารช่วยติดสีขณะย้อมสี (meta-mordanting) และ การใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อมสี (post-mordanting) สีผ้าที่มีความเข้มสีแตกต่างกันถูกตรวจสอบโดยระบบสีที่เหมาะสมเป็นค่า K/S และ CIE lab วิธี post-mordanting ให้เจดสีเข้มสีมากกว่าสีย้อมธรรมชาติจากชาเป็น 2% และ 5% ดังนั้น จึงมีความคงทนต่อแสงและคุณสมบัติความคงทนต่อการซักล้างดี พบว่า คอปเปอร์ (Cu) เป็นสารช่วยติดสีที่ให้ผลดีที่สุดกับการเปลี่ยนของโลหะไอออนที่ให้เจดสีที่ต่ำ (K/S=17.50) กลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณสีแตกต่างกัน 5% ค่า DE=0.17 เมื่อเปรียบเทียบกับชาเดิมของเจดสีน้ำตาลอ่อน 2% (K/S=10.50) กับปริมาณที่สีที่แตกต่างกันคือ DE=0.50 ที่เก็บไว้ภายใต้อุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 35 นาทีของการย้อม

Peter L. (2012) สีย้อมที่ได้จากพืชมีปริมาณน้อย โดยพืชแห้งจะมีไม้กี่ % ของสีย้อม เพียง 2-3 % ในการใช้สีย้อมสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอจำเป็นต้องควบคุมกระบวนการสกัดและต้องใช้พืชจำนวนมาก เมื่อสีมีการตกตะกอนเป็นของแข็ง, น้ำสีในส่วนที่เหลือมีการเติม $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ จะได้สีย้อมจากพืชที่มีความเข้มขึ้นสูง ในงานวิจัยนี้ใช้ Canadian Goldenrod ใช้เป็นพืชตัวอย่างในการศึกษาการผลิตสีย้อมเข้มขึ้นที่เป็นของแข็ง ปริมาณเหล็ก 5% โดยมวล ของสีที่ตะกอน วิเคราะห์โดยวัดความเข้มของแสงเทียบกับ (1,10 Phenanthrolinechloride) มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่คำนวณเทียบกับ gallic acid monohydrate ของ Folin-Ciocalteu ตามที่กำหนดได้ 45% โดยมวล ตะกอนสีย้อมที่ได้จากการทดสอบเทียบกับสีย้อมมาตรฐาน เจดสีและความเข้มของแสงพบว่าสามารถเปรียบเทียบกันได้โดยตรงกับสีย้อมที่สกัดได้ การใช้ผลิตภัณฑ์สีย้อมธรรมชาติเข้มขึ้นเป็นแนวทางใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษามาตรฐานคุณภาพของสีย้อมการใช้เทคนิคการย้อมสีและการควบคุมการย้อมสี

Kumaresan และคณะ (2011) การใช้สีสังเคราะห์ลดลงเนื่องจากมีความเป็นพิษทั้งต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติความคงทนของผ้าไหมที่ย้อมด้วยสารสกัดจากดอกแคแสด โดยศึกษาการผสมกันของสารช่วยติดสี ได้แก่ สมอกับนิกเกิลซัลเฟต สมอกับลูมิเนียมซัลเฟต สมอกับโพแทสเซียมไดโครเมต สมอกับสนิมเหล็กและสมอกับสแตนนัสคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1:3, 1:1, 3:1 โดยใช้การย้อมที่เติมสารช่วยติดสีในการย้อมผ้าไหมมีวิธีการย้อม 3 วิธีคือ การใช้สารช่วยติดสีก่อนการย้อมสี การใช้สารช่วยติดสีขณะย้อม และการใช้สารช่วยติดสีหลังการย้อม ซึ่งจากการประเมินผลพบว่าความเข้มสีของผ้าไหมมีความคงทนต่อการซักล้าง ความคงทนต่อการขัดถู ความคงทนต่อแสง และมีความคงทนต่อเหงื่อ อยู่ในระดับปานกลางถึงดีมาก

A.K. Prusty (2010) การวัดสี (Colourimetric) และฤทธิ์ต้านจุลชีพของสีธรรมชาติและผ้าไหมย้อมสี โดยค่าความเข้มของสี (K/S) เพิ่มขึ้นเมื่อค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น (absorption) ค่าการดูดซับ (absorption) ของสีย้อมบนเส้นด้ายไหม ประมาณ 10.56-39.48% ที่ระดับความเข้มข้น 5% ของสีย้อมจากสารสกัดพืชที่แตกต่างกัน โดยการวัดค่าความเข้มสี L^* , a^* , b^* , C และ H ของผ้าไหมย้อมด้วยสีธรรมชาติแสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพที่ดีมาก ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* (มีอัตราการลดลง: 25-65%) และเชื้อรา *Aspergillus niger* (มีอัตราการลดลง: 3-68%) จะแสดงถึงคุณสมบัติความคงทนที่ดีต่อการย้อมผ้าไหม