

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ

Optimum Laundering Condition for Natural Dyed Fabrics

คำนำ

สีของสิ่งทอมีความสำคัญสำหรับสิ่งทอโดยสามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคซึ่งนำไปสู่การตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ได้ นอกจากนี้สียังมีอิทธิพลต่อความรู้สึกและความเป็นอยู่ บางครั้งมีการใช้สีเพื่อสื่อแนวคิดและสร้างสรรค์ผลงานศิลปะ การย้อมสีสิ่งทอในอดีตตั้งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อ ขนบธรรมเนียมและศาสนา สิ่งทอพื้นเมืองเป็นศิลปวัฒนธรรมแขนงหนึ่งที่มีเอกลักษณ์เฉพาะชาติพันธุ์ของกลุ่ม ลวดลายส่วนใหญ่เกิดจากการย้อมสีให้เกิดความงดงาม สีที่ใช้ในการย้อมสิ่งทอมี 2 กลุ่มคือ สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ สีที่ได้จากธรรมชาติมีทั้งสีที่ได้จากพืช สัตว์และแร่ธาตุต่างๆ สีธรรมชาติมีการผลิตและการใช้ในปริมาณลดลง เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน ขาดแคลนวัสดุที่ใช้ในการย้อมบางฤดูกาล การย้อมแต่ละครั้งจะได้สีที่ไม่เหมือนเดิม สีดกง่าย ซึ่งเป็นข้อจำกัดของสีธรรมชาติ

ในปัจจุบันนี้ผู้ผลิตนิยมย้อมสิ่งทอด้วยสีสังเคราะห์เนื่องจากย้อมง่ายและสีที่ได้มีความสดใส อีกทั้งสีสังเคราะห์มีคุณสมบัติคงทนต่อสารเคมีและสภาวะต่างๆ ได้ดี (เทียนศักดิ์, 2539) แต่เนื่องจากส่วนใหญ่ขาดความรู้ในวิธีการย้อมและการบำบัดน้ำเสียภายหลังการย้อม จึงส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การใช้สีจากพืชหรือสีย้อมจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ลดปัญหาที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อมและการใช้สารเคมี สีธรรมชาติจึงกลับมาได้รับความสนใจจากผู้บริโภคและผู้ผลิตอีกครั้งหนึ่ง

ผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ส่วนใหญ่มีปัญหาด้านคุณภาพ อาทิสีที่ได้ไม่สม่ำเสมอ มีความคงทนต่ำ สีไม่ค่อยสดใส สีของสิ่งทอนอกจากความสวยงามแล้วคุณภาพความคงทนของสีเมื่อนำไปใช้งานก็มีความสำคัญเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นความคงทนของสีต่อการซักหรือความคงทนต่อแสงแดด ปัจจุบันสารซักฟอกที่ใช้ในการทำมาค้าขายทั่วไป ส่วนใหญ่มีความเป็นด่าง มีค่าพีเอชประมาณ 10 ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของสีภายหลังการซัก ผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติโดยเฉพาะผ้าไหมไม่ควรซักด้วยสบู่หรือผงซักฟอกที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ควรเลือกใช้ชนิดที่เป็นกรดอ่อนๆหรือเป็นกลาง (สถาบันวิจัยหม่อนไหม, ม.ป.ป.) ดังนั้นการเลือกใช้สารซักฟอกควรคำนึงถึงชนิดผ้า ประเภทของสี

ที่ใช้ในการย้อม และสภาวะในการซัก สารซักฟอกทั่วไปที่มีความเป็นด่างค่อนข้างสูงมักมีผลต่อคุณภาพสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาสภาวะในการซักที่เหมาะสมสำหรับผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ทั้งนี้ผลการวิจัยอาจช่วยให้ผู้ผลิตสารซักฟอกสามารถพัฒนาสารซักฟอกที่เหมาะสมสำหรับซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ และเป็นแนวทางในการแนะนำการดูแลรักษาผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังจะช่วยให้ผู้สนใจได้ความรู้เป็นพื้นฐานในการวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา

1. ผลของสภาวะความเป็นกรด-เบสของน้ำซักต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น
2. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. ผ้าที่ใช้ในการทดลอง ในการทดลองศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ใช้ผ้าทดลอง 2 ชนิด คือ
 - 1.1 ผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่มีโครงสร้างการทอแบบลายขัดที่ผ่านการลอกแป้ง ทำความสะอาด และฟอกขาวแล้ว
 - 1.2 ผ้าไหม 100 เปอร์เซ็นต์ ที่มีโครงสร้างการทอแบบลายขัดที่ผ่านการขัดขาว ทำความสะอาด และฟอกขาวแล้ว
2. ชนิดสีย้อม ได้แก่ คราม ครั่ง และขมิ้น
3. ค่า pH ของน้ำซักผ้าที่ศึกษามี 3 ระดับ คือ pH4, pH7 และ pH10
4. การประเมินค่าสีและการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าทดลอง ประเมินค่า L^* , a^* , b^* , C^* , h^* และ dL^* , da^* , db^* , dC^* , dH^* , dE^*

สมมติฐานของการวิจัย

สมมติฐานสำหรับทดสอบผลของสภาวะความเป็นกรด-เบสของน้ำซັกต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ

สมมติฐานสำหรับทดสอบค่า dL*

1. ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า dL*
2. ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dL*
3. ค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า dL*
4. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dL*
5. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า dL*
6. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า dL*
7. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า dL*

สมมติฐานสำหรับทดสอบค่า da*

1. ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า da*
2. ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า da*
3. ค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า da*
4. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า da*
5. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า da*
6. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า da*
7. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซັกไม่มีผลต่อค่า da*

7. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dH*

สมมติฐานสำหรับทดสอบค่า dE*

1. ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า dE*
2. ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dE*
3. ค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE*
4. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dE*
5. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE*
6. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE*
7. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE*

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาและเลือกใช้สารซักฟอกและสภาวะการซักให้เหมาะสมกับผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติแต่ละประเภท
2. เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป

การตรวจเอกสาร

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเอกสารต่างๆ โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

1. โครงสร้างและสมบัติของใยฝ้าย
2. โครงสร้างและสมบัติของใยไหม
3. สีธรรมชาติและการย้อม
4. คราม
5. ครั่ง
6. ขมิ้น
7. สารชักฟอก
8. การชักผ้า
9. การวัดสี

โครงสร้างและสมบัติของใยฝ้าย

โครงสร้างของใยฝ้าย

ฝ้ายเป็นใยเซลลูโลสธรรมชาติที่ใช้ทำสิ่งทอ ประกอบด้วยเซลลูโลส 88-90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เพกติน กรดอินทรีย์ พิกเมนต์ และน้ำตาล พอลิเมอร์ของใยฝ้ายจัดเป็นพอลิเมอร์แบบเส้นตรง ประกอบด้วย β -D-glucose ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 β -glucosidic เซลลูโลสในธรรมชาติแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยกลูโคสอย่างน้อย 15 จนถึง 10,000-14,000 หน่วย (อัจฉราพร, 2539; Smith and Block, 1982)

สมบัติของใยฝ้าย

ใยฝ้ายค่อนข้างเหนียว เมื่อแห้งจะมีความเหนียวประมาณ 4 กรัม/ดีเนียร์ เมื่อเปียกความเหนียวจะเพิ่มขึ้น 10-30 เปอร์เซ็นต์ มีความเหนียวน้อย ความแข็งแรงปานกลาง มีความยืดหยุ่นค่อนข้างต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในเส้นใย ยืดออกได้ประมาณ 3-7 เปอร์เซ็นต์ ก่อนจะถึงจุดขาด มีการคืนตัวได้ต่ำจึงยับได้ง่ายมาก มีความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.54

กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จุดความชื้นในบรรยากาศได้ประมาณ 8.5 เปอร์เซ็นต์ ทนความร้อนสูงได้ 160-180 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ ไยฝ้ายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง นอกจากนี้ไยฝ้ายด้านทาน การขัดถูได้ดี แต่ด้านทานเชื้รอาและแมลงได้ต่ำ ไยฝ้ายนำไฟฟ้าได้ดีจึงไม่เกิดไฟฟ้าสถิต นอกจากนี้ไยฝ้ายทนต่อค้างได้ดี ทนต่อสารละลายอินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด เช่น อะซิโตน จึงสามารถซักแห้งได้ แต่ไม่ทนกรดเข้มข้น ฝ้ายที่ถูกแดดจัดนานๆจะเกิดการออกซิไดส์เป็นออกซิเซลลูโลส เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมคุณภาพลง ฝ้ายทนต่อสารฟอกขาวทั้งประเภทคลอรีนและประเภทออกซิเจน ฝ้ายสามารถย้อมสีหลายชนิด เช่น สีโคเร็กซ์ สิริแอคทิฟ สีแวต เป็นต้น (นวลแข, 2542; วีระศักดิ์, 2543)

โครงสร้างและสมบัติของใยไหม

ไหมเป็นเส้นใยพอลิเอไมด์ (polyamide) ที่หนอนไหมสร้างใยขึ้นจากกรด α -อะมิโนต่างชนิดต่อกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายโซ่ยาว (long chain polymer) ด้วยการควบแน่น และกำจัดน้ำออกไป การสังเคราะห์โปรตีนในเส้นใยทำในเซลล์ของต่อมไหมที่อยู่ในตัวหนอนไหม สารไหมถูกขับออกจากต่อมไหมส่วนท้ายและหลังจากนั้นส่งไปยังต่อมไหมส่วนกลางระหว่างนี้จะทำให้สารเหลวกลายเป็นสารเจลาคิน (gelatin) และในต่อมไหมส่วนล่างนี้เซรีซิน (sericin) จะถูกขับออกมาเพื่อเคลือบเจลาคินของไฟโบรอินให้มีความเหนียวขึ้น ซึ่งแต่ละเส้นของใยไหมประกอบด้วยใยไฟโบรอิน 2 เส้นรวมเกาะติดกันและเคลือบด้วยกาวไหม (silk glue) ที่เป็นเซรีซิน (โมโตอิ และคณะ, 2530; วีระศักดิ์, 2543)

โครงสร้างของใยไหม

โครงสร้างของใยไหมแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ โครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายใน

1. โครงสร้างภายนอก เส้นใยไหมเป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กคือ มีขนาด 9-11 ไมครอน มีความยาวโดยทั่วไปประมาณ 1,300-2,000 ฟุต (390-600 เมตร) และอาจพบยาวถึง 4,000 ฟุต (1,200 เมตร) (วีระศักดิ์, 2543) เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์ดูลักษณะของเส้นใยพบว่า ภาคตัดขวางมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมมุมมนทำให้มีความงามมัน สะท้อนแสงได้ดี (Gohl and Vilensky, 1990) ลักษณะตามยาวของเส้นใยมีขนาดและรูปร่างไม่สม่ำเสมอ เส้นใยไหมธรรมชาติมีสีขาว แต่บางครั้งอาจมีสีเทาหรือสีเหลือง (Corbman, 1983)

2. โครงสร้างภายใน เส้นใยไหมประกอบด้วยโปรตีนในไฟโบรอินและเซรีซินมีอยู่ประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือประกอบด้วยจีฟังก์ คาร์โบไฮเดรต วัตถุโมลี สารอนินทรีย์ ฯลฯ (โมโตอิ และคณะ, 2530)

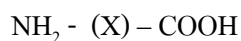
เส้นใยของไหมเลี้ยงประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก 4 ชนิดคือ ไกลซีน (glycine) อะลานีน (alanine) เซรีน (serine) และไทโรซีน (tyrosine) รวมกันได้ 83 เปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนทั้งหมด ไกลซีนมีมากกว่าอะลานีน ส่วนเซรีนมีมากกว่าไทโรซีน นอกจากนี้มีกรดอะมิโนที่มีขั้วอยู่เพียงเล็กน้อยซึ่งมีโซ่ข้างเคียงเป็นกรดหรือเบส เซรีซินที่เคลือบใยไฟโบรอินมีเซรีน ทรีโอนีน (threonine) ของกรดอะมิโนจำนวนมากและมีกรดแอสพาดิกและกรดกลูตามิกของกรดอะมิโนที่เป็นกรดอาจินีน (arginine) และไลซีน (lysine) ของกรดอะมิโนที่เป็นเบสจำนวนค่อนข้างมาก

สมบัติของใยไหม

การเรียงตัวโมเลกุลของเส้นใยมี 2 ลักษณะ คือ เรียงตัวกันอย่างมีระเบียบ (crystallinity) และไร้ระเบียบ (amorphous) ซึ่งมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นใย กล่าวคือ การเรียงตัวอย่างมีระเบียบในเส้นใยมีประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง ผิวค่อนข้างเรียบ มีความเงามันสูง (Gohl and Vilensky, 1990) ส่วนโมเลกุลที่เรียงตัวอย่างไร้ระเบียบทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นได้ดี ส่งผลต่อการย้อมสีและการตกแต่ง เนื่องจากโมเลกุลของสีหรือสารตกแต่งสามารถแทรกซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างไร้ระเบียบ ใยไหมทนความร้อนได้สูงถึง 135 องศาเซลเซียส และจะเปื่อยที่อุณหภูมิ 177 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 1.25 ส่วนความคงทนต่อแสงแดดนั้น ใยไหมเมื่อถูกแสงแดดเป็นเวลานานจะทำให้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและความแข็งแรงลดลง ไหมมีความสามารถในการรับสีย้อมได้ดีมาก เช่น สามารถย้อมสีแอซิด สีเบสิก หรือสีไดเรกต์ (วีระศักดิ์, 2543)

ประจุในเส้นใยไหมที่มีผลต่อการย้อมสี

เส้นใยไหมประกอบด้วยหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลเดียวกัน หมู่อะมิโนจะแสดงความเป็นเบสซึ่งสามารถรับโปรตอน (H^+) กลายเป็นประจุบวก (cation) ในขณะที่หมู่คาร์บอกซิลแสดงความเป็นกรด สามารถให้โปรตอนกลายเป็นประจุลบ (anion) โครงสร้างเส้นใยไหมจึงมีทั้งประจุบวกและลบ หรือมีประจุสองขั้ว (dipolarion) (ดังภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 หมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลในเส้นใยไหม

ที่มา : Aspland (1993 a)

กรดอะมิโนทำหน้าที่เป็นทั้งกรดและเบส เมื่อเส้นใยไหมอยู่ในน้ำกล่าวคือ ถ้า pH ของน้ำมีความเป็นกรด (H^+) หมู่อะมิโนจะรับโปรตอน กลายเป็นประจุบวกหรือแอมโมเนียมไอออน และถ้า pH ของน้ำค่อนข้างเป็นเบส หมู่คาร์บอกซิลจะแตกตัวให้โปรตอนกลายเป็นประจุลบหรือคาร์บอกซิเลตไอออน

ตารางที่ 1 ผลของค่า pH น้ำย้อมต่อประจุของเส้นใยไหม

สถานะของน้ำย้อม	เส้นใยไหม			
	หมู่คาร์บอกซิล		หมู่อะมิโน	
	-COOH	-COO ⁻	-NH ₃ ⁺	-NH ₂
pH 0.35	99.01	0.99	100	0
pH 1.35	90.91	9.09	100	0
pH 2.35	50	50	100	0
pH 3.35	9.09	90.90	100	0
pH 4.35	0.99	99.01	100	0
pH 7.78	0	100	99.01	0.99
pH 8.78	0	100	90.91	9.09
pH 9.78	0	100	50	50
pH 10.78	0	100	9.09	90.91
pH 11.78	0	100	0.99	99.01

ที่มา: Aspland (1993 a)

จากตารางที่ 1 แสดงผลของค่า pH น้ำย้อมต่อประจุของเส้นใยไหม จะเห็นว่าเมื่อน้ำย้อมมีค่า pH 2.35 หมู่อะมิโนจะรับโปรตอนกลายเป็นประจุบวกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และหมู่คาร์บอกซิลจะแตกตัวเป็นประจุลบได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อน้ำย้อมมีค่า pH 3.35 หมู่อะมิโนอยู่ในสภาพเป็นประจุ

บวกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่หมูคาร์บอกซิลอยู่ในสภาพเป็นประจุลบประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อน้ำย้อมมีค่า pH 4.35 จนถึง 7.78 หมูอะมิโนอยู่ในสภาพเป็นประจุบวกเกือบเท่าหมูคาร์บอกซิลที่อยู่ในสภาพประจุลบ และเมื่อน้ำย้อมมีค่า pH 9.78 และสูงกว่า หมูอะมิโนอยู่ในสภาพเป็นประจุบวกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหมูคาร์บอกซิลที่อยู่ในสภาพประจุลบได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (Aspland, 1993 a) ดังนั้นที่ค่า pH 4.35 จนถึง 7.78 เส้นใยไหมอยู่ในสภาพสวิตเตอร์ไอออน (zwitterion) ที่ pH นี้จะเรียกว่าจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) เป็นสถานะที่เส้นใยมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ ซึ่งทำให้เส้นใยไหมสามารถย้อมได้ทั้งสีแอซิด (acid dyes หรือ anion dyes) และสีเบสิก (basic dyes หรือ cation dyes) (Aspland, 1993 a; Aspland, 1993 b)

ดังนั้น ถ้าต้องการย้อมเส้นใยไหมด้วยสีแอซิดให้มีประสิทธิภาพ ควรใช้น้ำย้อมที่มีความเป็นกรด ซึ่งช่วยให้หมูอะมิโนเปลี่ยนเป็นประจุบวกได้มาก และหมูคาร์บอกซิลแตกตัวเป็นประจุลบได้น้อย แต่ถ้าต้องการย้อมเส้นใยไหมด้วยสีเบสิก ควรใช้น้ำย้อมที่มีความเป็นเบสเพื่อให้หมูคาร์บอกซิลแตกตัวเป็นประจุลบได้มาก และให้หมูอะมิโนเปลี่ยนเป็นประจุบวกได้น้อยที่ pH 2.35 (เป็นกรด) หมูอะมิโนจะกลายเป็นประจุบวก 100 เปอร์เซ็นต์ และที่ pH 9.78 (เป็นเบส) หมูคาร์บอกซิลจะกลายเป็นประจุลบได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หมูอะมิโนเปลี่ยนเป็นประจุบวกได้ 50 เปอร์เซ็นต์

สีธรรมชาติและการย้อม

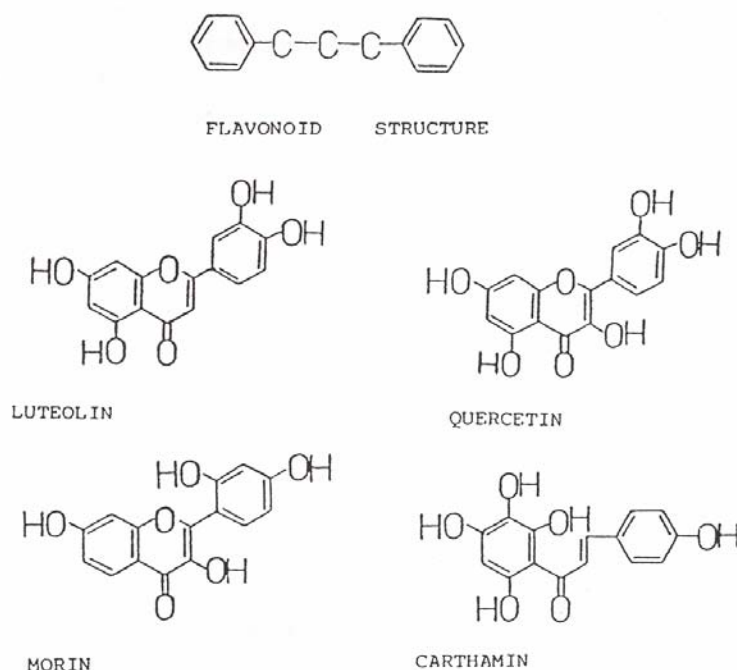
สีธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ ส่วนใหญ่เป็นสีที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น แก่น ราก เปลือก เนื้อไม้ ใบ ดอก ผล เมล็ด เป็นต้น มนุษย์ได้รู้จักการใช้สีธรรมชาติในการย้อมผ้าและแต่งสีอาหารในสมัยโบราณ ก่อนที่จะได้มีสีสังเคราะห์ในระยะต่อมา ทั้งนี้เพราะสีสังเคราะห์มีสีที่สดใส สามารถเตรียมให้มีสีต่างๆ ได้ตามใจชอบ มีความคงทน ไม่ตกง่าย ทนต่อการซักฟอก และตากแดด นอกจากนี้สีสังเคราะห์ยังเลือกย้อมให้เหมาะกับเส้นใยกลุ่มต่างๆ ได้ดี ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้สีธรรมชาติสู้ไม่ได้ แต่สีธรรมชาติก็มีข้อดี คือ สีที่ย้อมได้ไม่ฉูดฉาด นุ่มนวล สีอ่อนเย็นตา มีความปลอดภัยมากกว่าสีสังเคราะห์ จึงทำให้ปัจจุบันมีการตื่นตัวเกี่ยวกับการใช้สีธรรมชาติมากขึ้น สำหรับสีธรรมชาติที่ใช้กันอยู่ เช่น

สีเหลือง จาก แก่นแกลแล แก่นขนุน ขมิ้นชัน ดอกคำฝอย
 สีแดง จาก ครั่ง ฝาง รากขมิ้น ประดู่บ้าน
 สีนํ้าเงิน จาก คราม อ่อม มะพลูด

สีเขียว จาก ใบหูกวาง เปลือกสมอ เปลือกต้นเพกา

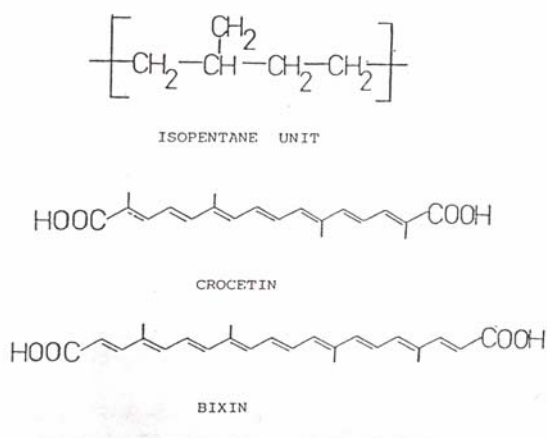
การที่พืชต่างๆให้สีแตกต่างกัน ก็เนื่องจากในพืชนั้นมีสารให้สีที่แตกต่างกัน ซึ่งมักจะได้แก่ สารประกอบดังต่อไปนี้ (เทียนศักดิ์, 2539)

1. ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นพวกที่ใช้เป็นสีย้อมกันมาก มักมีสีเหลือง ถึงส้ม - เหลือง มีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น $C_6C_3C_6$ ตัวอย่างเช่น luteolin จากต้น weld (reseda luteola) ให้สีเหลือง quercetin จากเปลือกหอมหัวใหญ่ให้สีเหลืองเข้ม morin จากแก่นขนุน แก่นแกลเลให้สีเหลืองเข้ม และ carthamin จากดอกคำฝอยให้สีเหลืองปนน้ำตาล (ดังภาพที่ 2)



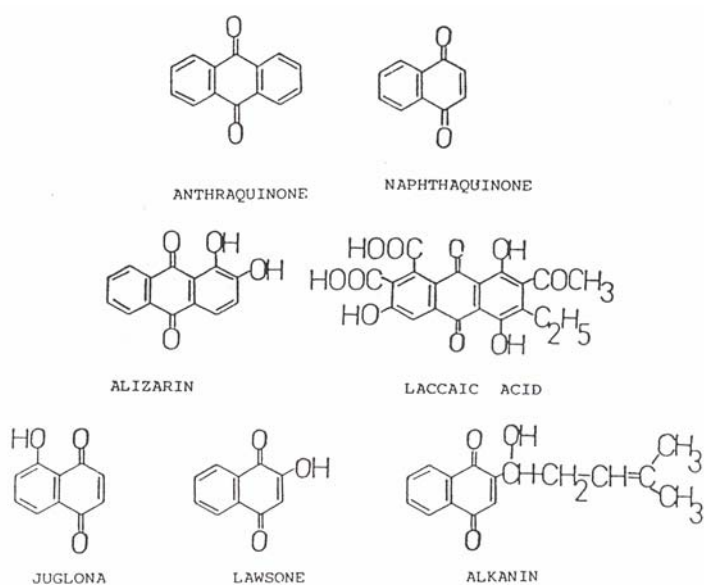
ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารที่ให้สีพวกฟลาโวนอยด์บางชนิด
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

2. เทอร์ปีนอยด์ หรือไอโซปีนอยด์ (terpenoids or isoprenoids) สารในกลุ่มนี้เป็นสารที่มีชีวสังเคราะห์มาจากหน่วยไอโซเพนเทน (isopentane unit, C_5) เช่น Crocetin จากหญ้าฝรั่น (saffron) มีสีเหลือง bixin จากเมล็ดคำแสดให้สีส้ม-แดง สารในกลุ่มนี้จะมีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยวมาก (conjugated double bonds) (ดังภาพที่ 3)



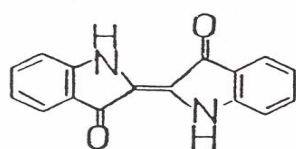
ภาพที่ 3 โครงสร้างของสารที่ให้สีพวกเทอร์ปีนอยด์บางชนิด
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

3. แอนทราควิโนน และแนฟทราควิโนน (anthraquinones and naphthaquinones) สารกลุ่มนี้มักจะให้สีแดง ในพวกของแอนทราควิโนนที่นำมาใช้เป็นสีย้อม เช่น alizarinจากรากต้นไม้จำพวกเข็ม (madder) และจากแก่นของต้นยอ laccaic acid ได้จากครั่ง ส่วนพวกแนฟทราควิโนน เช่น jugloneจากเปลือกมันห่อให้สีเขียวถึงน้ำตาล lawsonic acidจากใบเทียนกิ่งให้สีน้ำตาลปนแดง และ alkaninจากต้น alkanet ให้สีแดง (ดังภาพที่ 4)

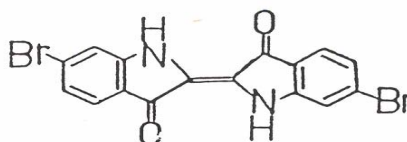


ภาพที่ 4 โครงสร้างของสารที่ให้สีพวกแอนทราควิโนน และแนฟทราควิโนนบางชนิด
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

4. แอลคาลอยด์ (alkaloids) สารกลุ่มนี้มักจะได้จากพืชชั้นสูง และจะมีไนโตรเจนอะตอมอยู่ในโมเลกุลด้วย สารพวกนี้ที่ใช้เป็นสีย้อม ได้แก่ indigo สีจากต้นครามให้สีน้ำเงิน tyrian เป็นสีที่ได้จากหอยสังข์ห่านม (shellfish) อยู่ตามแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนจะให้สีม่วงแดง (ดังภาพที่5)



INDIGO



TYRIAN PURPLE

ภาพที่ 5 โครงสร้างของสารที่ให้สีพวกแอลคาลอยด์บางชนิด
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

กรรมวิธีในการย้อมสีธรรมชาติ

สีธรรมชาติเป็นสีที่ละลายน้ำได้ และมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถติดเส้นใยได้ด้วยตัวเอง (substantivity) โดยไม่ต้องใช้สารอื่นช่วยในการย้อม เพียงแต่นำสีผสมน้ำก็สามารถย้อมได้ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสีสังเคราะห์ชนิดหนึ่ง คือ สีไดเรกต์ (direct dye) เป็นสีที่ติดง่ายและหลุดง่าย เช่นเดียวกัน มีความคงทนต่ำ เป็นสีที่ไม่สดใส

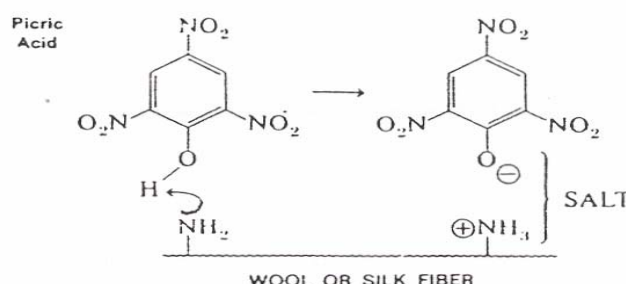
การย้อมสีธรรมชาติให้ได้สีที่มีคุณภาพดีใกล้เคียงกันของการย้อมแต่ละครั้งนั้นต้องคำนึงถึงวัตถุดิบ อัตราส่วนที่ใช้ pH ของน้ำย้อม และชนิดของสารช่วยติดต้องใกล้เคียงกันให้มากที่สุด (พินัย และชวนพิศ, 2548)

สีธรรมชาติเริ่มย้อมที่อุณหภูมิห้อง แต่จะติดสีได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส ระหว่างการย้อมต้องหมั่นคนเพราะสีธรรมชาติตกตะกอนง่าย เป็นสาเหตุให้การย้อมเส้นใยต่าง แต่สีธรรมชาติจะมีคุณสมบัติพิเศษอีกอย่าง คือ สามารถกระจายตัวได้ดี ดังนั้น ถ้าเกิดปัญหาสีค้างหรือย้อมสีได้ไม่สม่ำเสมอเมื่อครบกำหนดเวลาย้อม สามารถแก้ไขได้โดยวิธีเติมน้ำย้อมเพื่อรักษาระดับน้ำย้อมเดิม แล้วย้อมต่อจนกว่าจะหายค้าง

การย้อมด้วยสีธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วมีกรรมวิธีการย้อมอยู่ 3 แบบ (เทียนศักดิ์, 2539)

1. การย้อมแบบตรง (direct dyeing)

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าสีธรรมชาติสามารถติดเส้นใยได้ด้วยตนเองนั่นคือสีที่ใช้ย้อมจะเกิดพันธะเคมี กับเส้นใยได้โดยตรง ซึ่งถ้าเส้นใยนั้นเป็นพวกเซลลูโลสซึ่งได้แก่ ฝ้าย ในเส้นใยประเภทนี้จะมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups, OH) อยู่มาก จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจน กับโมเลกุลของสีได้โดยตรง ส่วนเส้นใยที่เป็นพวกพอลิเปปไทด์ ได้แก่ ขนสัตว์ หรือไหม ในเส้นใยประเภทนี้จะมีส่วนที่เป็นทั้งหมู่กรด (acidic group, $-\text{COOH}$) และหมู่เบส (basic group, $-\text{NH}_2$) ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ก็จะเกิดปฏิกิริยากับส่วนที่เป็นหมู่กรดหรือเบสในโมเลกุลของสีเกิดเป็นเกลือขึ้น ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันแบบไอออนิก ดังตัวอย่างของการย้อมติดเส้นใยแบบนี้ เช่น ระหว่าง กรดพิกริก (picric acid) กับขนสัตว์หรือไหม กรดพิกริกจะให้โปรตอนแก่หมู่อะมิโนซึ่งเป็นหมู่เบสในเส้นใย แล้วเกิดเป็นเกลือขึ้น จึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวแบบไอออนิก (ดังภาพที่ 6)



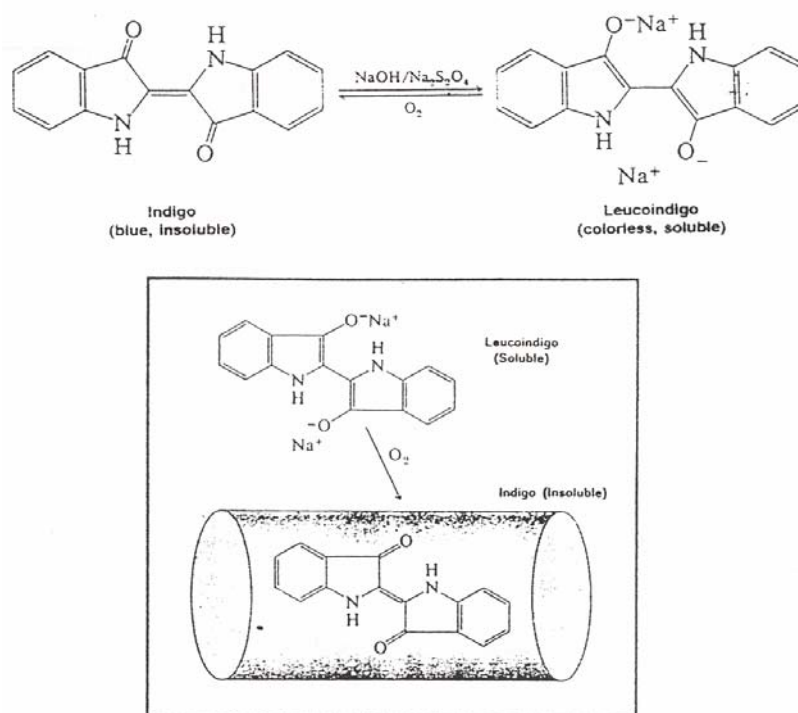
ภาพที่ 6 การย้อมติดเส้นใยของกรดพิกริกกับขนสัตว์หรือไหม

ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

2. การย้อมแบบแวต (vat dyeing)

โดยทั่วไปแล้วสารที่ให้สีประเภทนี้จะไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นในขั้นแรกของการย้อมแบบนี้ก็จะต้องทำการรีดิวซ์สารที่ให้สีให้เป็นสารที่ละลายน้ำได้เสียก่อน แล้วจึงนำเส้นใยลงย้อมในสารละลายนั้น จากนั้นจึงนำเส้นใยที่ย้อมแล้วไปฟึ่งแดด การฟึ่งแดดจะทำให้โมเลกุลสีเกิดการออกซิไดส์กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำ โมเลกุลสีจึงจับแน่นอยู่บนเส้นใย ตัวอย่าง เช่น การย้อมสีอินดิโก (indigo) หรือครามจากต้นคราม สีอินดิโกในตอนแรกไม่ละลายน้ำจะมีสีน้ำเงิน เมื่อทำการรีดิวซ์ด้วยโซเดียมไดไทโอไนต์ (sodium dithionite) จะได้เป็นลิวโคอินดิโก (leucoindigo) ที่ละลาย

น้ำไม่มีสี จากนั้นก็นำเส้นใยลงข้อมในสารละลายลิควโคอินดิโกแล้วนำออกมาผึ่งไว้ ลิควโคอินดิโกในเส้นใยก็จะถูกออกซิไดส์ในอากาศเป็นอินดิโกโดยจับทั้งภายในและผิวของเส้นใย และเนื่องจากอินดิโกนี้ไม่ละลายน้ำ จึงทำให้การติดสีนี้มีความคงทน ซึ่งนิยมใช้ข้อมผ้ายีนส์ (ดังภาพที่7)



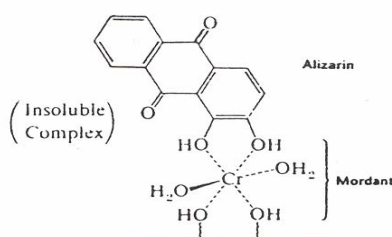
ภาพที่ 7 การติดของอินดิโกจากการข้อมแบบแวต
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

3. การข้อมแบบใช้มอร์แดนต์ (mordant dyeing)

การข้อมโดยวิธีนี้เป็นการข้อมแบบที่ใช้สารมอร์แดนต์เพื่อช่วยให้การยึดติดระหว่างตัวสีกับเส้นใยดีขึ้น ทำให้สีที่ได้จากการข้อมโดยวิธีนี้มีความคงทน ไม่ตกสีหรือซีดง่าย สารมอร์แดนต์ที่ใช้ก็คือสารละลายของเกลือโลหะ เช่น alum (potassium aluminium sulfate, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) chrome (potassium dichromate, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) tin (stannous chloride, SnCl_2) copperas (ferrous sulfate, FeSO_4) blue viriol (copper sulfate, CuSO_4)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการข้อมแบบนี้ คือ เมื่อเส้นใยได้ผ่านการข้อมสีและการข้อมด้วยสารละลายมอร์แดนต์แล้วโลหะของสารละลายมอร์แดนต์จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่แข็งแรง (strong

complex) กับสีและเส้นใย ดังตัวอย่างการย้อมด้วยสีalizarinกับเส้นใยพวกเซลลูโลส โดยใช้โครม เป็นสารละลายมอร์แดนท์ (ดังภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างโลหะ กับสีและเส้นใย
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2539)

ดังนั้นการย้อมโดยวิธีนี้จะทำให้สีที่ได้ความคงทนมากขึ้น นอกจากนั้นจากการย้อมถ้าเราใช้มอร์แดนท์ที่ต่างชนิดกัน แม้ว่าสีที่ใช้จะเป็นชนิดเดียวกันก็ตาม เส้นใยที่ได้หลังจากการย้อมก็จะมีสีที่ต่างกัน

Lub (1972) ได้รายงานไว้ว่า การใช้สารช่วยติดในการย้อมทำได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การใช้สารช่วยติดก่อนการย้อมสี (premordant method) เป็นการนำผ้าหรือเส้นใยไปชุบสารช่วยติด เพื่อให้สารช่วยติดจับเกาะผิวหรือเส้นใยก่อนนำไปย้อมสี
2. การใช้สารช่วยติดขณะย้อมสี (metamordant method) เป็นการใส่สารช่วยติดลงในน้ำย้อมแล้วจึงนำเส้นใยลงย้อม
3. การใช้สารช่วยติดภายหลังการย้อมสี (aftermordant method) เป็นการนำผ้าหรือเส้นใยไปย้อมสีก่อนจะนำไปชุบสารช่วยติด

ข้อดีและข้อจำกัดของศีลธรรมชาติ

1. ข้อดีของศีลธรรมชาติ ศีลธรรมชาติมีข้อดีดังต่อไปนี้ (วนิดา และคณะ, 2531; กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2541; นิรนาม, 2542; คมสัน, 2544)

1.1 ศีลจากธรรมชาติเป็นสารประกอบที่พบตามธรรมชาติในพืชสัตว์ และแร่ธาตุ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ข้อมและผู้บริโภค มีความปลอดภัยมากกว่าสีสังเคราะห์

1.2 ศีลธรรมชาติสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ น้ำสีที่เหลือก็ไม่เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม เมื่อเทียบกับสีสังเคราะห์

1.3 วัตถุดิบที่ใช้ข้อมสามารถหาได้ในท้องถิ่น ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

1.4 ศีลธรรมชาติทำให้เกิดสีใหม่ เช่น สีอ่อน สีเข้ม ได้หลากหลายตามการใช้สารช่วยติดสี ได้แก่ สารส้ม ด่าง น้ำสนิม หรือแม้แต่ใบไม้ ก็ให้สีอ่อนแก่แตกต่างกันออกไป

1.5 ผ้าที่ข้อมด้วยศีลธรรมชาติจะมีสีทนสวยงาม กลมกลืนไม่ฉูดฉาด สีที่ได้ดูเย็นสบายตา กว่าสีสังเคราะห์

1.6 การใช้ศีลธรรมชาติยังสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้ข้อม ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม โดยผู้ข้อมสี ผู้บริโภคจะมองเห็นคุณค่า ประโยชน์ของต้นไม้จากสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปลูกทดแทน และส่งเสริมอนุรักษ์มากขึ้น

2. ข้อจำกัดของศีลธรรมชาติ ศีลธรรมชาติมีข้อจำกัดดังต่อไปนี้ (วนิดา และคณะ, 2531; กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2541; นิรนาม, 2542; คมสัน, 2544)

2.1 วัตถุดิบมีน้อยไม่เพียงพอ อาจขาดแคลนวัตถุดิบในบางฤดูกาล นอกจากนี้ปริมาณสีในวัตถุดิบให้สีมีน้อย ต้องใช้ในปริมาณมาก หากต้องการสีเข้ม

2.2 กระบวนการผลิตค่อนข้างยุ่งยาก ใช้เวลานานในการเตรียมวัตถุดิบและสกัดสี ลีนเปลืองพลังงาน ไม่มีสูตรการย้อมที่แน่นอน วิธีการย้อมไม่มีมาตรฐาน การย้อมแต่ละครั้งสีที่ได้ไม่เหมือนเดิม เนื่องจากสีธรรมชาติที่สกัดได้มักเป็นสีที่ไม่บริสุทธิ์มีสารอื่นเจือปน สีที่ได้ไม่สดใส สีดกง่าย มีความคงทนต่ำ ทั้งต่อการซักและแสงแดด

2.3 ไม่สามารถผลิตได้ในปริมาณมาก และไม่สามารถผลิตสีตามความต้องการของผู้บริโภค ทำให้ขาดโอกาสทางการตลาด ผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติมีราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งตลาดของสินค้าอยู่ในวงแคบเฉพาะกลุ่มคนที่นิยมใช้ผลิตภัณฑ์ที่มาจากธรรมชาติเท่านั้น

2.4 ผู้ผลิตส่วนใหญ่ที่มีความชำนาญเป็นผู้สูงอายุมีประสบการณ์ในการผลิตมาเป็นเวลานาน ขาดแรงจูงใจ และไม่เห็นความสำคัญของการอนุรักษ์วิธีการผลิตไว้ให้คนรุ่นต่อไป นอกจากนี้คนรุ่นใหม่ยังขาดความสนใจที่จะสืบทอด เรียนรู้กรรมวิธีการผลิต ทำให้ปัจจุบันหาช่างฝีมือที่ทำการย้อมได้น้อยมาก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงทนของสีย้อม

ความคงทนของสี (colorfastness) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญยิ่งประการหนึ่งของสิ่งทอที่ควรคำนึงถึง ความคงทนของสีหรือสีที่ติดทนหมายถึงสีที่ไม่เปลี่ยนแปลงเลยตลอดระยะเวลาที่ใช้ผ้านั้น สีที่ติดทนจะต้องทนต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ดี เช่น การซัก การรีด การขัดถู แสงแดด และเหงื่อไคล เป็นต้น

อรวินท์ (2521) ณรงค์ศิลป์ (2531) และบุปผา (ม.ป.ป.) ได้กล่าวถึงปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อความคงทนของสีย้อมโดยสรุป ดังต่อไปนี้ คือ

1. โครงสร้างของเส้นใย เป็นตัวกำหนดชนิดของสีย้อม

2. การเรียงของโมเลกุล ในเส้นใยที่โมเลกุลเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ โมเลกุลของสีจะซึมเข้าไประหว่างโมเลกุลได้ง่าย แต่ถ้าโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น โมเลกุลของสีย้อมซึมเข้าไปได้ยาก นอกจากนี้การเรียงตัวของโมเลกุลยังเกี่ยวข้องกับการสะท้อนแสงและดูดซึมแสงอีกด้วย แสงที่สะท้อนจากผ้าทำให้เรามองเห็นผ้าเป็นสีต่างๆ ถ้าผ้าสะท้อนแสงทุกสีเราจะเห็นเป็นผ้าสีขาว

ถ้าผ้าไม่สะท้อนแสงเลยจะเห็นผ้าเป็นสีดำ

3. สารเคมีช่วยในการย้อมสี ได้แก่ กรด ค่าง เกลือ สารออกซิไดซ์หรือสารรีดิวส์ สารเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลในการทำให้สีติดทน

4. กระบวนการย้อม ได้แก่ การเตรียมเส้นใย เส้นด้ายหรือผ้า ระยะเวลาย้อม อุณหภูมิและความดันที่ใช้ สารช่วยติด และการตกแต่งภายหลังการย้อมสี

5. ความเข้มข้นของเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ย้อม ผ้าที่ย้อมสีเข้มและสีอ่อนด้วยสีตัวเดียวกันจะมีคุณภาพและความคงทนต่างกัน

6. ความเสื่อมสภาพของสี การเก็บรักษาสีมีความจำเป็นต้องเก็บไว้ในที่อุณหภูมิและความชื้นช่วยให้สีคงสภาพ สีย้อมที่เกาะตัว ละลายน้ำไม่หมด เกิดปัญหาการย้อม ทำให้คุณภาพความคงทนของสีต่ำ

คราม

ลักษณะทั่วไปของคราม

คราม(indigo) เป็นพืชในตระกูล Leguminosae เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ต้นสูงไม่เกิน 4 ฟุต ใบเล็กกลม ขนาดใบกว้างปลาขาว กว้าง 0.5-1 ซม. ยาว 1-1.5 ซม. ดอกมีขนาดเล็กคล้ายดอกถั่วสีม่วง โดยมากเจริญเติบโตในประเทศที่มีอากาศร้อนชื้น เช่น อินเดีย จีน แอฟริกา ครามที่ปลูกเพื่อนำมาทำการย้อมสีมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ คือ *Indigofera tinctoria* Linn. *Indigofera arrecta* Hochst และ *Indigofera suffruticosa* Mill (Standley and Steyermark, 1964) ส่วนที่ให้สี คือ ส่วนของใบและกิ่งก้าน สีครามหรืออินดิโกเป็นสีที่เก่าแก่มาที่สุดสีหนึ่งที้นำมาใช้ในการย้อมเส้นใย เช่น เส้นใยขนสัตว์ ผ้าฝ้าย และเส้นใยอื่นๆ

สารให้สีคราม

สีอินดิโกเป็นประเภทสีแฉะซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญ คือ เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ indoxyl glucoside, indican, indirubin, indigo-brown, indigo glutin และแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นในใบและลำต้นของต้นคราม สามารถนำมาสกัดโดยการแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องหรือน้ำอุ่น (Cofrancesco, 1972) จนกระทั่งเกิดการหมัก (fermentation) สารประกอบอินดิกัน(indican) จะเปลี่ยนเป็นอินดอกซิล (indoxyl) โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ได้นำสีเขียวปนเหลือง เมื่ออินดิกันถูกไฮโดรไลซิสสมบูรณ์แล้วจึงแยกน้ำมาทวนให้ออกซิไดส์กับอากาศโดยการตีให้เป็นฟอง อินดอกซิลจะก่อรูปเป็นตัวสีที่ไม่ละลายน้ำเป็นสีน้ำเงิน รู้จักทั่วไปว่า indigo blue ตกตะกอนอยู่กันถึงหมัก อินดิโกที่ได้จากธรรมชาติมักไม่ค่อยบริสุทธิ์ จะมีอินดิรูบิน (indirubin) และอินดิโกบราวน์ (indigo-brown) รวมอยู่ด้วยและมีปริมาณไม่เท่ากัน (Parrott, 1978; โมโตอิ และคณะ, 2530) เมื่อได้สารให้สีมาพอจะแยกน้ำในส่วนบนออก แล้วกรองแยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็งซึ่งเป็นส่วนให้สีอินดิโกใช้สำหรับเตรียมน้ำย้อมต่อไป

สีอินดิโกเป็นสีประเภทสีแฉะ ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญ คือ เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำจะมีสีน้ำเงิน ก่อนย้อมจึงต้องทำให้สีละลายน้ำเสียก่อน โดยทำการรีดิวซ์ในสารละลายแอลคาไลน์ (alkaline solution) จะได้เป็นลิวโคอินดิโก (leucoindigo) ที่ละลายน้ำ ไม่มีสี จากนั้นก็นำเส้นใยลงย้อมในสารละลายลิวโคอินดิโกแล้วนำออกมาผึ่งไว้ ลิวโคอินดิโกในเส้นใยก็就会被ออกซิไดส์ในอากาศเป็นอินดิโกยึดจับทั้งภายในและผิวของเส้นใย และเนื่องจากอินดิโกนี้ไม่ละลายน้ำ จึงทำให้มีความคงทนของสีสูง แต่ความสามารถในการติดสีอินดิโกมีค่าต่ำ ทำให้ย้อมสีเข้มได้ยาก

วนิดาและคณะ (2531) กล่าวถึงการเตรียมน้ำสีและการย้อมผ้าด้วยสีคราม เริ่มจากการนำต้นครามที่ตัดมาฉีกและมัดเป็นพ่อนๆ นำไปแช่ในน้ำประมาณ 2-3 วัน จนใบครามเปื่อยจึงแก้มัดต้นครามออก เพื่อให้ใบครามหลุดออกมาจากลำต้น นำลำต้นไปทิ้ง เอาปูนขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับน้ำที่แช่ครามผสมลงไปแทนต้นคราม จากนั้นนำเอาน้ำขึ้นเอามาซึ่งได้จากเหง้ากล้วยเผาจนค้ำผสมลงไป ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 คืนจนกว่าน้ำที่ทวนใส รินน้ำทิ้งจะได้สีคราม นำค้ำไปขยำในหม้อครามให้น้ำสีเข้าไปในเนื้อค้ำอย่างทั่วถึง จนกระทั่งได้สีเข้มตามต้องการจึงยกค้ำฝ้ายขึ้นจากหม้อ บิดให้หมาด ล้างน้ำให้สะอาด นำขึ้นราวตากให้แห้ง

Udayini and Jacob (1988) ได้ทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีคราม โดยเตรียมสีจากใบครามนำมาสกัดให้สีคราม ในการเตรียมน้ำย้อมใช้ NaOH เป็นตัวทำละลายควบคู่กับน้ำ และใช้ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ เป็นสารรีดิวซ์ ผลการทดสอบคุณสมบัติของผ้าหลังการย้อม แสดงให้เห็นว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีครามมีความคงทนต่อการซักอยู่ในระดับดี มีค่าความคงทนต่อการครดและด่าง (Perspiration Test) อยู่ในระดับดี แต่มีความคงทนต่อแสงอาทิตย์ต่ำ

Susilo (1992) ศึกษาผลการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีครามธรรมชาติโดยเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีครามสังเคราะห์ โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพียงพอ (ไม่ใช่เกลือ) พบว่าความเข้มของสี (K/S) ของสีครามธรรมชาติ คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีครามสังเคราะห์ และความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในระดับดี และความคงทนของสีต่อแสงและการขัดถูอยู่ในระดับพอใช้

ศิรินันท์ (2543) ศึกษาผลของสภาวะการย้อมต่อค่าสี ความคงทนต่อการซัก และความเหนียวของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อม โดยทดลองใช้ปริมาณเนื้อคราม 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า ปริมาณสารรีดิวซ์และค่าระดับพอดิและระดับเกินพอดิ 20 เปอร์เซ็นต์และระยะเวลาย้อม 45 และ 60 นาที ผลการทดลอง พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ คือ การย้อมโดยใช้ปริมาณเนื้อคราม 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผ้า ปริมาณสารรีดิวซ์และค่าระดับพอดิและระยะเวลาย้อม 60 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้ความสดใสของสี และความเข้มของสี ความคงทนของสีต่อการซักและความเหนียวดีที่สุด

ไพศาล และคณะ (2543) ศึกษาการพัฒนาเทคนิคการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติจากคราม และครั้ง ซึ่งจากผลการทดลองการย้อมครามโดยใช้ใบครามแช่แข็งหมักในน้ำที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาที่นานมากพอที่อินดิเคนในใบครามสลายตัวเป็นอินด็อกซิลอย่างสมบูรณ์ จากนั้นอินด็อกซิลถูกสลายตัวด้วยออกซิเจนเป็นอินดิโก้ตกตะกอนแยกจากน้ำหมัก พบว่าปฏิกิริยาการสลายตัวของอินดิเคนเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน มีสมการอัตราเร็ว คือ $-r_{\text{indican}} = (3.42 \times 10^{11} \text{ h}^{-1}) e^{-8840.5/T} C_{\text{indican}}^{0.37}$ มีค่าพลังงานกระตุ้นของการเกิดปฏิกิริยา (E_a) เท่ากับ 17.6 กิโลแคลอรี/โมล เมื่อย้อมเส้นไหมพันธุ์ลูกผสมด้วยสีครามที่ได้ พบว่า การดูดซับสีอินดิโก้มีไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ปรากฏที่ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เท่ากับ 12.27×10^{-9} , 8.26×10^{-9} และ 4.26×10^{-9} ตร.ซม./วินาที ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของสี (K)

เท่ากับ 61.6 31.4 และ 26.0 ตามลำดับ ค่าความร้อนของการดูดซับ (dH°) เท่ากับ -9.50 กิโลแคลอรี/โมล ค่าการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี เท่ากับ -0.02 กิโลแคลอรี/โมล/เคลวิน หลังจากทดสอบค่าความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงซินอนอาร์กและความแตกต่างของสีของเส้นไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสภาวะต่างๆ พบว่า การย้อมที่ 33 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และย้อมซ้ำ 6 ครั้ง ให้ผลดีที่สุด

ครั่ง

ครั่งเป็นแมลง *Coccus laccae* มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Laccifer Lacca* Kerr. มีขนาดตัวเล็กๆ คล้ายไร มีชื่อทั่วไปว่า ครั่งคูน ครั่งดิบ อยู่ในวงศ์ *Lacciferidae* อันดับ *Wemiplear* การเจริญเติบโตของครั่ง มี 4 ขั้น คือ เป็นไข่ ตัวอ่อน ดักแด้ และตัวแก่ ตามลำดับ (อาทร, 2506)

องค์ประกอบที่มีอยู่ในครั่ง

ครั่งประกอบด้วยสารให้สี 2 ชนิด คือ กรดแลคคาอิก (*laccaic acid*) เป็นสารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างหลักเป็นพวงแอนทราควินโนน (*anthraquinone*) เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้และให้สีแดง ที่เรียกว่า สีครั่ง (*lac dye*) ประกอบด้วย *laccaic acid* A, B, C และ D โดยมี *laccaic acid* A และ B รวมกันประมาณ 80 % ของส่วนที่ให้สีแดง มีรูปร่างคล้ายเข็ม และเอริโทรแลคซิน (*erythrolaccin*) ซึ่งละลายในแอลกอฮอล์ แต่ไม่ละลายน้ำ ให้สีเหลือง

ปริมาณของกรดแลคคาอิกในครั่งดิบ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ชนิดพันธุ์ครั่ง และชนิดต้นไม้ที่ใช้เลี้ยงครั่ง ดังนั้น ครั่งที่ได้แต่ละท้องที่ย้อมมีปริมาณของกรดแลคคาอิกที่ต่างกัน ซึ่งจะให้สารสีแดงที่มีคุณสมบัติและความเข้มข้นของสีแตกต่างกัน นอกจากนี้อายุของครั่งดิบที่นำมาสกัด หากเก็บไว้นานจะมีปริมาณสีน้อยลงด้วย (ไพศาล และคณะ, 2543; Burwood et al., 1965)

สีที่ได้จากครั่งเป็นสีประเภทสีมอร์แดนต์ (*mordant dyes*) (Hill, 1977) ในการย้อมจึงต้องมีการใช้โมเลกุลของมอร์แดนต์หรือใช้เกลือของโลหะ (*metallic salts*) เข้าไปรวมกับโมเลกุลสีในเส้นใย เพื่อให้โมเลกุลของสีมีขนาดใหญ่ขึ้น และไม่หลุดออกจากเส้นใยได้ง่าย สีจึงมีความคงทนต่อการซักและแสงดีขึ้น ที่ใช้กันแพร่หลาย คือ สารส้ม (*alum, potassium aluminum sulphate*)

โครม (chrome, potassium dichromate) ดีบุก (stannous chloride) เหล็ก (ferrous sulphate) และ
 จุนสี (copper sulphate) (ไพศาล และคณะ, 2543)

มาลินี (2526) ศึกษาผลของการใช้สารช่วยติดสี 3 ชนิด คือ สารส้ม กรดทาร์ทาริก และน้ำ
 มะขาม ในการย้อมผ้าไหมด้วยสีครั้ง ใช้เวลาข้อมนาน 30 นาทีทุกการทดลอง พบว่าผ้าไหมที่ย้อม
 โดยใช้สารช่วยติดต่างชนิดกันจะให้สีต่างกัน คือ การใช้กรดทาร์ทาริกหรือน้ำมะขามเป็นสารช่วย
 ติดจะให้สีแดง การใช้สารส้มเป็นสารช่วยติดจะให้สีม่วงแดง เป็นต้น และมีความคงทนต่อการ
 ชักฟอก แสงแดด และการซักถูแตกต่างกัน คือ การใช้สารส้มเพียงชนิดเดียวหรือสองชนิดรวมกัน
 จะมีความคงทนต่อการซักสูง สำหรับการใช้น้ำมะขามและกรดทาร์ทาริกเป็นสารช่วยติดไม่ว่าจะ
 เป็นชนิดเดียวหรือสองชนิดรวมกันจะมีความคงทนต่อแสงแดดดีที่สุดและทนต่อการซักได้ดี แต่มี
 ความคงทนต่อการชักฟอกต่ำมาก

ไพศาล (2539) ได้ทดลองย้อมสีเส้นไหมเกรด 3 ซึ่งได้จากส่วนเปลือกนอกของรังไหมพันธุ์
 ไทยพื้นเมืองด้วยสีแดงจากครั้ง โดยใช้ควบคู่กับสารช่วยติดชนิดต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า การ
 ใช้สารช่วยติดต่างชนิดมีผลต่อสีของเส้นไหม และเมื่อทดลองใช้สารช่วยติดที่ความเข้มข้นต่างกันมี
 ผลต่อความเข้มข้นของสีของเส้นไหม สำหรับขั้นตอนการใช้สารช่วยติด ก่อน และหลังการย้อมสี
 ครั้งมีผลต่อความเข้มของสีที่ได้เฉพาะกับสารช่วยติดบางชนิดเท่านั้น เส้นไหมที่ผ่านการย้อมส่วน
 ไหญ่มีคุณภาพในด้านความคงทนของสีต่อการตกสี อยู่ในระดับดีถึงดีมาก แต่มีความคงทนของสี
 ต่อการเปลี่ยนสีอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากและมีความคงทนของสีต่อแสงซินอนอาร์ก (แสงแดดเทียม)
 อยู่ในระดับปานกลางถึงดี การใช้สารช่วยติดที่ความเข้มข้นต่างกันและวิธีย้อมที่ต่างกันมีผลทำให้
 เส้นไหมที่ย้อมได้มีคุณภาพสีใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาเลือกสารช่วยติดที่เหมาะสมในการย้อม
 พบว่า มี 5 ชนิด คือ น้ำหมื่อดผสมน้ำมะขาม กรดฟอร์มิก 0.1 โมลาร์ กรดอะซิติก 0.5 โมลาร์ กรด
 ทาร์ทาริก 0.5 โมลาร์ และกรดซัลฟูริก 0.4 โมลาร์ เพราะเส้นไหมที่ย้อมได้มีความคงทนดีที่สุดใน
 แต่ละด้าน

ไพศาล และคณะ (2543) ศึกษาการพัฒนาเทคนิคการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติจากคราม
 และครั้ง ซึ่งจากผลการทดลองการย้อมสีครั้ง พบว่า การย้อมไหมพันธุ์ลูกผสมด้วยสีครั้งมีไอโซ
 เทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ มีค่าความร้อนของการดูดซับเท่ากับ -13.20 กิโลแคลอรี/โมล และมี
 ค่าการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีเท่ากับ -0.03 กิโลแคลอรี/โมล/เคลวิน ผลการเพิ่มอุณหภูมิของการย้อม
 จาก 28 องศาเซลเซียส เป็น 60 และ 80 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ปรากฏ (D_A) มี
 ค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.10×10^{-10} ตร.ซม./วินาที เป็น 10.5×10^{-9} และ 15.01×10^{-9} ตร.ซม./วินาที ตามลำดับ แต่

ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของสี(K) มีค่าลดลงจาก 301.5 เป็น 34.2 และ 11.9 ตามลำดับ เมื่อย้อมสีครั้งผสมใบเหมือดที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของสีมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 40 ถึง 45 เท่า เมื่อเทียบกับการย้อมสีครั้งอย่างเดี่ยวที่อุณหภูมิเท่ากัน หลังจากทดสอบคุณภาพสีที่ได้ในด้านความคงทนต่อการซัก และต่อแสงซินอนอาร์ค และความคงทนต่อแรงดึง สรุปได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมสีครั้ง คือ การย้อมที่ใช้ใบเหมือดผสมน้ำมะขามเป็นสารช่วยติดที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 30-40 นาที

ขมิ้น

ขมิ้นเป็นไม้ล้มลุกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma domestica* Val.; *C. longa* Linn. อยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีชื่อสามัญคือ Turmeric, Curcuma, Indian saffron และ Yellow root ชื่อท้องถิ่นคือ ขมิ้น ขมิ้นชัน (ทั่วไป) ขมิ้นหัว ข่าขมิ้น (พายัพ) ขมิ้นแดง (เชียงใหม่, กำแพงเพชร) มิ้น สะยอ (แม่ฮ่องสอน) ขี้มิ้น (ภาคใต้) (นิจศิริ, 2534; พรสวรรค์ และคณะ, 2543; รุ่งรัตน์, 2540)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ขมิ้นเป็นพืชล้มลุก ส่วนต้นที่โผล่ขึ้นมาเป็นลำต้นเทียมเหนือดินสูง 60-90 เซนติเมตร ลำต้นที่แท้จริงคือส่วนที่อยู่ใต้ดิน เรียกว่าเหง้า (rhizome) ซึ่งประกอบด้วยแง่งที่มีลักษณะต่างๆ กันคือ แง่งแม่ (mother rhizome) หรือแง่งหลักมีลักษณะกลม และแตกแขนงออกไปทางด้านข้างเป็นแขนงที่สองและที่สามต่อไป (secondary และ tertiary branches) แขนงที่แตกออกมานี้มีลักษณะกลมจะเรียกว่า หัวหรือคอร์ม (corm) และถ้ามีลักษณะยาวคล้ายนิ้วมือเรียกว่านิ้ว หรือฟิงเกอร์ (finger) ซึ่งจะเป็นที่เกิดของรากฝอย บริเวณแง่งของหัวและนิ้วจะมีตาอยู่ทั่วไป มีสีค่อนข้างอ่อน ซึ่งต่อไปจะเจริญเติบโตเป็นลำต้นและใบ ใบเป็นใบเดี่ยว แผ่นใบมีลักษณะยาวรี ปลายแหลม เรียงแบบสลับ และอยู่กันเป็นกลุ่ม เมื่อโตเต็มที่จะมีประมาณ 6-10 ใบ ดอกเกิดเป็นช่อ ช่อดอกจะเกิดบนลำต้นที่มีใบ โผล่ขึ้นมาจากใจกลางของกลุ่มใบ มีรูปร่างทรงกระบอกหรือรูปโคน (cone) กลีบดอกสีเหลืองอ่อน ปกติดอกขมิ้นจะเป็นหมัน จึงมักไม่ติดผลและเมล็ด (รุ่งรัตน์, 2540)

องค์ประกอบของขมิ้น

องค์ประกอบทางเคมีของขมิ้นส่วนใหญ่เป็นสตาโรนและเออย แต่ปริมาณจะมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับพันธุ์ การเพาะปลูก ความอ่อนแก่ และอายุการเก็บเกี่ยว โดยสตาโรนจะเป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรตในขมิ้นและจัดเป็นองค์ประกอบหลักของขมิ้น นอกจากนี้จะประกอบด้วยโปรตีนไขมัน เออยและองค์ประกอบที่สำคัญ คือ รงควัตถุที่ให้สีเหลือง ได้แก่ สารประกอบเคอร์คิวมินอยด์ (curcuminoid pigment) และน้ำมันหอมระเหย

สารประกอบหลักที่ให้สีเหลืองเข้มหรือสีส้มแดงของขมิ้น คือ สารเคอร์คิวมินอยด์ เป็นสารจำพวก diferuloyl methane หรือที่มีชื่อว่า curcumin, monodesmethoxy curcumin, didesmethoxy curcumin (นิจสิริ, 2534) มีอยู่ประมาณร้อยละ 0.02-8.1 ขมิ้นจากการวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วยสารสกัดที่มีสี (pigment extract) 3 ชนิด คือ เคอร์คิวมินคิดเป็นร้อยละ 49-61, เดสเมทอกซีเคอร์คิวมิน (desmethoxycurcumin) คิดเป็นร้อยละ 20-29 และ บิส-เดสเมทอกซีเคอร์คิวมิน (bis-desmethoxycurcumin) คิดเป็นร้อยละ 15-26 เรียกสารประกอบที่ให้สีทั้งสามรวมกันเรียกว่า เคอร์คิวมินอยด์ (Pursglove, 1981; Rouseff, 1988) สารประกอบเคอร์คิวมินจะไวต่อกรดและด่าง โดยจะมีสีเหลืองเมื่ออยู่ในสภาวะกรดอ่อนถึงเป็นกลาง และจะมีสีน้ำตาลแดงเมื่ออยู่ในสภาวะด่าง สารประกอบเคอร์คิวมินที่บริสุทธิ์จะเป็นผลึกสีเหลือง ไม่มีกลิ่น มีจุดหลอมเหลว 184-186 องศาเซลเซียส ละลายได้น้อยในน้ำ ปีโตรเลียมอีเธอร์ และเบนซีน แต่ละลายได้ในเมทานอล เอทานอล กรดอะซิติกเข้มข้น (glacial acetic acid) และโพพิลีนไกลคอล และละลายได้ดีในอะซิโตน และไดเอทิลอีเธอร์ สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 429 นาโนเมตร (Govindarajan, 1980)

สีที่ได้จากขมิ้นเป็นสีประเภทสีย้อมโดยตรง (direct dyes) (Hill, 1977) สามารถย้อมติดเส้นใยได้โดยตรง สีย้อมเข้าสู่เส้นใยได้ง่าย โดยไม่ต้องใช้สารช่วยติด (Parrott, 1978) สีที่ได้มีความคงทนต่อแสงแดดแต่ไม่ทนต่อการซัก

นฤมล (2533) ศึกษาการย้อมไหมด้วยขมิ้นชัน ใช้สารช่วยติด คือ เหล็ก จุนสี กรดน้ำส้ม และสารส้ม ในปริมาณ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักไหม ย้อมนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 80 - 85 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าการใช้เหล็กและจุนสีจะให้สีเหลืองอมน้ำตาลและเหลืองอมเขียว ตามลำดับ แต่เมื่อใช้กรดน้ำส้ม สารส้ม และไม่ใช่สารช่วยติดจะให้สีเหลืองทอง ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักพบว่า เมื่อใช้เหล็ก 6 จุนสี 2 และสารส้ม 8 เปอร์เซ็นต์ของ

น้ำหนักใหม่เป็นสารช่วยติด จะให้ความคงทนของสีต่อการซักสูงสุด การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงพบว่า การใช้ยูนสีทุกปริมาณจะให้ความคงทนสูงสุด

สุทธิลา (2535) ศึกษาการย้อมไหมด้วยขมิ้นชันใช้สารช่วยติด คือ น้ำมะขาม น้ำส้มป่อย ในขณะที่ย้อมและกรดน้ำส้มหลังย้อม เข้มขึ้น 5 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในปริมาณ 4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักไหม 1 กรัม ย้อมที่ 85–90 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และแช่ต่อที่ อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง ความเข้มข้นของกรดน้ำส้ม คือ 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักไหม 1 กรัม นาน 5 นาที ผลปรากฏว่าสีที่ย้อมได้ คือ สีเหลืองทอง การทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดและคาร์บอนอาร์คต่ำสุดทุกการทดลอง การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก พบว่าการใช้น้ำส้มป่อยทุกระดับความเข้มข้นที่ผ่านกรดน้ำส้ม 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์จะให้ค่าความคงทนของสีสูงสุด

กานดา (2540) ศึกษาการผลิตและการใช้ประโยชน์จากขมิ้นผงและโอลีโอเรซิน พบว่า การเตรียมขมิ้นผงที่เหมาะสม คือการนำขมิ้นชันต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที โดยใช้อัตราส่วนขมิ้นชัน 500 กรัม ต่อ น้ำ 1.5 ลิตร จากนั้นหั่นเป็นท่อนและทำแห้ง 60–65 องศาเซลเซียส นาน 14 ชั่วโมง ซึ่งลดเวลาการอบแห้งขมิ้นสดที่ไม่ผ่านการต้มที่ใช้เวลานานถึง 22 ชั่วโมง จากนั้นนำขมิ้นชันที่ได้ไปบดเป็นผงขนาด 250 - 355 ไมโครเมตร จะได้ขมิ้นชันที่เป็นผงเมื่อนำไปวิเคราะห์ได้น้ำหอม ระเหย 7.7 มิลลิเมตร/100 กรัม และเคอร์คิวมิน 5.47 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณผลผลิตคิดเป็น 21.93 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด

น้ำอ้อย (2540) ศึกษาสภาวะและตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารสีย้อมธรรมชาติจากขมิ้น แก่นไม้ขนุน และดอกดาวเรือง ให้ได้ความเข้มข้นสูงสุด พบว่าลักษณะของวัตถุดิบชนิดผงจะสกัดสารออกมาได้มากกว่าชนิดที่เป็นชิ้น เมื่อนำไปต้มในน้ำนาน 1 ชั่วโมง และสามารถสกัดสารออกมาได้มากกว่า ถ้าใช้เมทานอลในการสกัดสีเหลืองจากขมิ้นและดาวเรือง สำหรับแก่นขนุน สกัดได้ดีเมื่อใช้น้ำอย่างเดียวก่อน และถ้าใช้น้ำต่อเมทานอลในอัตราส่วน 9: 1 โดยปริมาตร สามารถสกัดได้ผลใกล้เคียงกับการใช้เมทานอลอย่างเดียว

จารุวรรณ (2546) ศึกษาการย้อมผ้าไหมด้วยสีจากขมิ้นชันแห้ง โดยศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อความเข้มของน้ำสีและความเข้มของสีผ้าไหม พบว่า วิธีการสกัดน้ำสีจากขมิ้นชันแห้งที่เหมาะสม คือ การใช้อัตราส่วนขมิ้นชันแห้งต่อน้ำ 1: 30 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 45 นาที ในการศึกษาผลของสภาวะการย้อมต่อค่าความเข้มของสี คือ การย้อมที่อุณหภูมิ 90 องศา

เซลล์เยื่อ ระยะเวลา 75 นาที และในการศึกษาผลของสารช่วยติดต่อสีและความคงทนของสีผ้าไหม พบว่า ชนิดของสารช่วยติดมีผลต่อค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ปริมาณของสารช่วยติดมีผลต่อค่า a^* และ h^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีผลต่อค่า b^* และ C^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ชนิดและปริมาณของสารช่วยติดมีผลต่อค่า b^* และ C^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชนิดของสารช่วยติดมีผลต่อความคงทนของสีต่อการซักต่อการขัดถูในสภาวะแห้งและสภาวะเปียก และต่อแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชนิดและปริมาณของสารช่วยติดมีผลต่อค่าความคงทนของสีต่อแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สารซักฟอก

สารซักฟอก (laundry detergent) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง (powder) หรือของเหลว (liquid) ที่มีสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบหลัก สำหรับใช้ซักผ้า (คณะกรรมการโครงการฉลาดเขียว, 2540)

ประเภทของสารซักฟอก

คณะกรรมการโครงการฉลาดเขียว (2540) กล่าวว่า การผลิตสารซักฟอกมีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ โดยเน้นความสะดวกในการใช้และความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่เปลี่ยนไป ทำให้สารซักฟอกที่ผลิตในปัจจุบันมีทั้งผงและน้ำ สามารถแบ่งการผลิตสารซักฟอกตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1. สารซักฟอกชนิดที่เหมาะสมสำหรับซักด้วยมือ
2. สารซักฟอกชนิดที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องซักผ้า
3. สารซักฟอกชนิดที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำความสะอาดเครื่องจักรเครื่องยนต์ในโรงงาน

สารซักฟอกทั้ง 3 ชนิดนี้ แต่ละชนิดจะมีส่วนผสมของสารเคมีแตกต่างกัน จึงมีสมบัติและความสามารถในการซักฟอกไม่เหมือนกัน และเมื่อแบ่งประเภทของสารซักฟอกตามสารลดความกระด้าง (builder) จะแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ

1. ชนิดที่ไม่มีสารลดความกระด้าง (unbuilt) ใช้ในการล้างในอุตสาหกรรมเท่านั้น

2. ชนิดที่มีสารลดความกระด้าง(built) ใช้ตามบ้านเรือน(laundry detergent) เพื่อขจัดความสกปรกของเนื้อผ้า และสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 สารซักฟอก สูตรฟอสเฟต

2.2 สารซักฟอก สูตรฟอสเฟตต่ำ (low phosphate)

2.3 สารซักฟอก สูตรไม่มีฟอสเฟต (phosphate-free หรือ non-phosphate)

สำหรับในประเทศไทยผงซักฟอกที่ใช้เป็นสูตรฟอสเฟตจนกระทั่งปี พ.ศ.2534 จึงมีการเสนอผงซักฟอกสูตรฟอสเฟตต่ำ โดยใช้สารซีโอไลต์ทดแทนสารฟอสเฟตส่วนหนึ่ง เข้ามาในตลาดสารซักฟอก

นอกจากนี้ บุญฤทธิ์ (2527) แบ่งประเภทของสารซักฟอกตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. สารซักฟอกสำหรับผ้าสกปรกมาก (heavy duty detergent) เป็นสารซักฟอกที่มีส่วนผสมของอัลคาไล บิลเดอร์ (alkali builders) มีพลังในการซักสูงทั้งนี้เพราะมีส่วนผสมของอัลคาไล บิลเดอร์ (alkali builders) อยู่ด้วยตัวอย่างสารซักฟอกประเภทนี้ได้แก่ สารซักฟอกที่ใช้ซักผ้าตามบ้านเป็นประจำ

2. สารซักฟอกสำหรับผ้าที่สกปรกน้อย (light duty detergent) เป็นการซักฟอกที่ไม่มีส่วนผสมของอัลคาไล บิลเดอร์ อยู่ด้วยจึงมีฤทธิ์เป็นกลาง (neutral) เหมาะสำหรับใช้ซักผ้าที่ทำด้วยผ้าไหมหรือขนสัตว์ เพราะผ้าเหล่านั้นถ้าใช้สารซักฟอกประเภทที่มีส่วนผสมของอัลคาไล บิลเดอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง (pH ประมาณ 10) จะทำให้ผ้าหดตัวเสียรูปทรงได้ตัวอย่างสารซักฟอกประเภทนี้ได้แก่ น้ำยาซักผ้าทั้งหลายที่มีจำหน่ายทั่วไป แต่เมืองไทยเรียกสารซักฟอกที่ไม่มีส่วนผสมของอัลคาไล บิลเดอร์ ว่าน้ำยาซักแห้ง แต่น้ำยาซักแห้งที่แท้จริงทำมาจากสารทำละลาย (solvent) ไม่ใช่สารซักฟอกที่ไม่มีส่วนผสมของอัลคาไล บิลเดอร์

ส่วนประกอบของสารซักฟอก

สารซักฟอกโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมี สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ สารลดแรงตึงผิว (surfactants), บิลเดอร์ (builders), สารฟอกขาว (bleaching agents), และสารประกอบ

อื่นๆ (auxiliary agents) ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ช่วยในการทำความสะอาดดังนี้ (คณะกรรมการโครงการฉลากเขียว, 2540; อารัมภ์รัตน์, 2542; วณิดา และสะอึง, 2544; Jakobi and Lohr, 1987)

1. สารลดแรงตึงผิว สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะของโครงสร้างโมเลกุลเมื่อละลายน้ำ ดังนี้

1.1 สารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิก เมื่อละลายน้ำจะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ เป็นสารที่มีปฏิกิริยาต่อผิวหน้าของน้ำ ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในสารซักฟอกที่ใช้เครื่องซัก สามารถแพร่กระจายและขจัดสิ่งสกปรกได้ดี มีปริมาณฟองมาก ได้แก่ แอลคิลซัลโฟเนต (alkylsulfonates) แอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (alkylbenzenesulfonates-ABS) เซคันดารี อัลเคนซัลโฟเนต (secondary alkane sulfonates-SAS) และ เอลฟา-โอเลฟินซัลโฟเนต (α -olefinsulfonates-AOS) อัลคิล ซัลเฟต(alkyl sulfates-FAS)

1.2 สารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก เมื่อละลายน้ำจะไม่มีประจุไฟฟ้า สามารถใช้ได้ตามลำพังหรือใช้ร่วมกับแอนไอออนิก หรือแคทไอออนิก ในสารซักฟอกได้ นอนไอออนิกจะให้ฟองน้อย มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูงโดยเฉพาะการขจัดน้ำมันและไขมัน จากผ้าใยสังเคราะห์ ได้แก่ แอลคิลฟีนอลอีทอกซีเลต (alkylphenol ethoxylates) เฟตตีแอลคิลแอลคานอลแอมไมด์ (fatty acid alkanolamides-FAA) แอลคิล โพลีไกลโคไซด์ (alkyl polyglycosides-APG) อัลคิล โพลีไกลคอล อีเทอร์ (alkylpolyglycol ethers-AEO)

1.3 สารลดแรงตึงผิวประเภทแคทไอออนิก เมื่อละลายน้ำจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ไม่ใช้แพร่หลายนัก ส่วนใหญ่จะใช้น้ำยาปรับผ้านุ่ม ช่วยในการลดไฟฟ้าสถิต ได้แก่ ไดอัลคิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (dialkyldimethylammonium chloride-DSDMAC) ควอเตอร์นารีแอมโมเนียม คอมพาวด์เตตราแอลคิลแอลโมเนียมคลอไรด์ (quarternary ammonium compounds tetraalkylammonium chloride)

1.4 สารลดแรงตึงผิวประเภทแอมโฟเทอริก เป็นสารที่มีโมเลกุลละลายน้ำ แล้วเป็นได้ทั้งประจุบวกและประจุลบ ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดและเบส (พีเอช) ของน้ำมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูง แต่มีราคาแพง มักพบในยาสระผม หรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิว เช่น บีเทน(betaines) อัลคิลซัลโฟบีเทน (alkylsulfobetaines)

2. บิลเดอร์ เป็นสารเพิ่มพลังในการซัก ช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำสะอาดของสารลดแรงตึงผิวดีขึ้น โดยจะทำให้ไอออนในน้ำกระด้าง แคลเซียม (Ca^{2+}) และแมกนีเซียม (Mg^{2+}) ตกตะกอน บิลเดอร์นี้ยังช่วยแขวนลอยไขมันและป้องกันการย้อนกลับของสิ่งสกปรกเข้าสู่ใยผ้าที่ทำสะอาดแล้ว และทำให้ระดับความเป็นด่างที่ช่วยในการทำสะอาดมีความเหมาะสม สารที่ใช้เป็นบิลเดอร์ ได้แก่ ฟอสเฟต (phosphate) คาร์บอเนต (carbonates) ซิลิเกต (silicates) ซิเตรต (citrates) และอลูมิเนียมซิลิเกต (aluminium silicates)

3. สารฟอกขาว เป็นส่วนประกอบในการทำสะอาด ทำให้ผ้าขาว และขจัดสิ่งสกปรก ซึ่งแบ่งเป็นสารฟอกขาวคลอรีน (liquid chloride bleach) ซึ่งมีโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (sodium hypochlorite) เป็นสารออกฤทธิ์ มีประสิทธิภาพสูง เหมาะสำหรับการซักที่มีรอบการซัก และอุณหภูมิการซักต่ำ สารฟอกขาวที่มีส่วนประกอบของออกซิเจนหรือเพอร์ออกไซด์ (oxygen-based or peroxide bleach) โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นผงที่มีโซเดียมเพอร์บอเรต (sodium perborate) สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดปฏิกิริยากับโลหะ นอกจากนี้สามารถแบ่งได้เป็น Bleach-Active Compounds สารเพิ่มปฏิกิริยา (bleach activators) สารช่วยเร่งปฏิกิริยา (bleach catalysts) และสารช่วยในการเกิดความเสถียร (bleach stabilizers)

4. สารประกอบอื่น ทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพของสารซักฟอก ได้แก่

4.1 เอนไซม์ (enzyme) เป็นสารอินทรีย์ที่ช่วยย่อยโมเลกุลของโปรตีน แป้ง และไขมัน ในเนื้อโคล รวมทั้งในคราบโลหิตให้เป็นหน่วยย่อย และเอนไซม์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ Proteases และ Amylases เพราะมีประสิทธิภาพสูงในการชำระล้างและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4.2 สารป้องกันการตกตะกอนกลับของสิ่งสกปรก (soil antiredeposition agents) สารตัวนี้ใส่เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกที่หลุดออกจากเนื้อผ้าระหว่างซัก มิให้ไหลย้อนกลับมาเกาะบนผ้าอีก สารเหล่านี้ได้แก่ โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลดรอซีเอทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylhydroxyethyl cellulose)

4.3 สารควบคุมฟอง (foam regulators) นิยมใช้สบู่ที่มีโมเลกุลสูงซึ่งทำจากไขวัว หรือ behenic acid เป็นสารควบคุมการเกิดฟอง นอกจากนั้นยังใช้สบู่ที่ได้จากแคลเซียม ซิลิโคน ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน และ shortchain nonionic surfactants ปกติมี 2 ประเภท ได้แก่

4.3.1 สารเพิ่มฟอง มักเติมในสารซักฟอกชนิดที่ซักด้วยมือ เพราะในขณะซักถ้ามีฟองเกิดขึ้นตอนขยี้ ผู้ใช้จะรู้สึกเสมือนออกแรงน้อย

4.3.2 สารลดฟอง นิยมเติมในผงซักฟอกที่ซักด้วยเครื่องทำให้เกิดฟองน้อย เพราะเครื่องซักผ้ามีเนื้อที่จำกัด ถ้าฟองมากเกินไป ฟองอาจล้นออกจากเครื่องทำให้เครื่องซักผ้าเสียหายได้

4.4 สารยับยั้งการกัดกร่อน (corrosion inhibitors) ช่วยมิให้เครื่องซักผ้าหรืออ่างน้ำที่เป็นโลหะถูกกัดกร่อนได้ง่าย และยังช่วยรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างของสารซักฟอก สารที่นิยมใช้คือ โซเดียมซิลิเกต

4.5 สารเพิ่มความสดใสให้กับเนื้อผ้า (optical brighteners) มีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตจากแสงอาทิตย์จึงเกิดการเรืองแสง แล้วสะท้อนเข้าตา ทำให้ดูเหมือนผ้าขาวสะอาดและมีสีสดใสขึ้น

4.6 น้ำหอม หรือ กลิ่นหอม (fragrances) เพื่อให้มีกลิ่นหอมเพิ่มความน่าใช้ ที่เติมในสารซักฟอก เช่น กลิ่นลาเวนเดอร์และกลิ่นมะนาว

4.7 สี (dyes) ใส่เพื่อให้สารซักฟอกดูน่าใช้ที่นิยมใส่คือสีขาวย เม็ดสีนิยมใช้สีน้ำเงินหรือสีเขียว

4.8 ฟิลเลอร์และฟอร์มูลาชัน เอจด์ (fillers and formulation aids) เป็นตัวเติมเพื่อปรับปรุงการลื่นไหล ความคงตัว การเกาะตัวของสารซักฟอก ส่วนมากมักเป็นชนิดของแข็ง เช่น โซเดียมซัลเฟต

นาวลวี (2529) ศึกษาการสลายตัวของสารซักฟอกชนิดย่อยสลายยากและสารซักฟอกชนิดย่อยสลายง่าย ในแหล่งน้ำธรรมชาติ และในระบบบำบัดน้ำทิ้ง พบว่าสารซักฟอกชนิดย่อยสลายง่าย

ในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำกลั่นและน้ำประปา ทุกระดับความเข้มข้น ทั้งเดิมและไม่เดิมอากาศ มีการสลายตัวไม่แตกต่างกันและมีอัตราการสลายตัวเร็วกว่าสารซักฟอกชนิดย่อยสลายยาก และสารซักฟอกชนิดย่อยสลายยากในแหล่งน้ำธรรมชาติจะสลายตัวเร็วขึ้นเมื่อมีการเติมอากาศ โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ ส่วนในระบบบำบัดน้ำทิ้ง แบบถังเกรอะ สารซักฟอกชนิดย่อยสลายง่าย จะสลายตัวได้เร็วกว่าสารซักฟอกชนิดย่อยสลายยาก

การซักผ้า

การซักผ้า คือ การทำความสะอาดเอารอยเปื้อนและสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยของเนื้อผ้า ซึ่งควรเลือกวิธีการที่เหมาะสม

วิธีการซักผ้า

วิธีการซักผ้า มี 2 วิธี คือ (อัจฉราพร, 2539; Jakobi and Lohr, 1987)

1. การซักแห้ง (dry cleaning) คือ กรรมวิธีการซักอันละเอียดละออ โดยใช้สารซักแห้งกับตัวทำละลายซักแห้ง
2. การซักเปียก (laundry) คือ การทำความสะอาดผ้าหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทออื่นๆ โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความสะอาด

การจัดสิ่งสกปรกออกจากผ้า ถ้าหากใช้น้ำเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องใช้สารทำความสะอาดเข้าช่วย สารทำความสะอาดมีบทบาทในการทำให้สิ่งสกปรกกระจายตัวในตัวกลาง นอกจากนี้ยังป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกกลับคืนมาเกาะผิวของวัสดุที่ทำความสะอาดอีก

หลักการสำคัญในการซักผ้า

การซักผ้ามีหลักที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. การชัก คือ การขจัดสิ่งสกปรกออกไปจากเส้นใยเนื้อผ้า
2. การฟอก คือ การฟอกขาวหรือการขจัดคราบที่ชักด้วยวิธีธรรมดาไม่ได้ การฟอกจะฟอกเฉพาะผ้าขาวเท่านั้น
3. การล้าง คือ การขจัดสิ่งสกปรกและสารชักฟอกไม่ให้ตกค้างในเนื้อผ้า

กระบวนการชักผ้า

ไพบูลย์ (2537) สรุปว่าการชักผ้าประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การทำให้ผ้าเปียก กระบวนการทำความสะอาดผ้าจะกระทำได้ดีต่อเมื่อทั้งเส้นใยผ้าและสิ่งสกปรกเปียกน้ำเสียก่อน
2. การทำให้เป็นกลาง โดยธรรมชาติแล้วสิ่งสกปรกที่จับเกาะเส้นใยมักมีสภาพเป็นกรด ต้องปรับสภาพให้เป็นกลางเสียก่อน จึงจะทำให้สามารถดึงสิ่งสกปรกให้หลุดออกจากเส้นใยได้
3. การละลาย สิ่งสกปรกที่ละลายได้ในน้ำ จะละลายออกจากเส้นใย เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำผลไม้ โปรตีน ที่จับผ้าจนแห้งกรัง เช่น ไขขาว แม้จะขจัดออกจากเส้นใยได้ยากเมื่อทำการฟอก แต่จะละลายออกจากเส้นใยในสารละลายด่างอ่อนๆ ที่อุ่นๆ
4. การดึงสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิว สารลดแรงดึงผิว เช่น สบู่ สารชักฟอก จะมีความสามารถในการดึงสิ่งสกปรกให้หลุดออกจากเส้นใยได้
5. การแปรสภาพเป็นสบู่ น้ำมัน และไขมันที่ได้จากพืชและสัตว์เมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับด่างก็จะแปรสภาพเป็นสบู่ ซึ่งสามารถละลายหรือลอยในน้ำ เมื่อล้างน้ำให้สะอาดสิ่งสกปรกก็จะหลุดไป

6. การแขวนลอยในน้ำ น้ำมันแร่ธาตุ หรือผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถแปรสภาพเป็นสบู่ แต่เมื่อมีสารลดแรงตึงผิวอยู่ ก็จะช่วยให้หยดน้ำมันเล็กๆแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ เมื่อล้างน้ำก็จะหมดไปจากเส้นใย

7. การกระจายตัว สิ่งสกปรกที่ไม่ละลาย เช่น เขม่าควันไฟ เมื่อถูกดึงออกจากเส้นใยแล้ว สารลดแรงตึงผิวจะไปล้อมจับไว้โดยรอบเกิดเป็นชั้นบางๆ ของประจุไฟฟ้าที่เหมือนกัน ทำให้สิ่งสกปรกเล็กๆ เหล่านั้นผลักกันเอง ไม่รวมตัวและกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำ

8. การป้องกันการเข้าไปจับใหม่ เมื่อสิ่งสกปรกถูกดึงออกจากเส้นใยแล้ว ก็จะกระจายตัวแขวนลอยอยู่ในน้ำ แต่อาจจะกลับเข้าไปจับเส้นใยได้ใหม่อีก จึงต้องป้องกันด้วยการเติมสารป้องกันการจับเกาะของสิ่งสกปรกที่หลุดออกจากเส้นใย เพื่อไม่ให้เข้าไปจับเส้นใยได้อีก จนกว่าจะมีการล้างออก

9. การขจัดภู แรงขจัดที่เกิดจากการขยี้หรือการปั่นของเครื่องซักผ้าจะช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเส้นใยรวดเร็วขึ้น

10. การอ่อนตัวของสิ่งสกปรกเนื่องจากความร้อน สิ่งสกปรกบางอย่างที่จับบนเส้นใย เช่น ไขมัน ขี้ผึ้ง เทียนไข จะอ่อนตัว ถ้าให้ความร้อนสามารถชักให้หลุดไปจากเนื้อผ้าได้โดยง่าย ในขณะที่โปรตีน เช่น ไข่ขาวจะแข็งตัวเมื่อถูกความร้อนสูงๆแต่จะละลายออกจากเนื้อผ้าได้โดยง่ายในสารละลายของด่างอ่อนๆ ที่อุ่นๆ ดังนั้นการซักผ้าจึงต้องเลือกให้เหมาะกับสิ่งสกปรกแต่ละชนิด

การซักผ้าด้วยเครื่องซักผ้า

องค์ประกอบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการซักผ้าโดยการใช้เครื่องซักผ้า นอกจากประสิทธิภาพของสารซักฟอกแล้วยังมีส่วนประกอบอื่นที่ต้องพิจารณา ดังต่อไปนี้ (ไพบูลย์, 2537)

การล้างผ้า หลังผ่านการซักแล้ว จำเป็นต้องล้างผ้าให้สะอาดเพื่อขจัดด่างที่ตกค้างอยู่ การล้างน้ำหลายๆครั้งช่วยให้ผ้าสะอาด และก่อนการล้างน้ำแต่ละครั้ง หากมีการบิดเอาน้ำที่ผ้าดูดซับเอาไว้ออกไปจากผ้าได้มากเท่าไร จะช่วยให้ล้างผ้าได้สะอาดยิ่งขึ้น

ระดับน้ำ แรงดึงดูดระหว่างผ้ามีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ ระดับน้ำที่เหมาะสมสำหรับการซัก การฟอกและการล้างน้ำ และการล้างผ้าในครั้งสุดท้ายจะแตกต่างกันไปตามแบบและขนาดของเครื่องซักผ้า โดยทั่วไปมักจะตั้งระดับน้ำไว้ 2 ระดับ คือ ระดับสูงสำหรับการล้างผ้า และระดับต่ำสำหรับซักฟอก

ปริมาณฟอง สารซักฟอกที่ใช้กับเครื่องซักผ้า ควรเป็นชนิดฟองน้อย เพราะถ้ามีฟองมาก ฟองที่เกิดขึ้นจะไปแทรกตัวอยู่ระหว่างชั้นผ้า เป็นกั้นชนลดการขัดถูกันเองระหว่างผ้า นอกจากนั้นยังไปอัดตัวในช่องว่างภายในตะกร้าบรรจุผ้า ขัดขวางการเคลื่อนไหวและลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นซึ่งซักผ้าได้ไม่สะอาด บางทีฟองอาจล้นไปกระทบส่วนควบคุมเครื่องซักผ้าด้านบนจนเกิดความเสียหาย และยังล้างฟองให้หมดไปจากผ้าได้ยากอีกด้วย

ระบบการวัดสี

สี เป็นสิ่งสำคัญที่จะดึงดูดผู้บริโภคในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์นั้นๆ สีที่ตาเรามองเห็นมีมากมายหลายสี จึงมีความจำเป็นต้องมีระบบจัดลำดับสีให้เป็นระเบียบเพื่อให้ผู้ใช้สีสามารถสื่อสารแล้วเข้าใจความหมายของสีได้ตรงกัน และเพื่อให้เป็นที่เข้าใจในระดับสากล จึงมีการกำหนดค่าสีเป็นปริมาณที่วัดได้เพื่อนำไปประเมินค่าเป็นตัวเลขที่แน่นอน ระบบการวัดสีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมี 2 ระบบคือ ระบบ Munsell และระบบ CIE (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2542)

1. ระบบ Munsell เป็นระบบพื้นฐานในการจัดลำดับสีอย่างง่าย โดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็น 3 ประการ (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2542) ดังนี้

1.1 Hue คือ สีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง สีเขียว เป็นต้น โดยจะเรียงเป็นเส้นรอบวงกลมอยู่โดยรอบแกน value มีทั้งหมด 10 สี คือ แดง (R) แดงเหลือง (YR) เหลือง (Y) เหลืองเขียว (GY) เขียว (G) เขียวน้ำเงิน (BG) น้ำเงิน (B) น้ำเงินม่วง (PB) ม่วง (P) และม่วงแดง (PR) แต่ละสีจะแบ่งเป็น 10 สีย่อย ดังภาพที่ 9

1.2 Value (lightness) หมายถึง ความสว่างของสีโดยกำหนดค่าความสว่างตามแนวตั้งสีขาวจะอยู่ที่ปลายสุดของแกนบน สีดำจะอยู่ล่างสุด ดังภาพที่ 9

1.3 Chroma (saturation) หมายถึง ความเข้ม ความบริสุทธิ์ของสีโดยกำหนดค่าตามแนวนอน เริ่มต้นจากสีเทาใน value หนึ่งๆ แล้วเพิ่มเนื้อที่มากขึ้นเรียงออกมาตามลำดับ ที่ปลายด้าน

นอกจากจะเป็นสีที่มีความเข้มสุด ดังภาพที่ 9 chroma จะมีค่าตั้งแต่ 0 ไปถึง 12 หรือ 14 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าแต่ละสีจะสดที่สุดได้เท่าใด ณ ค่า value คงที่หนึ่งๆ

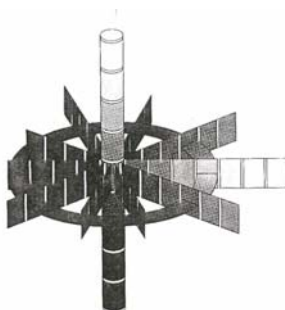
ในระบบ Munsell ระบุลักษณะสีของวัตถุโดยใช้ตัวเลขและตัวอักษรในลักษณะ Hue Value และ Chroma โดย Hue เดียวกัน จะมีค่าตั้งแต่ 1-10 และกำหนดให้เลข 5 เป็นจุดกลาง

ตัวอย่างการบอกสีของระบบ Munsell เช่น หมายเลข 7.5 R 9/2 หมายถึง

- Hue 7.5 R เป็นสีแดงไปทางเหลือง (yellow - red)
- Value 9 เป็นสีอ่อน (light color)
- Chroma 2 เป็นสีไม่อมัว (ไม่สลด)

ดังนั้น สีที่มีตัวเลขและอักษรดังกล่าว จึงเป็นสีชมพูซีด (pale pink)

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าระบบ Munsell จะสามารถสื่อความเหมาะสมของสีได้ดี แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องเนื่องจากการบอกลักษณะสีหรือจัดลำดับสียังคงใช้ความนึกคิดประสบการณ์ของผู้มองแต่ละคน ดังนั้นอาจทำให้การบอกลักษณะของสีแตกต่างกันได้



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของการวัดลำดับสีระหว่าง Hue Chroma และ Value ตามระบบ Munsell
ที่มา: ส่วนอุตสาหกรรม (2542)

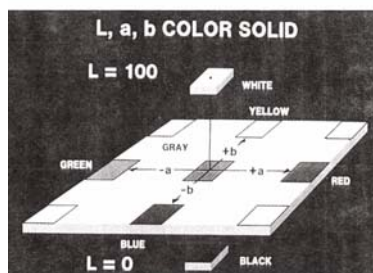
2. ระบบ CIE (CIELAB) เป็นระบบการวัดสีที่คำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

2.1 Light source คือ แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน เช่น A B C หรือ D 56

2.2 Colour object คือ วัตถุมีสี เมื่อแสงตกกระทบจะสะท้อนหรือกระจายแสงมาสู่ตาหรือเครื่องรับแสง

2.3 Observer คือ ผู้สังเกตการณ์

CIE $L^* a^* b^*$ (CIELAB) เป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE tristimulus values (x , y และ z) และ CIE chromaticity coordinates (x , y และ z) โดยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ปัจจุบันสมการที่ใช้ในการระบุสีเป็นที่ยอมรับกว้างขวางคือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 CIELAB1976 แสดง CIE $L^* a^* b^*$ color space
ที่มา: ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ (2542)

L^* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (lightness) ของสี

- ถ้า L^* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง วัตถุสีดำ
- ถ้า L^* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง วัตถุสีขาว

a^* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (red - green)

- ถ้า a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีความเป็นสีแดง
- ถ้า a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีความเป็นสีเขียว

b^* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (yellow - blue)

- ถ้า b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีความเป็นสีเหลือง
- ถ้า b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีความเป็นสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ได้เชื่อมค่า a^* และค่า b^* เข้ากับ hue และ chroma โดยกำหนดค่าสีอีก 2 ค่า คือ hue angle (h^*) และ chroma (C^*)

Hue angle เป็นตัวเลขที่ระบุว่า สีอยู่ในตำแหน่งใดใน color space มีหน่วยเป็นองศา

ถ้า h^* มีค่าเท่ากับ 0 องศา (360 องศา) แสดงว่าเป็นสีแดง

ถ้า h^* มีค่าเท่ากับ 90 องศา แสดงว่าเป็นสีเหลือง

ถ้า h^* มีค่าเท่ากับ 180 องศา แสดงว่าเป็นสีเขียว

ถ้า h^* มีค่าเท่ากับ 270 องศา แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

ส่วน Chroma คือ ค่าความสดสีของสีที่มีความสว่างหนึ่งๆ โดย

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Chroma จะได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ $a^* = b^* = 0$ ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง C^* จะใช้บอกค่าความสดสีของสีที่ค่าความสว่างหนึ่งๆ

โดยทั่วไปในการระบุสีของวัตถุมีสีในระบบ CIELAB นั้นมักจะระบุด้วยค่า L^* C^* และ h^* มากกว่า L^* a^* b^* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับที่ตามนุษย์มองเห็นสี

การวัดความแตกต่างของสี

การวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างกับสีมาตรฐาน ที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ ระบบ CIE และระบบ CMC ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระบบ CIE L^* a^* b^* color difference equation

ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ (2542) ได้สรุปไว้ว่า การวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐานสามารถหาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง – เขียว และความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน ดังนี้คือ

$dL^* = L^*$ ของผ้าตัวอย่าง – L^* ของตัวอย่างมาตรฐาน

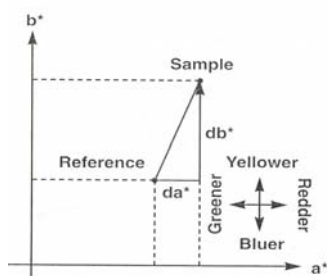
- ถ้า dL^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความสว่างมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (lighter)
- ถ้า dL^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความมืดมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (darker)

$da^* = a^*$ ของตัวอย่าง – a^* ของตัวอย่างมาตรฐาน

- ถ้า da^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความเป็นสีแดงมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน

(redder)

- ถ้า da^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีฟ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเขียวมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (greener)
- $db^* = b^*$ ของฟ้าตัวอย่าง - b^* ของตัวอย่างมาตรฐาน
- ถ้า db^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีฟ้าตัวอย่างมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (yellowier)
- ถ้า db^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีฟ้าตัวอย่างมีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (bluer) ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ค่า da^* และ db^* ในระบบ CIELAB

ที่มา: ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ (2542)

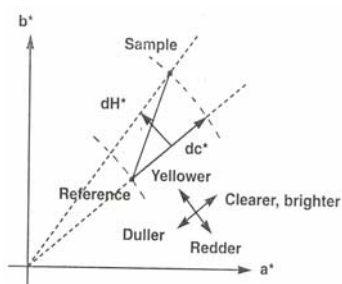
นอกจากจะบอกความแตกต่างด้วยค่า dL^* , da^* และ db^* แล้วยังกำหนดค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างฟ้าตัวอย่างกับฟ้ามาตรฐาน คือ ค่า dE^* (total color difference) โดย

$$dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$$

นอกจากนี้การวัดยังบอกกำหนดค่าความแตกต่างของสีให้สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับที่ตามองเห็น ในแง่ของสีที่ปรากฏและความสดใของสีได้จากค่า dH^* และ dC^* ดังภาพที่ 12 โดย

$$dH^* = (dE^{*2} - dC^{*2} - dL^{*2})^{1/2}$$

สำหรับ dH^* จะแสดงความหมาย yellower, redder, bluer และ greener เท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าค่า dH^* นั้นจะมีค่าเป็น + หรือ - และสีมีค่า hue angle อยู่ในตำแหน่งที่เท่าไร



ภาพที่ 12 ค่า dH^* และ dC^* ในระบบ CIELAB
ที่มา: ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ (2542)

$dC^* = C^*$ ของตัวอย่าง - C^* ของตัวอย่างมาตรฐาน

- ถ้า dC^* มีค่าเป็น + แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความสดใสมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (brighter)
- ถ้า dC^* มีค่าเป็น - แสดงว่า สีผ้าตัวอย่างมีความตุ่นมากกว่าตัวอย่างมาตรฐาน (duller)



ภาพที่ 13 ความหมายของ dH^* ในระบบ CIELAB
ที่มา: ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ (2542)

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสี

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีนั้น จำเป็นต้องทำตามวิธีมาตรฐานเพื่อให้ผลการทดสอบนั้นเชื่อถือได้ว่ามีความถูกต้องและแม่นยำ โดยมาตรฐานในการทดสอบสิ่งทอที่มีการยอมรับอย่างกว้างขวางได้แก่ มาตรฐาน AATCC หรือ American Association of Textile Chemists and Colorists และในการวิจัยนี้ได้มีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีโดยกระทำตามวิธี มาตรฐานของ AATCC เช่นกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีต่อการซักกระทำตามวิธีมาตรฐาน AATCC test method 61-2001 Test No.1 โดยมีสภาวะดังนี้ อุณหภูมิในการซัก 40 ± 2 องศาเซลเซียส ใช้สารละลายซักฟอก 200 มิลลิกรัม มีความเข้มข้น 0.37 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลูกบอลสแตนเลส 10 ลูกในกระบอก ใช้เวลา 45 นาที (AATCC, 2003) สำหรับการประเมินผลการทดสอบนั้นสามารถใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการเปลี่ยนแปลงของสี dL^* da^* db^* dC^* dH^* และ dE^* ที่วัดด้วยเครื่องวัดสี

ในการประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่อการซัก นอกจากจะการใช้การวัดสีในระบบ CIELAB เพื่อวัดค่าสีก่อนและหลังการทดสอบแล้ว สามารถใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีและเกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนติดสี ในการประเมินอัตราความคงทนของสีได้ และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมในระบบ CIELAB ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่า dE^* กับค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและค่าการเปลี่ยนติดสีที่ประเมินโดยเกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีและเกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนติดสี

เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสี		เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนติดสี	
อัตราความคงทนของสี	ค่า dE^*	อัตราความคงทนของสี	ค่า dE^*
5	0.0	5	0.0
4-5	0.8	4-5	2.2
4	1.7	4	4.3
3-4	2.5	3-4	6.0
3	3.4	3	8.5
2-3	4.8	2-3	12.0
2	6.8	2	16.9
1-2	9.6	1-2	24.0
1	13.6	1	34.1

ที่มา: AATCC (2003)

ในทางอุตสาหกรรมถ้า dE* มีค่าไม่เกิน 2 ถือว่าสีไม่แตกต่างกัน ฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงของสีที่ประเมินด้วยการใช้ เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีต้องอยู่ในระดับ 3-4 ขึ้นไป จนถึง 5 ส่วนการเบี่ยงติสีที่วัดได้จากเกรย์สเกลสำหรับสำหรับประเมินค่าการเบี่ยงติสีจะต้องอยู่ในระดับ 4-5 จนถึง 5 จึงจะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ย้อมสีนั้นมีความคงทนมากพอที่จะยอมรับได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัสดุ

ผ้าทดลอง ผ้าที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

1. ผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างการทอลายขัดที่ผ่านการลอกแป้ง ทำความสะอาด ฟอกขาว
2. ผ้าไหม 100 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างการทอลายขัดที่ผ่านการขจัดกาว ทำความสะอาด ฟอกขาว

สีที่ใช้ย้อม สีที่ใช้ย้อม ได้แก่

1. คีนคราม
2. ครั่งคิบ
3. ขมิ้นชันสด

สารช่วยติด สารช่วยติด ได้แก่

1. สารส้ม สำหรับการย้อมครั้งและขมิ้น
2. ปูนขาว สำหรับการย้อมคราม
3. น้ำด่าง (ได้จากเหง้ากล้วยเผาจนดำ) สำหรับการย้อมคราม

วัสดุสำหรับการซัก

1. ผงซักฟอกมาตรฐาน (standard reference detergent) ของ AATCC สำหรับทดสอบการซัก
2. กรดอะซิติก (CH_3COOH) เป็นสารเคมีสำหรับใช้ปรับ pH ของน้ำซักผ้าให้มีความเป็นกรด

อุปกรณ์

อุปกรณ์ย้อมสี อุปกรณ์ย้อมสี ได้แก่

1. อ่างน้ำ
2. โอ่งดินเผา
3. เต้าไฟ
4. เครื่องชั่ง
5. ไม้พาย

อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีเนื่องจากการซัก อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีเนื่องจากการซัก ได้แก่

1. เครื่องชั่งละเอียด (Mettler Toledo PG 503-S)
2. เครื่องวัดความเป็นกรด ค่า (Mettler Toledo MP220)
3. เครื่องทดสอบการซัก (Launder-Ometer) รุ่น DWGA 11-4579, Atlas Electric Device
4. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer Spectraflash 500 Xenon Flash Lamp, Diffuse/8)

วิธีการ

วิธีการย้อมสี

การย้อมคราม ในการย้อมฝ้ายและไหมด้วยคราม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำต้นครามมาตัดเป็นฟ่อนๆขนาดพอเหมาะใส่ลงในโอ่งดินเผาโดยเรียงให้เป็นระเบียบไม่ให้แน่นจนเกินไป เติมน้ำสะอาด(น้ำกรอง)ให้ท่วม หลังจากแช่ครามไว้ในโอ่งประมาณ 2-3 วัน ใบครามจะเปื่อย เขย่ามัดครามให้หลุดแล้วจึงนำมัดครามเก่าทิ้ง นำมัดใหม่มาแช่อีก ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนได้น้ำครามปริมาณตามที่ต้องการ น้ำครามที่ได้จะเป็นสีเหลืองออกเขียว จึงนำปูนขาวใส่ในปริมาณที่พอเหมาะ (200 กรัม) และน้ำด่าง (1 ลิตร ซึ่งได้จากเหง้ากล้วยผาจนดำ) ผสมลงในโอ่งแช่คราม ใช้ขันตักน้ำครามขึ้นมาแล้วเทกลับลงไป 2-3 ครั้ง จนกระทั่งน้ำปูนขาวผสมกับน้ำครามอย่างทั่วถึง จนน้ำเริ่มขึ้นฟอง ปล่อยให้เนื้อครามเริ่มตกตะกอน รินน้ำที่ใสส่วนบนทิ้ง จะได้น้ำครามสำหรับย้อม ใช้เวลาเตรียมน้ำครามประมาณ 3-7 วัน

2. การเตรียมเส้นด้ายสำหรับย้อม โดยนำเส้นด้ายที่จะทำการย้อมลงแช่น้ำสะอาดก่อนทำการย้อม นาน 10 นาที แล้วนำขึ้นบิดให้หมาดสำหรับย้อมต่อไป

3. นำเส้นด้ายลงย้อมในหม้อคราม ให้น้ำสีซึมอย่างทั่วถึง บิดให้หมาด เส้นด้ายจะมีสีเหลืองออกเขียว กระตุกเส้นด้ายให้ตึง เมื่อสีครามสัมผัสอากาศจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินภายใน 5 นาที สีจะเข้มคงที่ นำขึ้นตากให้แห้ง จึงล้างน้ำสะอาด แล้วตากให้แห้ง

การย้อมครั้ง ในการย้อมฝ้ายและไหมด้วยครั้ง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมน้ำสีสำหรับย้อม โดยนำครั้งมาบดหรือทุบให้ละเอียด เติมน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 5 แช่ทิ้งไว้ 30 นาที จึงนำไปต้มให้เดือด ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง บีบน้ำสีออกให้หมด จะได้น้ำย้อมสีแดงเข้ม

2. การเตรียมเส้นด้ายสำหรับย้อม โดยนำเส้นด้ายที่จะทำการย้อมลงแช่น้ำสะอาดก่อนทำการย้อม นาน 10 นาที แล้วนำขึ้นบิดให้หมาดสำหรับย้อมต่อไป

3. นำน้ำย้อมตั้งไฟให้เดือดอ่อนๆ จึงนำเส้นด้ายลงย้อม นาน 30 นาที หมั่นคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดนำเส้นด้ายขึ้นจากน้ำย้อม บิดเอาน้ำสีส่วนเกินออกแล้วนำไปย้อมทับด้วยน้ำสารส้มเข้มข้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ นำเส้นด้ายขึ้นตากผึ่งลมในที่ร่มจนแห้ง แล้วจึงนำไปล้างน้ำสะอาด (น้ำกรอง) โดยใช้อัตราส่วนเส้นด้าย: น้ำ โดยประมาณเท่ากับ 1: 10 จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำขึ้นตากผึ่งลมในที่ร่มจนแห้ง

การย้อมขมิ้น ในการย้อมฝ้ายและไหมด้วยขมิ้น มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมน้ำสีสำหรับย้อม นำขมิ้นมาล้างให้สะอาดผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นจึงนำไปบดให้ละเอียด เติมน้ำสะอาด (น้ำกรอง) ในอัตราส่วน 1: 5 แช่ทิ้งไว้ 30 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง บีบน้ำสีออกให้หมด จะได้น้ำย้อมสีเหลืองเข้ม

2. การเตรียมเส้นด้ายสำหรับย้อม โดยนำเส้นด้ายที่จะทำการย้อมลงแช่น้ำสะอาดก่อนทำการย้อม นาน 10 นาที แล้วนำขึ้นบิดให้หมาดสำหรับย้อมต่อไป

3. นำเส้นด้ายลงในน้ำย้อม แช่นาน 30 นาที หมั่นคนบ่อยๆ เมื่อครบกำหนดนำเส้นด้ายขึ้นจากน้ำย้อม บิดเอาน้ำสีส่วนเกินออกแล้วนำไปย้อมทับด้วยน้ำสารส้มเข้มข้นประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ นำเส้นด้ายขึ้นตากผึ่งลมในที่ร่มจนแห้ง แล้วจึงนำไปล้างน้ำสะอาด (น้ำกรอง) โดยใช้อัตราส่วนเส้นด้าย: น้ำ โดยประมาณเท่ากับ 1: 10 จำนวน 2 ครั้ง แล้วนำขึ้นตากผึ่งลมในที่ร่มจนแห้ง

เมื่อได้เส้นด้ายที่ย้อมสีด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นแล้ว จึงนำไปทอลายขัด สำหรับการทดลองต่อไป

วิธีวัดค่าสีผ้าทดลอง

ผ้าฝ้าย และผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น วัดค่าสีของผ้าหลังจากย้อม โดยวัดค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* และวัดค่าสีภายหลังการซัก โดยวัดค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี dL^* , da^* , db^* , dC^* , dH^* และ dE^* ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer Spectraflash 500 Xenon Flash Lamp, Diffuse/8

วิธีทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีเนื่องจากการซัก

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสีต่อการซัก ทดสอบตามวิธีมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2001 Test No.1 (AATCC, 2003) ซึ่งผลการทดสอบการซัก 1 ครั้งเทียบเท่ากับการซักด้วยมือหรือเครื่องซักผ้าที่ใช้ในบ้าน 5 ครั้ง โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้ อุณหภูมิการซัก 40 ± 2 องศาเซลเซียส ปริมาณสารละลายซักฟอก 200 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของสารซักฟอก 0.37 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลูกบอลสแตนเลส 10 ลูกต่อกระป๋อง และทดสอบการซักด้วยเครื่องทดสอบการซัก (Launder-Ometer) เป็นเวลา 45 นาที และใช้เกรย์สเกลสำหรับประเมินค่าเปลี่ยนแปลงสี ประเมินออกมาเป็นอัตราความคงทนของสีและใช้เครื่องวัดสี Spectrophotometer วัดค่าสีของผ้าทดลองหลังการซักด้วยระบบ CIELAB ภายหลังการซัก

วิธีปรับ pH ของน้ำซัก

โดยทั่วไปในน้ำซักมีค่า pH 10.2 การปรับ pH ของน้ำซัก โดยการเติมกรดอะซิติก (CH_3COOH) ในน้ำซักให้มีความเป็นกรด-เบส 3 ระดับ คือ

1. สารละลายสำหรับการซักที่มี $\text{pH} 4 \pm 0.2$
2. สารละลายสำหรับการซักที่มี $\text{pH} 7 \pm 0.2$
3. สารละลายสำหรับการซักที่มี $\text{pH} 10.2$

แผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial Experiment Design in Randomized Complete Block Design (อนันต์ชัย, 2542) โดยศึกษาปัจจัย 3 ปัจจัยดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของผ้า มี 2 ระดับ คือ ผ้าฝ้าย และผ้าไหม

ปัจจัย B คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม มี 3 ระดับ คือ คราม ครั่ง ขมิ้น

ปัจจัย C คือ ค่า pH ของน้ำซัก มี 3 ระดับ คือ ค่า pH4 $\pm$ 0.2 ค่า pH7 $\pm$ 0.2 ค่า pH10.2

รวมสิ่งทดลองทั้งสิ้น 18 สิ่งทดลอง (2x3x3) มีรายละเอียดดังนี้

1. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากคราม น้ำซักมีค่า pH4 $\pm$ 0.2
2. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากคราม น้ำซักมีค่า pH7 $\pm$ 0.2
3. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากคราม น้ำซักมีค่า pH10.2
4. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากครั่ง น้ำซักมีค่า pH4 $\pm$ 0.2
5. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากครั่ง น้ำซักมีค่า pH7 $\pm$ 0.2
6. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากครั่ง น้ำซักมีค่า pH10.2
7. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากขมิ้น น้ำซักมีค่า pH4 $\pm$ 0.2
8. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากขมิ้น น้ำซักมีค่า pH7 $\pm$ 0.2
9. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากขมิ้น น้ำซักมีค่า pH10.2
10. ผ้าไหมย้อมสีจากคราม น้ำซักมีค่า pH4 $\pm$ 0.2
11. ผ้าไหมย้อมสีจากคราม น้ำซักมีค่า pH7 $\pm$ 0.2
12. ผ้าไหมย้อมสีจากคราม น้ำซักมีค่า pH10.2
13. ผ้าไหมย้อมสีจากครั่ง น้ำซักมีค่า pH4 $\pm$ 0.2
14. ผ้าไหมย้อมสีจากครั่ง น้ำซักมีค่า pH7 $\pm$ 0.2
15. ผ้าไหมย้อมสีจากครั่ง น้ำซักมีค่า pH10.2
16. ผ้าไหมย้อมสีจากขมิ้น น้ำซักมีค่า pH4 $\pm$ 0.2
17. ผ้าไหมย้อมสีจากขมิ้น น้ำซักมีค่า pH7 $\pm$ 0.2
18. ผ้าไหมย้อมสีจากขมิ้น น้ำซักมีค่า pH10.2

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการชักผ้าที่เชื่อมด้วยสีธรรมชาติ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสถิติ L^* , a^* , b^* , C^* , h^* และค่าการเปลี่ยนแปลงสี dL^* , da^* , db^* , dC^* , dH^* และ dE^* วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple-Test (สุรพล, 2536)

สถานที่ทำการวิจัย

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านเขตนวัน หมู่ 8 ตำบลหัวทุ่ง อำเภอลอง จังหวัดแพร่

ห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งทอ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

ห้องปฏิบัติการทดสอบคุณภาพสิ่งทอ ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาทำการวิจัย

ทำการทดลองระหว่างเดือนมีนาคม 2548 ถึง ตุลาคม 2548

ผลและวิจารณ์

ลักษณะสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น

จากการทดลองย้อมผ้าฝ้ายและผ้าไหมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น แล้วนำผ้าตัวอย่างไปวัดค่า L^* a^* b^* C^* h^* นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* ของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น

ชนิดผ้า	ค่าสี				
	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
ผ้าฝ้ายย้อมคราม	27.06	-1.74	-18.00	18.09	264.48
ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง	50.11	18.16	4.87	18.80	15.02
ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น	66.08	13.71	57.14	58.76	76.51
ผ้าไหมย้อมคราม	40.86	-5.17	-20.74	21.38	255.99
ผ้าไหมย้อมครั่ง	49.51	19.96	3.48	20.26	9.89
ผ้าไหมย้อมขมิ้น	74.11	5.06	51.10	51.35	84.35

ผ้าฝ้ายย้อมคราม

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมได้ ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมคราม พบว่า ค่า L^* มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีสีเข้ม

ค่า a^* หมายถึงความเป็นสีแดง-เขียว พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมคราม มีค่า a^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเขียวอยู่ด้วยและมีค่าไม่สูงมากนัก

ค่า b^* หมายถึงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมคราม มีค่า b^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น

ค่า C^* หมายถึงความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมคราม มีค่า C^* ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใสก่อนข้างต่ำ

ค่า h^* หรือค่า hue angle หมายถึงสีที่ปรากฏ บ่งบอกสีของผ้า เป็นตัวเลขที่ระบุว่ามีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็นองศา พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมคราม มีค่า h^* เท่ากับ 264.48° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีน้ำเงิน ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีน้ำเงิน

ผ้าฝ้ายย้อมครั้ง

ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมครั้ง พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครั้ง มีค่า L^* ก่อนข้างสูง แสดงว่าสีของผ้ามีความสว่างก่อนข้างสูง (สีอ่อน) มีค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองอยู่ด้วยและมีค่าไม่สูงมากนัก มีค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใสก่อนข้างต่ำ และมีค่า h^* (สีที่ปรากฏ) เท่ากับ 15.02° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีแดง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีแดง

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น

ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น มีค่า L^* ก่อนข้างสูง แสดงว่าสีของผ้ามีความสว่างก่อนข้างสูง (สีอ่อน) มีค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงอยู่ด้วยและมีค่าไม่สูงมากนัก มีค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) ก่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีความสดใสก่อนข้างสูง และมีค่า h^* (สีที่ปรากฏ) เท่ากับ 76.51° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีเหลือง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีเหลือง

ผ้าไหมย้อมคราม

ในกรณีของผ้าไหมย้อมคราม พบว่า ผ้าไหมย้อมคราม มีค่า L^* ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีสีเข้ม มีค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเขียวอยู่ด้วยและมีค่าไม่สูงมากนัก มีค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใск่อนข้างต่ำ และมีค่า h^* (สีที่ปรากฏ) เท่ากับ 255.99° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีน้ำเงิน ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีน้ำเงิน

ผ้าไหมย้อมครั่ง

ในกรณีของผ้าไหมย้อมครั่ง พบว่า ผ้าไหมย้อมครั่ง มีค่า L^* ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีสีเข้ม มีค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองอยู่ด้วยและมีค่าไม่สูงมากนัก มีค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใск่อนข้างต่ำ และมีค่า h^* (สีที่ปรากฏ) เท่ากับ 9.89° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีแดง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีแดง

ผ้าไหมย้อมขมิ้น

ในกรณีของผ้าไหมย้อมขมิ้น พบว่า ผ้าไหมย้อมขมิ้น มีค่า L^* ก่อนข้างสูง แสดงว่าสีของผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง (สีอ่อน) มีค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงอยู่ด้วยและมีค่าไม่สูงมากนัก มีค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นเหลืองซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) ก่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีความสดใск่อนข้างสูง และมีค่า h^* (สีที่ปรากฏ) เท่ากับ 84.35° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีเหลือง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีเหลือง

ลักษณะสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น หลังการซัก

จากการทดลอง เมื่อนำผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ไปซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างๆ คือ ในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 และภายหลังการซักนำผ้าตัวอย่างไปวัดค่า L^* , a^* , b^* , C^* , h^* และค่าการเปลี่ยนแปลงของสี dL^* , da^* , db^* , dC^* , dH^* และ dE^* แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย L^* , a^* , b^* , C^* และ h^* ของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ชนิดผ้า	pH	ค่าสี				
		L^*	a^*	b^*	C^*	h^*
ผ้าฝ้ายย้อมคราม	4	28.83	-1.31	-19.63	19.68	266.17
	7	28.19	0.19	-21.42	21.42	270.50
	10	28.16	0.19	-20.76	20.77	270.53
ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง	4	48.62	20.74	-1.22	20.78	356.64
	7	66.48	17.07	-0.72	17.09	357.61
	10	74.63	9.46	1.27	9.54	7.70
ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น	4	66.61	11.37	53.77	54.96	78.06
	7	63.12	9.98	44.19	45.31	77.28
	10	68.66	6.32	30.29	30.95	78.22
ผ้าไหมย้อมคราม	4	40.85	-4.64	-20.71	21.22	257.37
	7	40.57	-3.70	-21.55	21.87	260.25
	10	40.32	-3.93	-21.44	21.79	259.60
ผ้าไหมย้อมครั่ง	4	48.89	20.23	0.43	20.24	1.23
	7	60.40	19.88	1.65	19.95	4.76
	10	71.94	10.64	4.86	11.72	24.77
ผ้าไหมย้อมขมิ้น	4	75.75	3.36	52.56	52.67	86.35
	7	72.55	4.42	45.88	46.09	84.51
	10	71.88	3.71	33.25	33.46	83.63

ผ้าฝ้ายย้อมคราม

จากตารางที่ 4 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ผ่านการซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมคราม พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า L^* ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีสีเข้ม โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสว่างมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่า a^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเขียวอยู่ด้วย ในขณะที่หลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่า a^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามความเป็นสีแดง-เขียวมีค่าต่ำมาก

สำหรับค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า ภายหลังจากซักผ้าฝ้ายย้อมครามในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า b^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใของสี) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า C^* ค่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใสน้อยกว่าภายหลังจากซัก โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีความสดใสมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ เล็กน้อย

ส่วนค่า h^* (สีที่ปรากฏ) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า h^* ใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่าง $266.17^\circ - 270.53^\circ$ ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีน้ำเงิน ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ ผ้ามีสีน้ำเงินใกล้เคียงกัน

ผ้าฝ้ายย้อมครั้ง

ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมครั้ง พบว่า ภายหลังจากซักผ้าฝ้ายย้อมครั้งในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า L^* แตกต่างกันและมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าสีของผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง (สีอ่อน) โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีความสว่างมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า a^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความเป็นสีแดงมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า ภายหลังการซักผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 มีค่า b^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินอยู่ด้วย ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าต่ำมาก

สำหรับค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า C^* ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใสค่อนข้างต่ำภายหลังการซัก โดยผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสดใสมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

ส่วนค่า h^* (สีที่ปรากฏ) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักภายหลังการซัก มีค่า h^* แตกต่างกัน โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 มี h^* เท่ากับ 356.64° และ 357.61° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีแดงออกน้ำเงิน ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า h^* เท่ากับ 7.70 แสดงว่าผ้ามีสีแดงออกเหลือง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ สีของผ้าเป็นสีแดงใกล้เคียงกัน

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น

ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น พบว่า ภายหลังการซักผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า L^* แตกต่างกันและมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง(สีอ่อน) โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 สีของผ้ามีความสว่างมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นภายหลังซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า a^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงอยู่ด้วย โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความเป็นสีแดงมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า ภายหลังการซักผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีสีเหลืองซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความเป็นเหลืองมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า C^* ก่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีความสดใสค่อนข้างสูงภายหลังการซัก โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสดใสมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ส่วนค่า h^* (สีที่ปรากฏ) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า h^* ใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่าง $77.28^\circ - 78.22^\circ$ ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีเหลือง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ ผ้ามีสีเหลืองใกล้เคียงกัน

ผ้าไหมย้อมคราม

ในกรณีของผ้าไหมย้อมคราม พบว่า ผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า L^* ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีสีเข้ม โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสว่างมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) พบว่า ผ้าไหมย้อมครามหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า a^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเขียวอยู่ด้วย โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความเป็นสีเขียวมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมย้อมครามในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า b^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น โดยผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซัก pH7 มีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) พบว่า ผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า C^* ก่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใสค่อนข้างต่ำภายหลังการซัก โดยผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีความสดใสมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ส่วนค่า h^* (สีที่ปรากฏ) พบว่า ผ้าไหมย้อมครามที่ในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า h^* ใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่าง $257.37^\circ - 260.25^\circ$ ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของน้ำเงิน ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ ผ้ามีสีน้ำเงินใกล้เคียงกัน

ผ้าไหมย้อมครั่ง

ในกรณีของผ้าไหมย้อมครั่ง พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมย้อมครั่งในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า L^* แตกต่างกันและมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง(สีอ่อน) โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีความสว่างมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) พบว่า ผ้าไหมย้อมครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า a^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความเป็นสีแดงมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

สำหรับค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมย้อมครั่งในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองอยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินมีค่าต่ำมาก

สำหรับค่า C^* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) พบว่า ผ้าไหมย้อมครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า C^* ค่อนข้างต่ำ แสดงว่าผ้ามีความสดใสน้อยหลังจากการซัก โดยผ้าไหมย้อมครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสดใสมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

ส่วนค่า h^* (สีที่ปรากฏ) พบว่า ผ้าไหมย้อมครั่งภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า h^* อยู่ระหว่าง $1.23^\circ - 24.77^\circ$ ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีแดง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ ผ้ามีสีแดง

ผ้าไหมย้อมขมิ้น

ในกรณีของผ้าไหมย้อมขมิ้น พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมย้อมขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า L* แตกต่างกันและมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าสีของผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง(สีอ่อน) โดยผ้าที่ซักน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสว่างมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า a* (ความเป็นสีแดง-เขียว) พบว่า ผ้าไหมย้อมขมิ้นภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า a* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงอยู่ด้วย โดยผ้าที่ซักน้ำซักที่มีค่า pH7 ความเป็นสีแดงมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า b* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมย้อมขมิ้นในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า b* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น โดยผ้าที่ซักน้ำซักที่มีค่า pH4 ความเป็นสีเหลืองมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

สำหรับค่า C* (ความบริสุทธิ์หรือความสดใสของสี) พบว่า ผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า C* ค่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีความสดใสค่อนข้างสูงภายหลังการซัก โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสดใสมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ส่วนค่า h* (สีที่ปรากฏ) พบว่า ผ้าไหมย้อมขมิ้นภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า h* ใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่าง 83.63° - 86.35° ตามหลักการวัดสี สีของผ้าจะอยู่ในช่วงของสีเหลือง ซึ่งตรงกับลักษณะของสีที่สังเกตด้วยสายตา คือ ผ้ามีสีเหลือง

การเปลี่ยนแปลงของสีผ้าหลังการซัก

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่งและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ชนิดผ้า	pH	ค่าการเปลี่ยนแปลงสี					
		dL*	da*	db*	dC*	dH*	dE*
ผ้าฝ้ายย้อมคราม	4	1.77	0.43	-1.63	1.59	0.56	2.47
	7	1.13	1.93	-3.42	3.33	2.07	4.09
	10	1.10	1.93	-2.76	2.68	2.05	3.56
ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง	4	-1.49	2.58	-6.09	1.98	-6.31	6.79
	7	16.37	-1.09	-5.59	-1.71	-5.43	17.36
	10	24.52	-8.70	-3.60	-9.26	-1.71	26.27
ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น	4	0.53	-2.34	-3.37	-3.80	1.54	4.22
	7	-2.96	-3.73	-12.95	-13.45	0.69	13.80
	10	2.58	-7.39	-26.85	-27.81	1.27	27.97
ผ้าไหมย้อมคราม	4	-0.01	0.53	0.03	-0.16	0.51	0.83
	7	-0.29	1.47	-0.81	0.49	1.61	1.73
	10	-0.54	1.24	-0.70	0.41	1.36	1.53
ผ้าไหมย้อมครั่ง	4	-0.62	0.27	-3.05	-0.02	-3.06	3.18
	7	10.89	-0.08	-1.83	-0.31	-1.80	11.10
	10	22.43	-9.32	1.38	-8.54	3.96	24.34
ผ้าไหมย้อมขมิ้น	4	1.64	-1.70	1.46	1.32	1.81	2.81
	7	-1.56	-0.64	-5.22	-5.26	0.13	5.52
	10	-2.23	-1.35	-17.85	-17.89	-0.52	18.05

ผ้าฝ้ายย้อมคราม

จากตารางที่ 5 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน จะเห็นว่าในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมคราม พบว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dL^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความสว่างมากขึ้น โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีความสว่างเพิ่มขึ้นมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ค่า da^* ของผ้าฝ้ายย้อมคราม ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงมากขึ้นภายหลังการซัก โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ค่า db^* ของผ้าฝ้ายย้อมคราม ภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นภายหลังการซัก โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ผ้าฝ้ายย้อมครามภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dC^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความสดใสมากขึ้น โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีความสดใสมากขึ้นมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ค่า dH^* ของผ้าฝ้ายย้อมคราม ภายหลังซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผ้ามีสีออกแดงมากขึ้น โดยผ้าฝ้ายย้อมครามซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 จะมีสีออกแดงมากกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักในสภาวะอื่นๆ

ค่า dE^* (การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม) ของผ้าฝ้ายย้อมคราม ภายหลังซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าไม่สูงมากนักและมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมไม่แตกต่างกันมากนัก โดยผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ผ้าฝ้ายย้อมครั้ง

ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมครั้ง พบว่า ค่า dL^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีมืดลงภายหลังการซัก ในขณะที่ผ้าเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าสีของผ้ามีความสว่างมากขึ้นและมีค่าค่อนข้างสูง

ค่า da^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้ง พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ภายหลังการซักผ้ามีความเป็นสีแดงมากขึ้น ในขณะที่ผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงน้อยลง

ค่า db^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งภายหลังการซัก พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น

ค่า dC^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งภายหลังการซัก พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าหลังการซักผ้ามีความสดใสมากขึ้น ในขณะที่ผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความสดใสลดลง

ค่า dH^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้ง พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าภายหลังการซักผ้ามีสีออกน้ำเงินมากขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่ pH4 มีสีออกน้ำเงินมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ค่า dE^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้ง พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเกิน 2 หน่วย ซึ่งโดยทั่วไป ค่า dE^* ที่ทางอุตสาหกรรมสิ่งทอยอมรับมีค่า 1-2 หน่วย จากตาราง พบว่า สีของผ้าฝ้ายย้อมครั้งมีความแตกต่างของสีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมภายหลังการซักค่อนข้างสูงมาก โดยการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น

ในกรณีของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น พบว่า การเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH 7 มีค่า dL^* เป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีมืดลง ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4 และ pH 10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผ้าจะมีความสว่างมากขึ้น

ค่า da^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเขียวมากขึ้น ทั้งนี้ผ้ามีความเป็นสีเขียวมากขึ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ค่า db^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองน้อยลง ทั้งนี้ผ้ามีความเป็นสีเหลืองน้อยลงเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่า dC^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความสดใสน้อยลง ทั้งนี้ผ้ามีความสดใสน้อยลงเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ค่า dH^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น ภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าหลังการซักผ้ามีสีออกเขียวมากขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4 จะมีสีออกเขียวมากกว่าผ้าที่ซักในสภาวะอื่นๆ

ค่า dE^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดและมีค่าเกิน 2 หน่วย ซึ่งโดยทั่วไป ค่า dE^* ที่ทางอุตสาหกรรมสิ่งทอยอมรับมีค่า 1-2 หน่วย จากตาราง พบว่า สีของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นมีค่าความแตกต่างของสีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมภายหลังการซักค่อนข้างสูงมาก โดยการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ผ้าไหมย้อมคราม

ในกรณีของผ้าไหมย้อมคราม ภายหลังการซัก พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dL^* เป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีมืดลง โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 จะมีสีมืดมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

ค่า da^* ของผ้าไหมย้อมคราม พบว่า การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าภายหลังการซักผ้าจะมีความเป็นสีแดงมากขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 จะมีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

ค่า db^* ของผ้าไหมย้อมคราม พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าจะมีความเป็นสีน้ำเงินน้อยลง ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น

ผ้าไหมย้อมครามภายหลังการซัก พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่า dC^* เป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีความสดใสดลง ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความสดใสมากขึ้น

ค่า dH^* ของผ้าไหมย้อมคราม เนื่องจากการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าภายหลังการซักผ้าจะมีสีออกแดงมากขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 จะมีสีออกแดงมากที่สุด

ค่า dE^* ของผ้าไหมย้อมคราม พบว่า การซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมใกล้เคียงกัน และมีค่าไม่เกิน 2 หน่วยในทุกสถานะการซัก ซึ่งโดยทั่วไป ค่า dE^* ที่ทางอุตสาหกรรมสิ่งทอยอมรับมีค่า 1-2 หน่วย จากตาราง พบว่า สีของผ้าไหมย้อมครามมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแสดงว่าผ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมภายหลังการซักในทุกสถานะการซัก

ผ้าไหมย้อมครั้ง

ในกรณีของผ้าไหมย้อมครั้ง พบว่า ภายหลังจากซักผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีมืดลง ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่า dL^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความสว่างมากขึ้น

ค่า da^* ของผ้าไหมย้อมครั้ง พบว่า เมื่อซักผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีค่า da^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีแดงมากขึ้น ในขณะที่ ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีความเป็นสีแดงลดลง

ค่า db^* ของผ้าไหมย้อมครั้ง พบว่า ภายหลังจากซักผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า db^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น (มีความเป็นสีน้ำเงินน้อยลง)

ผ้าไหมย้อมครั้งภายหลังจากซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dC^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความสดใสดลดลง โดยผ้าไหมย้อมครั้งมีความสดใสดลดลงเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ค่า dH^* ของผ้าไหมย้อมครั้ง พบว่า เมื่อซักผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีออกน้ำเงินมากขึ้น ในขณะที่ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า dH^* เป็นบวก แสดงว่าผ้าจะมีสีออกเหลืองมากขึ้น

ค่า dE^* ของผ้าไหมย้อมครั้ง พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และมีค่าเกิน 2 หน่วย ซึ่งโดยทั่วไป ค่า dE^* ที่ทางอุตสาหกรรมสิ่งทอยอมรับมีค่า 1-2 หน่วย จากตาราง พบว่า สีของผ้าไหมย้อมครั้งมีความแตกต่างของสีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมภายหลังจากซักค่อนข้างสูงมาก โดยการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

ผ้าไหมย้อมขมิ้น

ในกรณีค่า dL^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้น พบว่า ภายหลังการซักผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความสว่างมากขึ้น ในขณะที่ผ้าเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH 7 และ pH 10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีมืดลง

ค่า da^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้น พบว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเขียวมากขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4 มีความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นมากกว่าผ้าที่ซักในสถานะอื่นๆ

ค่า db^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้น พบว่า เมื่อซักผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4 มีค่า db^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความเป็นสีเหลืองมากขึ้น ในขณะที่ผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 7 และ pH 10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีความเป็นสีเหลืองน้อยลง

ผ้าไหมย้อมขมิ้นภายหลังการซัก พบว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4 มีค่า dC^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีความสดใสมากขึ้น ในขณะที่ผ้าเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH 7 และ pH 10 มีค่า dC^* เป็นลบ แสดงว่าผ้ามีความสดใสน้อยลง

ค่า dH^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้น ภายหลังการซัก พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4 และ pH 7 มีค่าเป็นบวก แสดงว่าผ้าจะมีสีออกเขียวมากขึ้น ในขณะที่ผ้าเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH 10 มีค่าเป็นลบ แสดงว่าผ้าจะมีสีออกแดงมากขึ้น

ค่า dE^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้น ภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และมีค่าเกิน 2 หน่วย ซึ่งโดยทั่วไป ค่า dE^* ที่ทางอุตสาหกรรมสิ่งทอยอมรับมีค่า 1-2 หน่วย จากตาราง พบว่า สีของผ้าไหมย้อมขมิ้นมีความแตกต่างของสีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมภายหลังการซักค่อนข้างสูงมาก โดยการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น

**ผลของสถานะความเป็นกรด-เบสของน้ำซักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหม
ที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น**

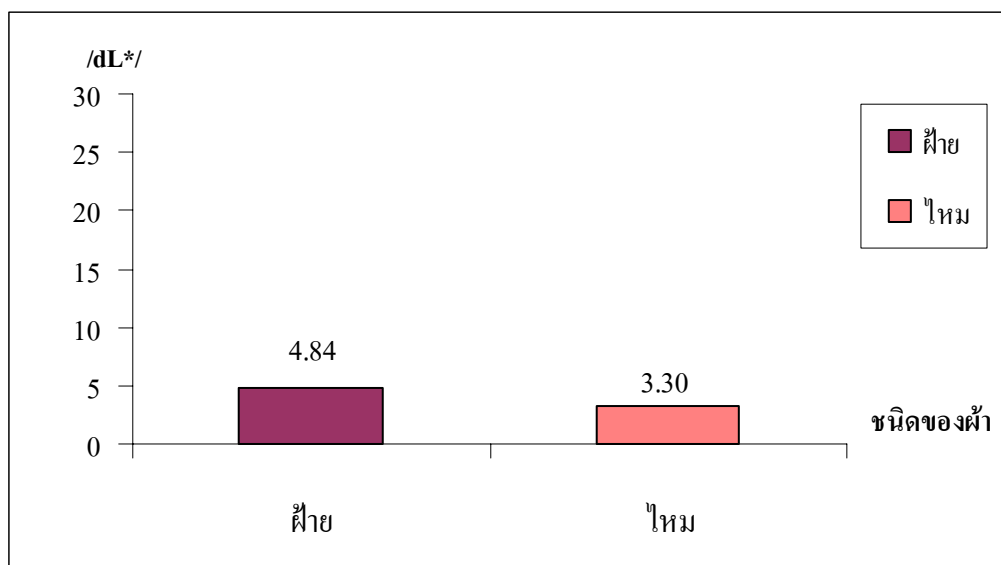
ผลต่อค่า dL*

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dL* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่
ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นในน้ำซักที่ค่า pH ต่างๆ

Source of variation	df	SS	MS	F
Replications	2	1.282	.641	1.463
Fabric (F)	1	32.021	32.021	73.106**
Dye Material (D)	2	1711.913	855.956	1954.189**
pH (P)	2	530.562	265.281	605.649**
F x D	2	4.917	2.458	5.613**
F x P	2	19.731	9.865	22.523**
D x P	4	1335.383	333.846	762.186**
F x D x P	4	47.803	11.951	27.284**
Error	34	14.892	.438	
Total	53	3698.504		

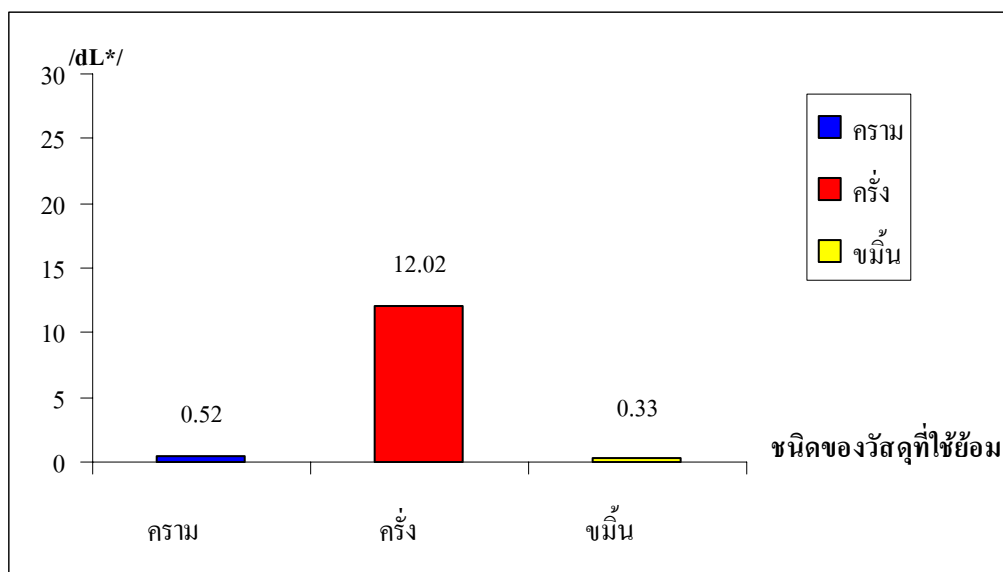
**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากตารางที่ 6 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dL* เนื่องจากการซักของผ้า
ฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของ
วัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า
pH ของน้ำซัก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก และปฏิสัมพันธ์
ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักล้วนมีผลต่อค่า dL* อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน



ภาพที่ 14 ผลของชนิดของผ้าต่อค่า dL*

ชนิดของผ้ามีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 14 จะเห็นว่าผ้าฝ้ายมีค่า dL* สูงกว่าผ้าไหม แสดงว่าภายหลังการซักผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงกว่าผ้าไหม

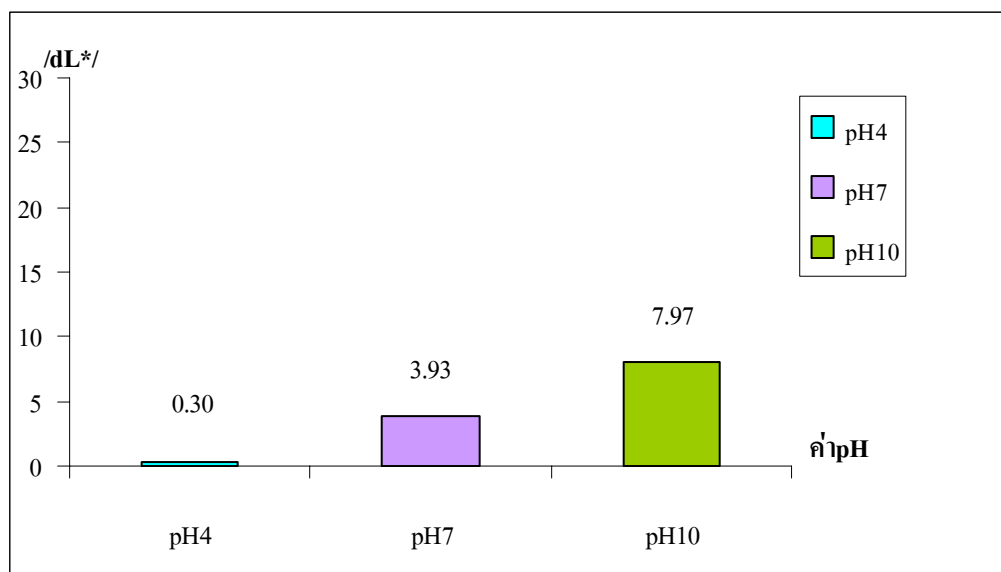


ภาพที่ 15 ผลของชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dL*

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 15 จะเห็นว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า dL* สูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยคราม และผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ย้อมด้วยคราม และผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมด้วยครามมีค่า dL* ไม่สูงมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิรินันท์ (2543) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังการซัก ผ้ามีความสว่างมากขึ้น และมีค่า dL* ไม่สูงมากนักเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง คราม และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

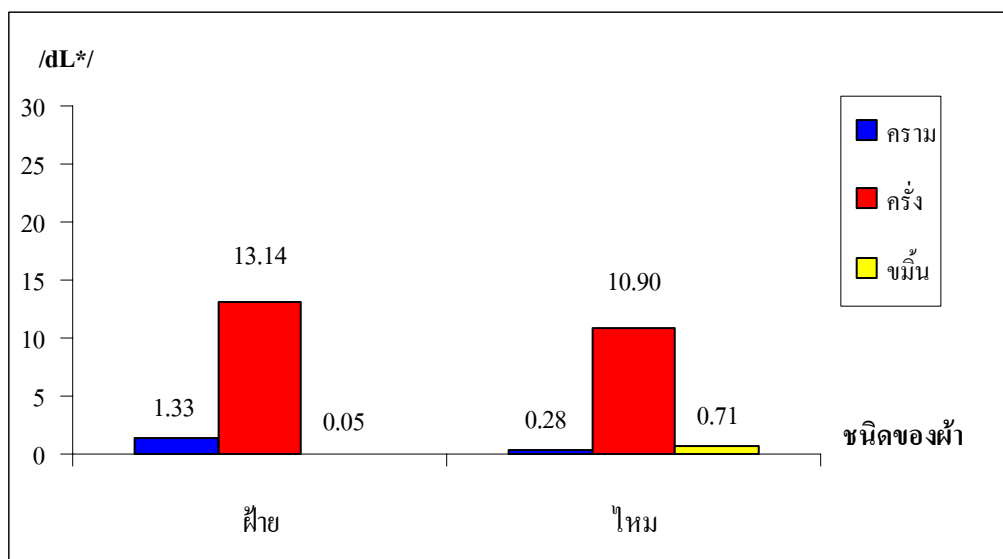


ภาพที่ 16 ผลของค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dL*

ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า ค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 16 จะเห็นว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า dL* สูงกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด ดังนั้นการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรดจะช่วยรักษาความมืด-สว่างของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 2



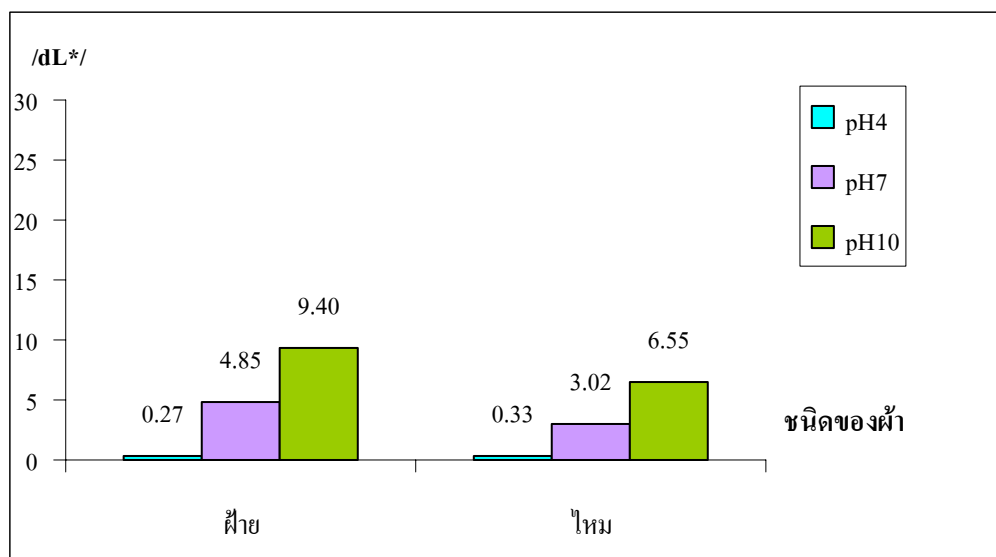
ภาพที่ 17 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dL*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 4 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 17 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีความแปรปรวนของค่า dL* แตกต่างกัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า dL* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามถึง 11.81 และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นถึง 13.09 ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด โดยผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า dL* สูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นถึง 10.19 และสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามถึง 10.62

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม และครั่งภายหลังการซักมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงกว่าผ้าไหม ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นภายหลังการซักมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำกว่าผ้าไหม

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 3 ส่วนผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั่ง มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างแตกต่างจากผ้าไหมที่ข้อมด้วยครามและขมิ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 4



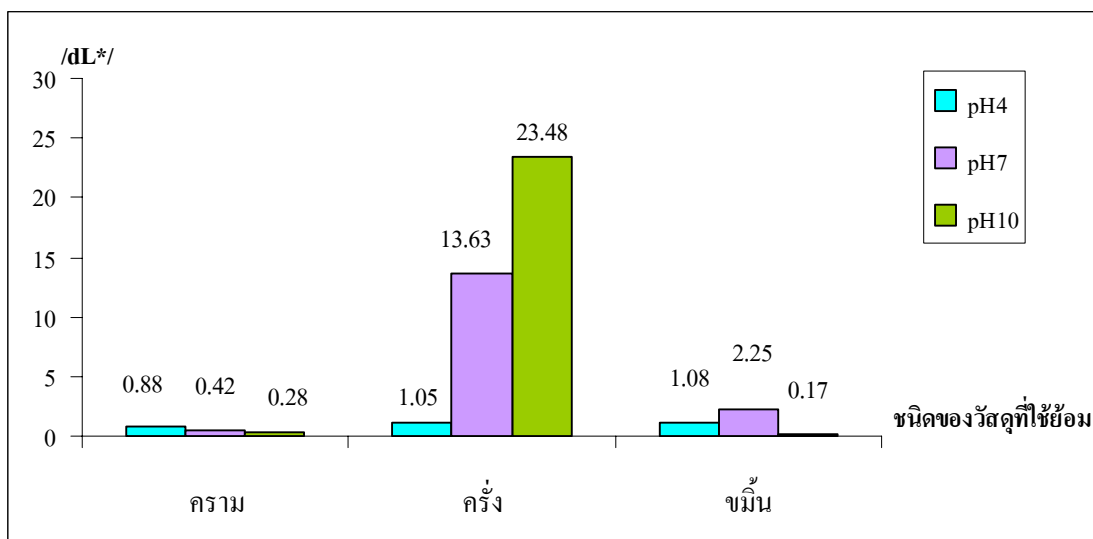
ภาพที่ 18 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dL*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 5 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 18 จะเห็นว่าทั้งกลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างไปในทางเดียวกัน แต่ pH ของน้ำซักมีผลทำให้ความมืด-สว่างของผ้าฝ้ายเปลี่ยนแปลงสูงกว่าผ้าไหม

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 4.58 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* เพิ่มขึ้นถึง 4.55 และในกรณีกลุ่มของผ้าไหม พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 2.69 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 3.53

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหม เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น จะทำให้ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงขึ้น โดยผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงกว่าผ้าไหม นอกจากนี้ภายหลังการซักทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด จึงเป็นสภาวะการซักที่ช่วยรักษาความมืด-สว่างของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่าง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



ภาพที่ 19 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dL*

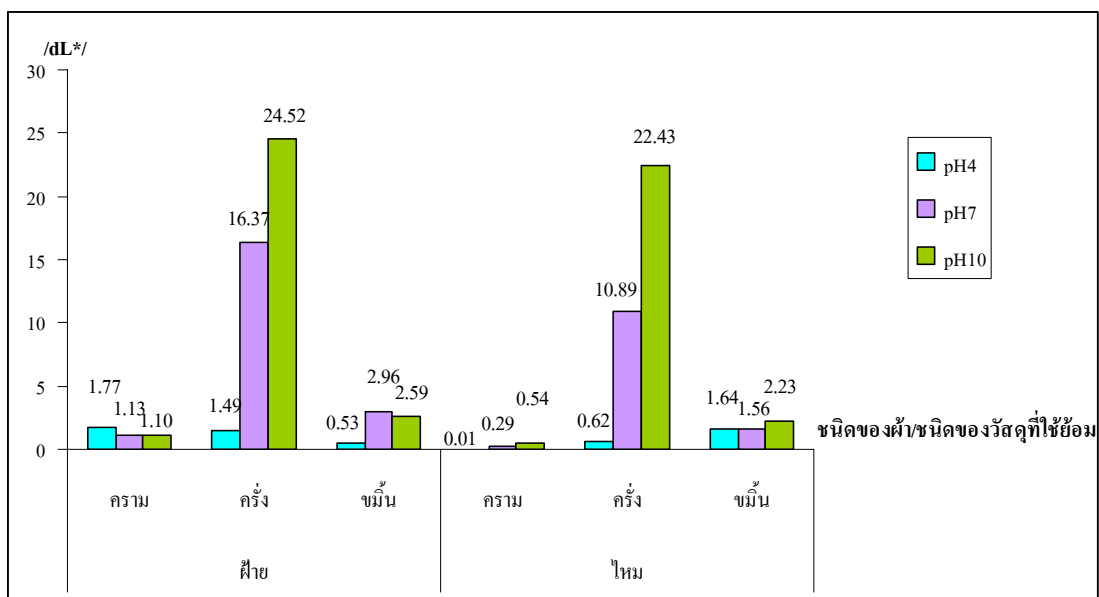
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 19 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีความแปรปรวนของค่า dL* แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

ในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า ภายหลังจากซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dL* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 12.58 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* เพิ่มขึ้นถึง 9.85 และในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 1.17 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* ลดลง 2.08

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังจากซักผ้าที่ย้อมด้วยคราม ในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าที่ย้อมด้วยครั่งในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรดจะช่วยรักษาความมืด-สว่างของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง ผ้ามีการ

เปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด จึงเป็นสภาวะการซักที่ช่วยรักษาความมืด-สว่างของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผ้าที่ข้อมด้วยครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่วนผ้าที่ข้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มี pH7 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างแตกต่างจากผ้าที่ข้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 7 และ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 20 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้อยู่และค่า pH ของน้ำซัก
ต่อค่า dL*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้อยู่และค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้อยู่และค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dL* จากภาพที่ 20 จะเห็นว่า ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ภายหลังการซักผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dL* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 14.88 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* เพิ่มขึ้นถึง 8.15 ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขม้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 2.43 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* ลดลง 0.37

ในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dL* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* เพิ่มขึ้นถึง 10.27 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* เพิ่มขึ้นถึง 11.54 ในขณะที่ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขม้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dL* ลดลง 0.08 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dL* เพิ่มขึ้น 0.67

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด เช่นเดียวกับทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยรักษาความมืด-สว่างของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 การเปลี่ยนแปลงความมืด-สว่างแตกต่างจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 9, 10, 11 และ 12 ตามลำดับ

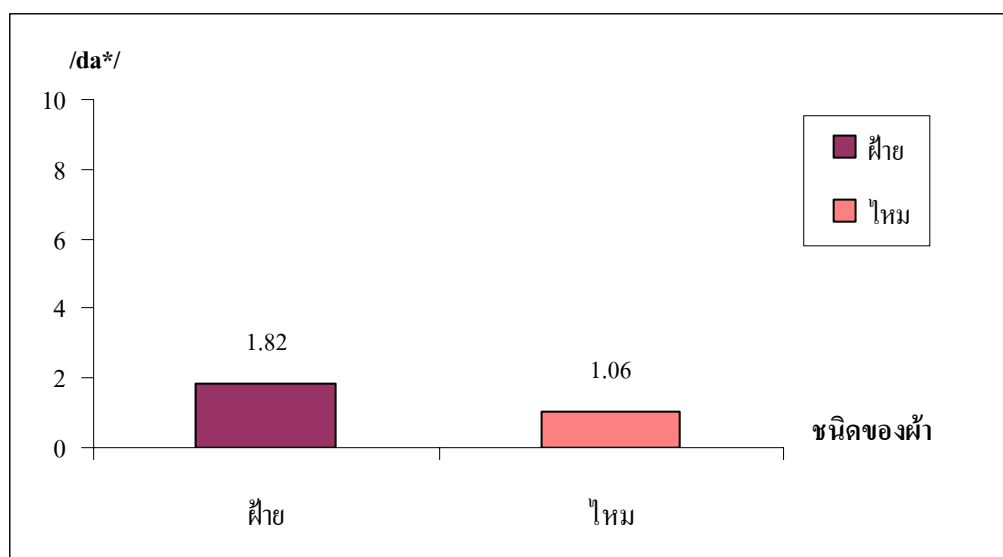
ผลต่อค่า da*

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า da* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างๆ

Source of variation	df	SS	MS	F
Replications	2	.303	.151	.521
Fabric (F)	1	7.750	7.750	26.642**
Dye Material (D)	2	196.708	98.354	338.120**
Ph (P)	2	168.252	84.126	289.209**
F x D	2	42.400	21.200	72.881**
F x P	2	11.317	5.659	19.453**
D x P	4	226.066	56.516	194.292**
F x D x P	4	19.386	4.846	16.661**
Error	34	9.890	.291	
Total	53	682.072		

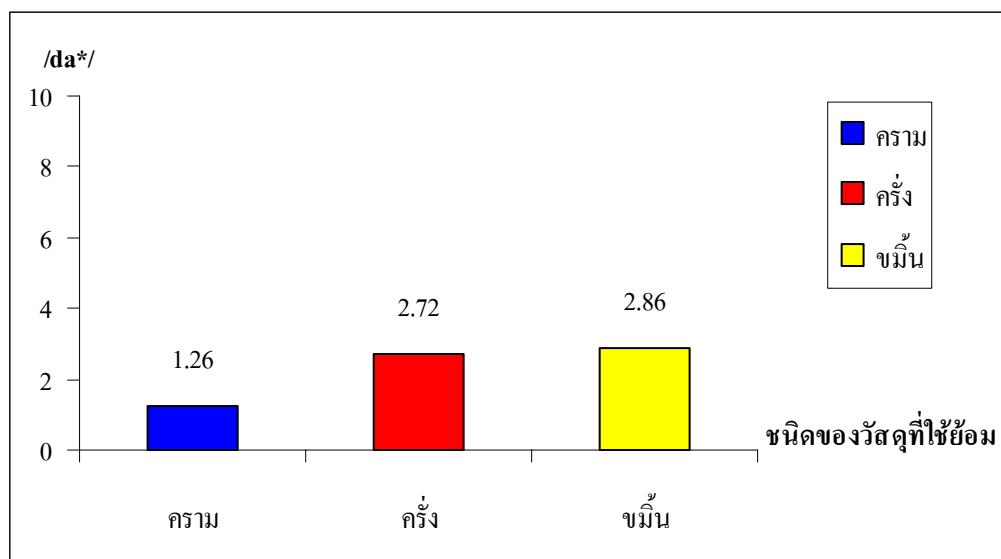
**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากตารางที่ 7 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า da* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักล้วนมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน



ภาพที่ 21 ผลของชนิดของคำต่อค่า da*

ชนิดของคำมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของคำไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 21 จะเห็นว่าผ้าฟ้ายมีค่า da* สูงกว่าผ้าไหม แสดงว่าภายหลังการซักผ้าฟ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงกว่าผ้าไหม

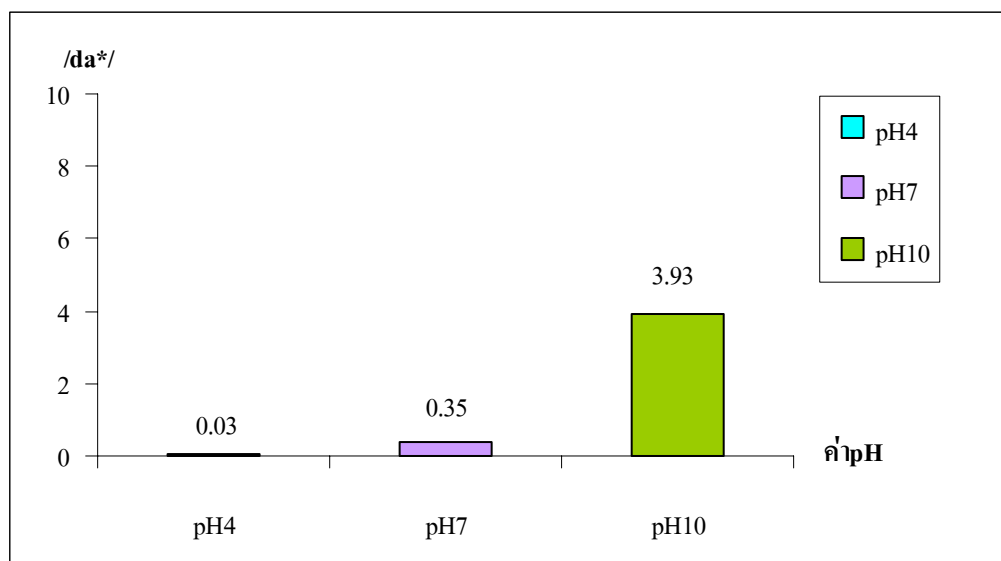


ภาพที่ 22 ผลของชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า da*

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 22 จะเห็นว่าผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นและผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า da* สูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยครามอย่างเห็นได้ชัดแสดงว่า ภายหลังจากซักผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นและผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยคราม

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมด้วยคราม มีค่า da* ไม่สูงมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิรินันท์ (2543) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังจากซัก มีค่า da* ไม่สูงมากนักเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 13

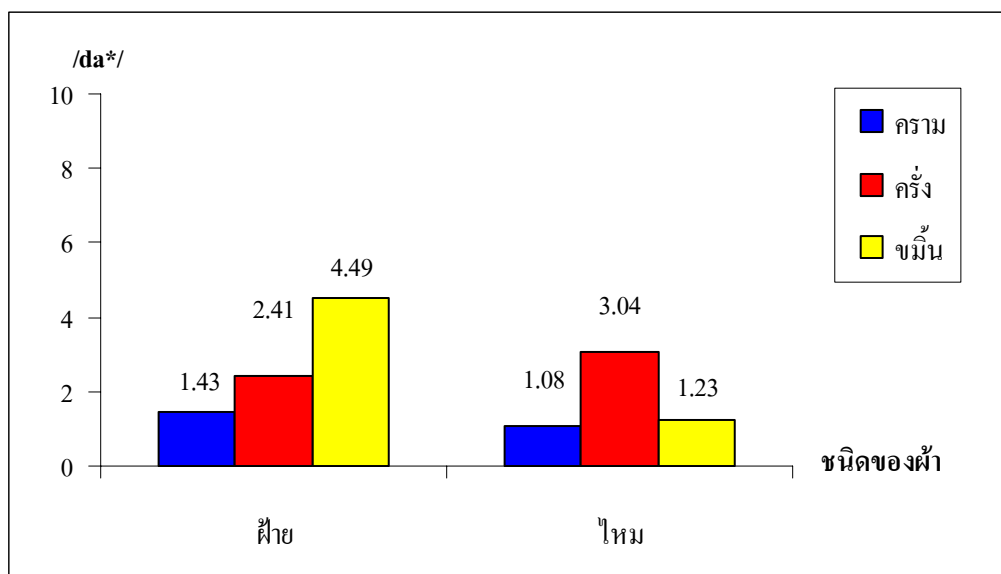


ภาพที่ 23 ผลของค่าpH ของน้ำซักต่อค่าda*

ค่าpH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า ค่าpH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 23 จะเห็นว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า da* สูงกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูง ส่วนผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำ

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด ดังนั้นการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด เป็นสถานะการซักที่ช่วยคงความเป็นสีแดง-เขียวของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างจากผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 14



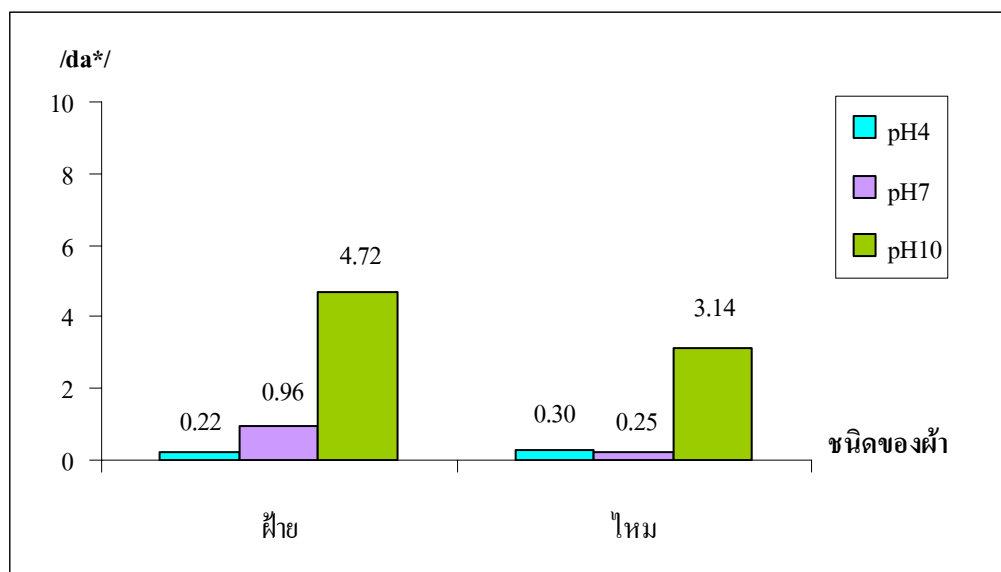
ภาพที่ 24 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า da*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 4 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 24 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีความแปรปรวนของค่า da* แตกต่างกัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า da* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่งถึง 2.08 และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามถึง 3.06 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีค่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด โดยผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า da* สูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นถึง 1.81 และสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามถึง 1.96

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่งและคราม ในขณะที่ผ้าไหมย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นและคราม

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 15 และ 16 ตามลำดับ



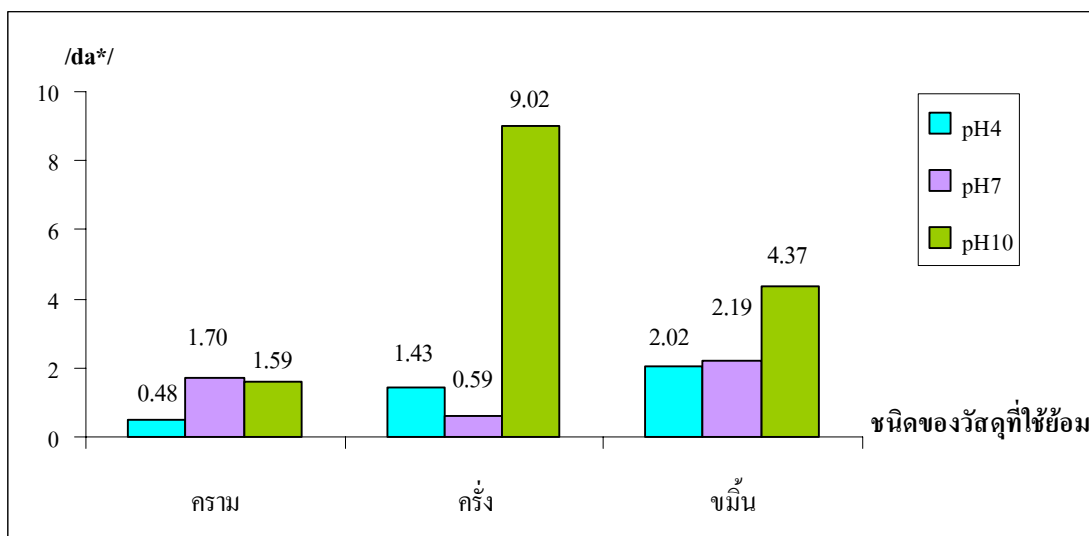
ภาพที่ 25 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า da*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 5 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 25 จะเห็นว่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da* ของผ้าฝ้ายและผ้าไหมในระดับที่แตกต่างกัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 0.74 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เพิ่มขึ้นถึง 3.76 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* ลดลง 0.05 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เพิ่มขึ้นเพียง 2.89

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด ส่วนผ้าไหมภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยคงความเป็นสีแดง-เขียวของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ซักรในน้ำซักรที่มีค่าpH4, pH7 และpH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าไหมที่ซักรในน้ำซักรที่มีค่าpH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างจากผ้าไหมที่ซักรในน้ำซักรที่มีค่าpH4 และpH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 17 และ18 ตามลำดับ



ภาพที่ 26 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า da*

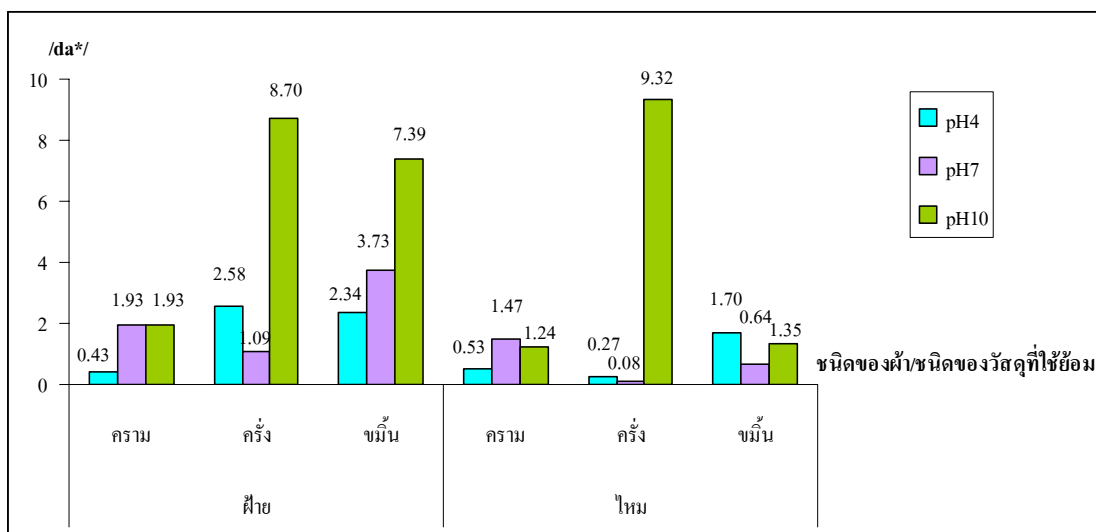
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 26 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น มีความแปรปรวนของค่า da* แตกต่างกัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า ภายหลังการซักในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่า da* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า da* ลดลง 0.84 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า da* เพิ่มขึ้นถึง 8.43 และส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 0.17 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 2.18

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 7 หรือสถานะที่เป็นกลาง ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลง

ความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด จึงเป็นสภาวะการชักที่ช่วยคงความเป็นสีแดง-เขียวของผ้าไว้ได้ดีกว่าการชักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ข้อมด้วยครามที่ชักในน้ำชักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผ้าที่ข้อมด้วยครั่งที่ชักในน้ำชักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่วนผ้าที่ข้อมด้วยขมิ้นที่ชักในน้ำชักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างจากผ้าที่ข้อมด้วยขมิ้นที่ชักในน้ำชักที่มีค่า pH4 และ pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 19 และ 20 ตามลำดับ



ภาพที่ 27 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก
ต่อค่า da*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า da* จากภาพที่ 27 จะเห็นว่า ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักในน้ำซักที่เพิ่มค่า pH จาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 1.5 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เท่าเดิม ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั้งเมื่อซักในน้ำซักที่เพิ่มค่า pH จาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* ลดลง 1.49 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เพิ่มขึ้นถึง 7.61 และส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่เพิ่มค่า pH จาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 1.39 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เพิ่มขึ้นถึง 3.66

ในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักในน้ำซักที่เพิ่มค่า pH จาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 0.94 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* ลดลง 0.23 ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั้งเมื่อซักในน้ำซักที่เพิ่มค่า pH จาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* ลดลง 0.19 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เพิ่มขึ้นถึง 9.24 และส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่เพิ่มค่า pH จาก pH4 เป็น pH7 มีค่า da* ลดลง 1.06 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า da* เพิ่มขึ้น 0.71

จากผลการทดลอง พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด ส่วนทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั่ง เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด เช่นเดียวกับผ้าไหมที่ข้อมด้วยขมิ้น ส่วนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยขมิ้นในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยคงความเป็นสีแดง-เขียวของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างจากผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยครั่งและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 21, 22 และ 23 ตามลำดับ

ผ้าไหมที่ข้อมด้วยครามและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีแดง-เขียวแตกต่างจากผ้าไหมข้อมด้วยครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 24, 25 และ 26 ตามลำดับ

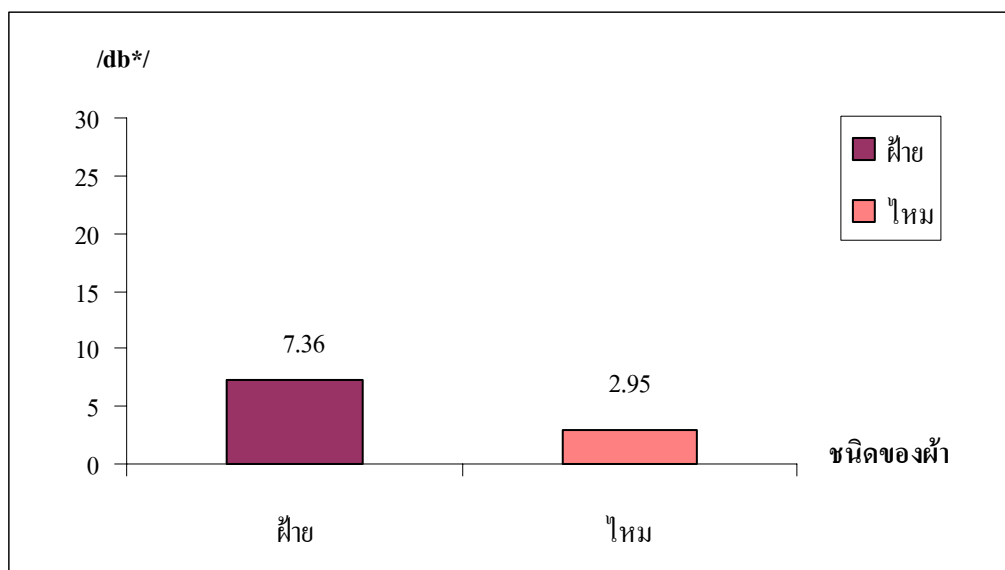
ผลต่อค่าdb*

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าdb* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่าpH ต่างๆ

Source of variation	df	SS	MS	F
Replications	2	.503	.251	1.211
Fabric (F)	1	262.395	262.395	1263.721**
Dye Material (D)	2	881.032	440.516	2121.570**
pH (P)	2	356.626	178.313	858.774**
F x D	2	59.442	29.721	143.141**
F x P	2	11.127	5.563	26.793**
D x P	4	1087.458	271.865	1309.327**
F x D x P	4	6.056	1.514	7.291**
Error	34	7.060	.208	
Total	53	2671.699		

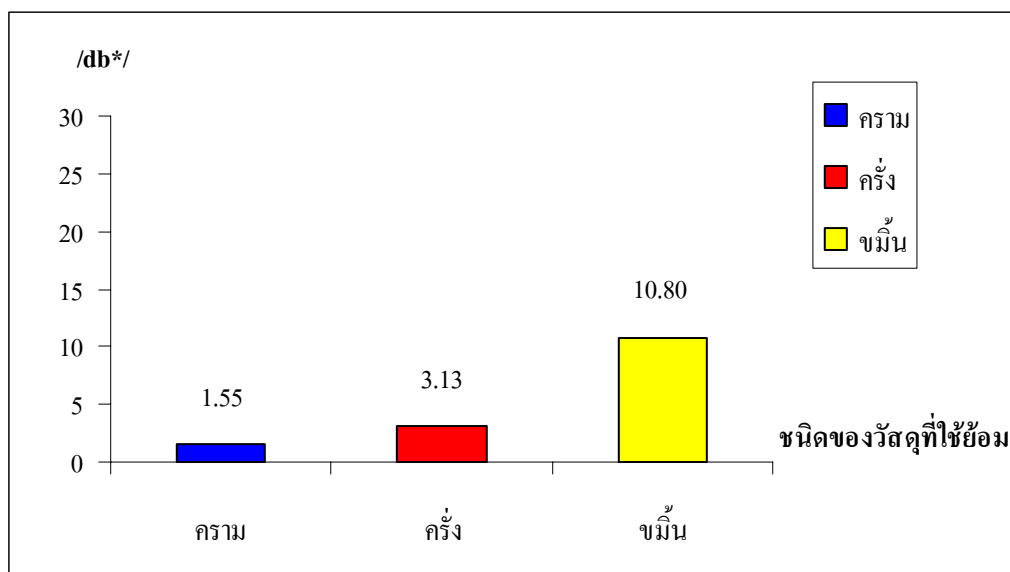
**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากตารางที่ 8 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า db* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่าpH ต่างกัน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซักมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซัก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่าpH ของน้ำซักล้วนมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน



ภาพที่ 28 ผลของชนิดของผ้าต่อค่าdb*

ชนิดของผ้ามีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า db* จากภาพที่ 28 จะเห็นว่าผ้าฟ้ายมีค่า db* สูงกว่าผ้าไหม แสดงว่าภายหลังการซักผ้าฟ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงกว่าผ้าไหม

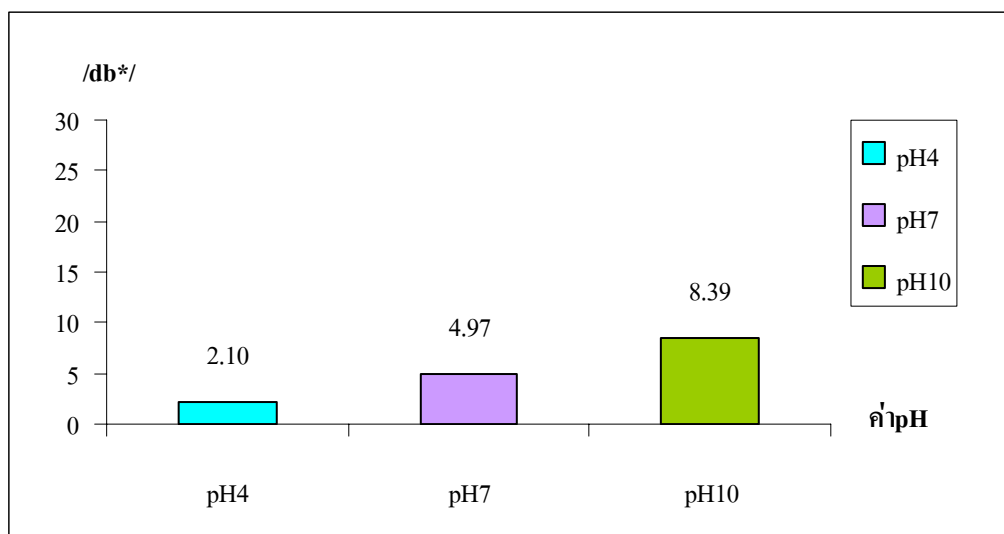


ภาพที่ 29 ผลของชนิดของวัสดุที่ใช้ซ่อมต่อค่า db*

ชนิดของวัสดุที่ใช้ซ่อมมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ซ่อมไม่มีผลต่อค่า db* จากภาพที่ 29 จะเห็นว่าผ้าที่ซ่อมด้วยขมื่นมีค่า db* สูงกว่าผ้าที่ซ่อมด้วยครึ่ง และผ้าที่ซ่อมด้วยคราม ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าที่ซ่อมด้วยขมื่นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงที่สุด รองลงมาคือ ผ้าที่ซ่อมด้วยครึ่ง และผ้าที่ซ่อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ซ่อมด้วยคราม มีค่า db* ไม่สูงมากนัก ในขณะที่งานวิจัยของศิรินันท์ (2543) พบว่า ผ้าฝ้ายซ่อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังการซัก มีค่า db* ใกล้เคียงกัน และมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาวะการซักที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซ่อมด้วยคราม ครึ่ง และขมื่นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 27

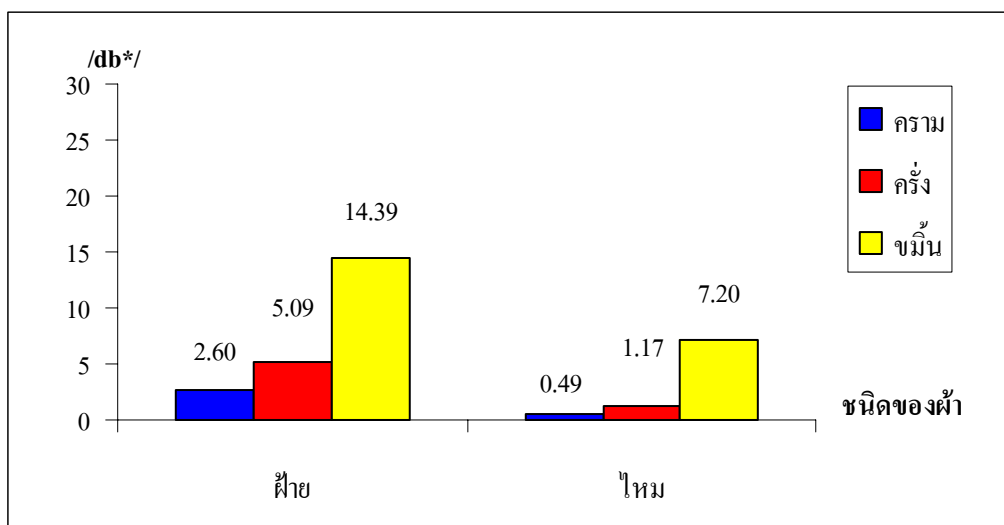


ภาพที่ 30 ผลของค่า pH ของน้ำซักต่อค่า db*

ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า ค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า db* จากภาพที่ 30 จะเห็นว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า db* สูงกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด ดังนั้นการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด เป็นสภาวะการซักที่ช่วยคงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 28



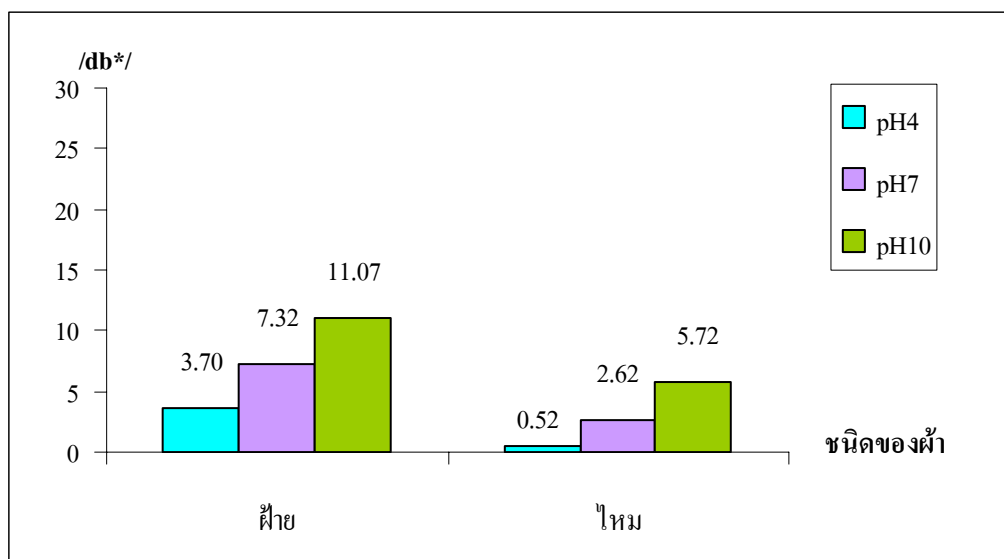
ภาพที่ 31 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า db*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 4 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า db* จากภาพที่ 31 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าฝ้ายมีค่า db* สูงกว่ากลุ่มผ้าไหม และทั้งกลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีค่า db* ไปในทางเดียวกัน แต่ปริมาณความแตกต่างไม่เท่ากัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า db* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง 9.3 และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามถึง 11.79 และในกรณีกลุ่มของผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด โดยผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า db* สูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง 6.03 และสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามถึง 6.71

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินภายหลังการซักสูงกว่าผ้าไหม โดยผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่งและคราม

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 29 และ 30 ตามลำดับ



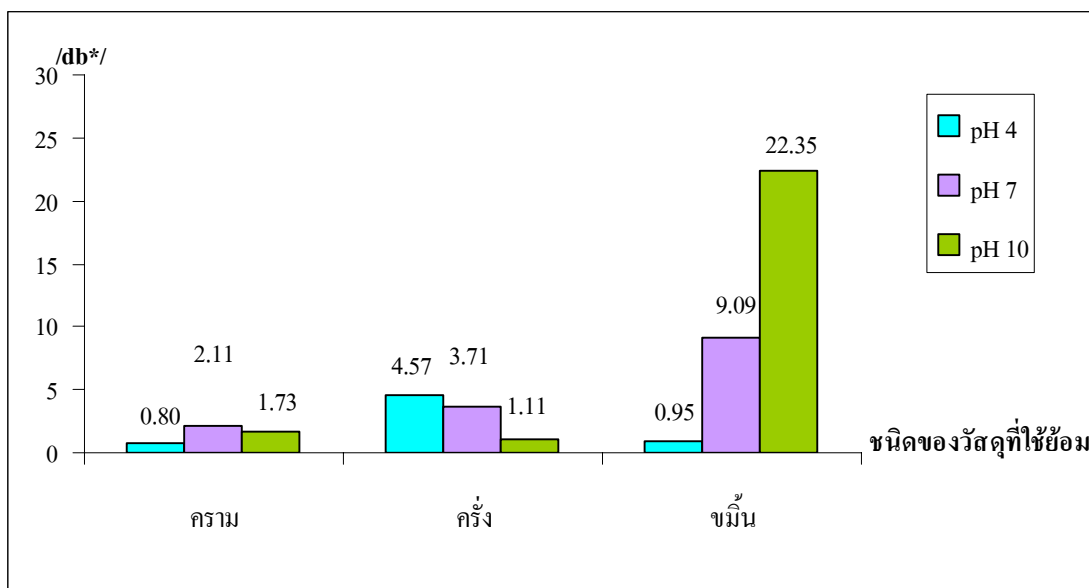
ภาพที่ 32 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า db*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 5 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า db* เนื่องจากการซัก จากภาพที่ 32 จะเห็นว่าทั้งกลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหม มีค่า db* ไปในทางเดียวกัน แต่ pH ของน้ำซักมีผลทำให้ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินของผ้าฝ้ายเปลี่ยนแปลงสูงกว่าผ้าไหม

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า db* เพิ่มขึ้น 3.62 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า db* เพิ่มขึ้นถึง 3.75 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า db* เพิ่มขึ้น 2.10 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า db* เพิ่มขึ้น 3.10

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหม เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงขึ้น โดยผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงกว่าผ้าไหม นอกจากนี้ภายหลังการซักทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด จึงเป็นสภาวะการซักที่ช่วยลดความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 31 และ 32 ตามลำดับ



ภาพที่ 33 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า db*

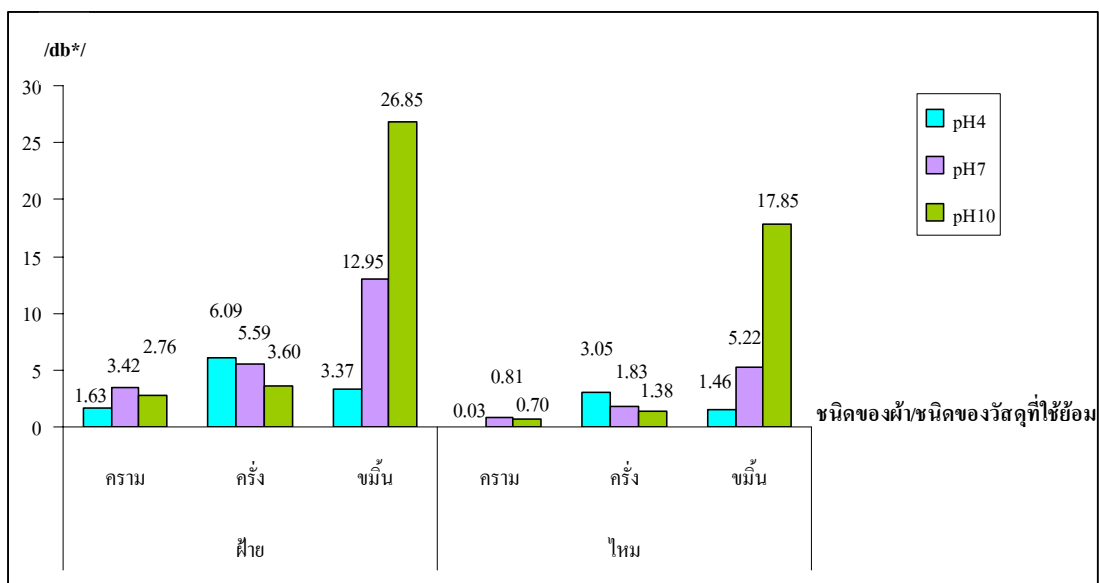
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า db* จากภาพที่ 33 จะเห็นว่ากลุ่มของผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั้ง และขมิ้น มีความแปรปรวนของค่า db* แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

ในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า ภายหลังจากซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่า db* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั้ง พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า db* ลดลง 0.86 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า db* ลดลง 2.60 และในกรณีกลุ่มของผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า db* เพิ่มขึ้น 8.14 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า db* เพิ่มขึ้นถึง 13.26

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังจากซักผ้าที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินลดลง ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH 10 หรือสภาวะที่เป็นด่าง ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสี

เหลือง-น้ำเงินสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยลดความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 33 และ 34 ตามลำดับ



ภาพที่ 34 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ต่อค่า db*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า db* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า db* จากภาพที่ 34 จะเห็นว่า ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่า db* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า db* ลดลง 0.50 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า db* ลดลง 1.99 และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า db* เพิ่มขึ้น 9.58 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า db* เพิ่มขึ้นถึง 13.90

ในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ภายหลังการซักผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH 4, pH 7 และ pH 10 มีค่า db* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า db* ลดลง 1.22 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า db* ลดลงถึง 0.45 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 4 เป็น pH 7 มีค่า db* เพิ่มขึ้น 3.76 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH 7 เป็น pH 10 มีค่า db* เพิ่มขึ้นถึง 12.63

จากผลการทดลอง พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยคราม ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั่งเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินลดลง ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด ส่วนผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยคงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั่งและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นสีเหลือง-น้ำเงินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 35, 36, 37 และ 38 ตามลำดับ

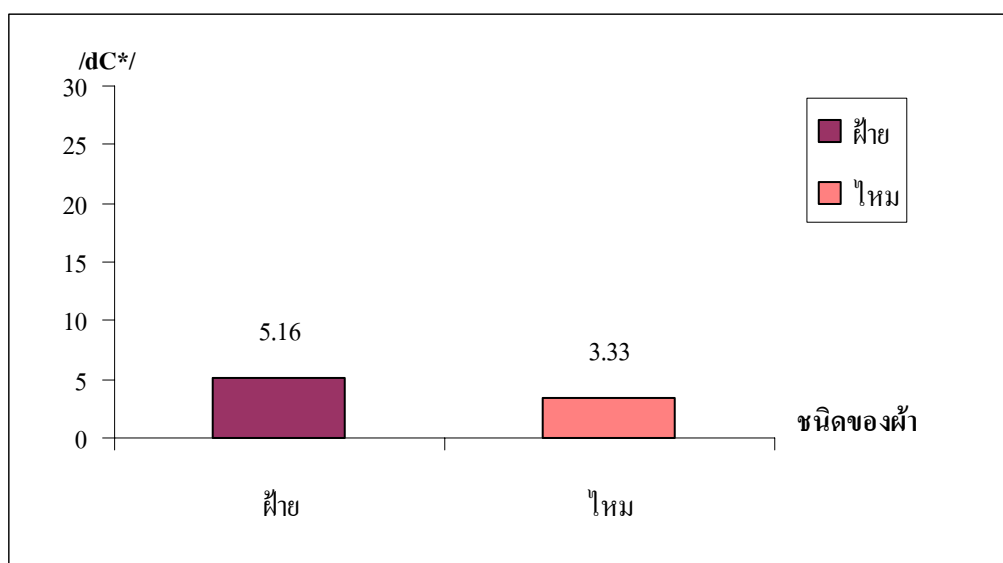
ผลต่อค่า dC*

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dC* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่
ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างๆ

Source of variation	df	SS	MS	F
Replications	2	.585	.292	.703
Fabric (F)	1	45.445	45.445	109.265**
Dye Material (D)	2	1459.438	729.719	1754.505**
pH (P)	2	995.278	497.639	1196.502**
F x D	2	248.251	124.126	298.442**
F x P	2	13.408	6.704	16.119**
D x P	4	767.282	191.820	461.205**
F x D x P	4	14.914	3.728	8.965**
Error	34	14.141	.416	
Total	53	3558.742		

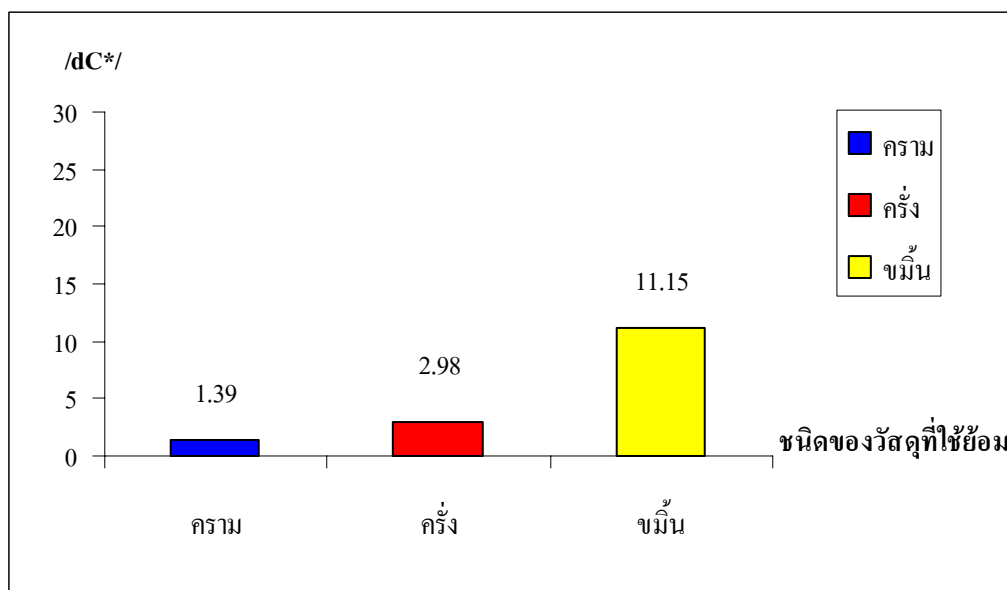
**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากตารางที่ 9 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dC* เนื่องจากการซักของ
ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิด
ของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของ
ผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก และ
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักล้วนมีผลต่อค่า dC*
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน



ภาพที่ 35 ผลของชนิดของผ้าต่อค่า dC*

ชนิดของผ้ามีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 35 จะเห็นว่าผ้าฝ้ายมีค่า dC* สูงกว่าผ้าไหม แสดงว่าภายหลังการซักผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงกว่าผ้าไหม

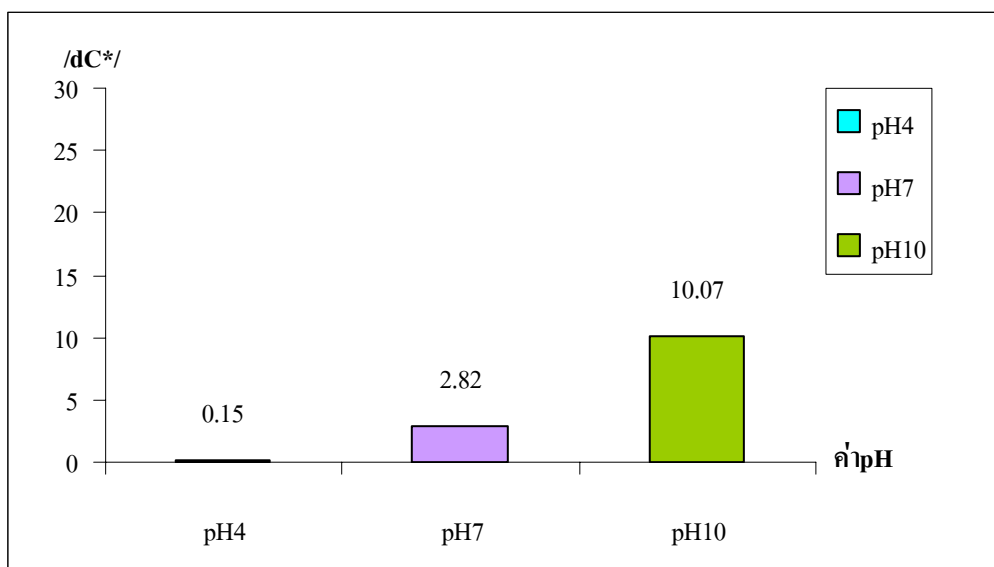


ภาพที่ 36 ผลของชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dC*

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 36 จะเห็นว่า ผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า dC* สูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าที่ย้อมด้วยคราม ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมด้วยคราม มีค่า dC* ไม่สูงมากนัก ในขณะที่งานวิจัยของศิรินันท์ (2543) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังการซัก มีค่า dC* ใกล้เคียงกัน และมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาวะการซักที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 39

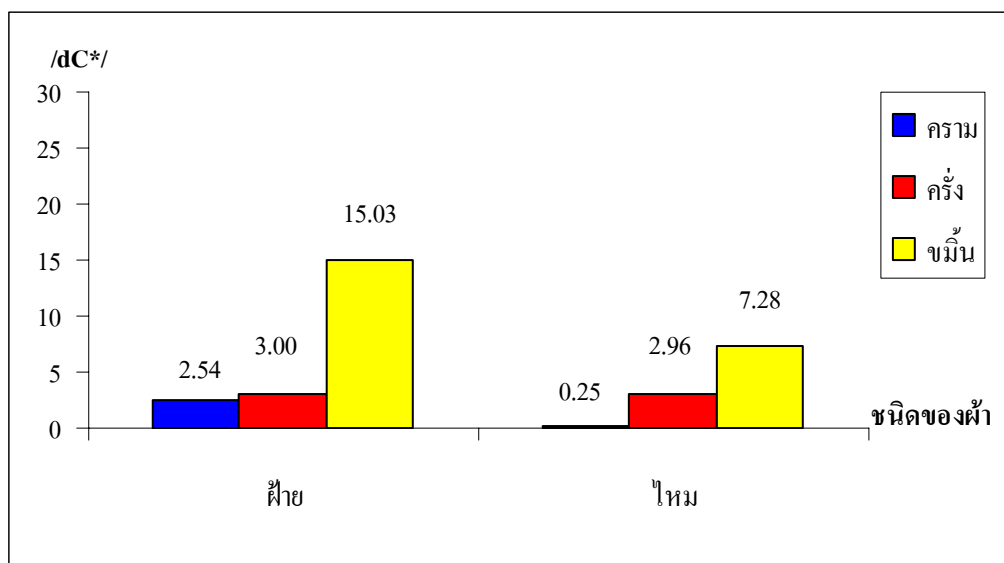


ภาพที่ 37 ผลของค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dC*

ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า ค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 37 จะเห็นว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า dC* สูงกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด ดังนั้น การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรดจะช่วยรักษาความสดใสของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 40



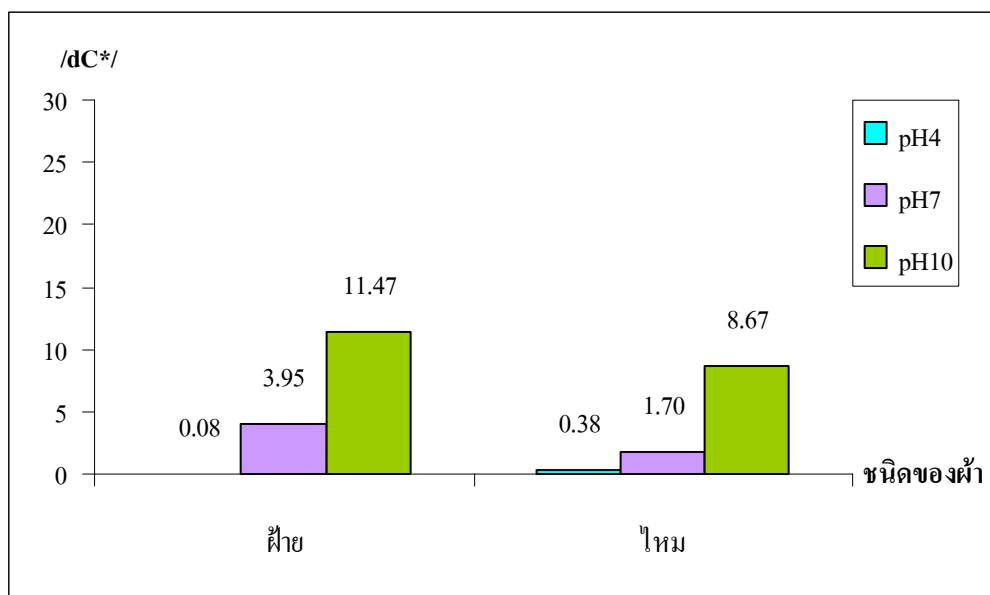
ภาพที่ 38 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dC*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 4 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 38 จะเห็นว่ากลุ่มของผ้าฝ้ายมีค่า dC* สูงกว่ากลุ่มของผ้าไหม และทั้งกลุ่มของผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีค่า dC* ไปในทางเดียวกัน แต่ปริมาณความแตกต่างไม่เท่ากัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า dC* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง 12.03 และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามถึง 12.49 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง และผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด โดยผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า dC* สูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง 4.32 และสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามถึง 7.03

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสภายหลังการซักสูงกว่าผ้าไหม โดยผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และคราม

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 41 และ 42 ตามลำดับ



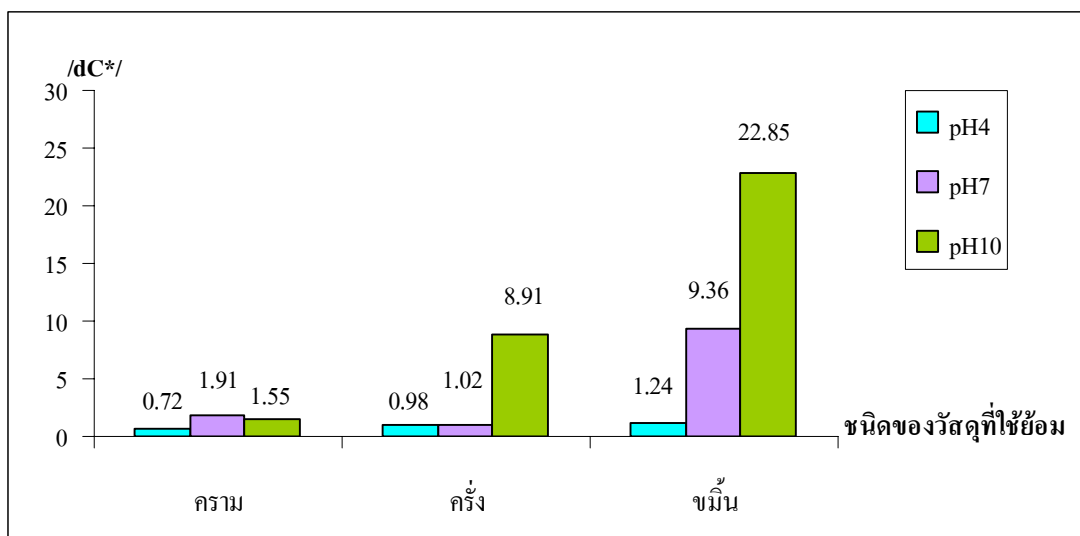
ภาพที่ 39 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dC*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 5 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 39 จะเห็นว่าทั้งกลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีค่า dC* ไปในทางเดียวกัน แต่ pH ของน้ำซักทำให้ความสดใสของผ้าฝ้ายเปลี่ยนแปลงสูงกว่าผ้าไหม

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 3.87 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 7.52 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 1.32 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 6.97

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหม เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น จะทำให้ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงขึ้น โดยผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงกว่าผ้าไหม นอกจากนี้ภายหลังการซักทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด จึงเป็นสภาวะการซักที่ช่วยรักษาความสดใสของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 43 และ 44 ตามลำดับ



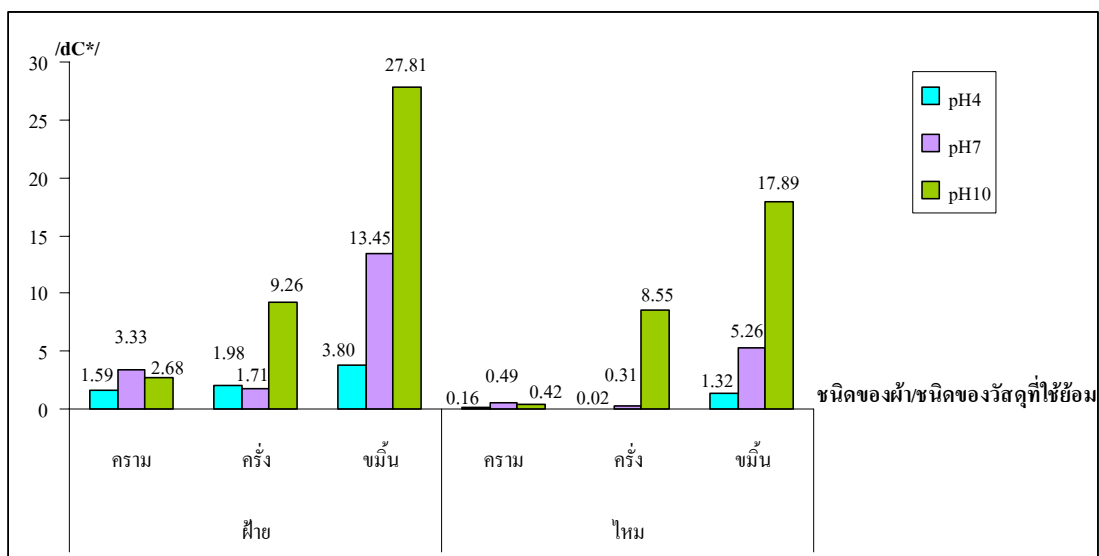
ภาพที่ 40 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dC*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 40 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม มีความแปรปรวนของค่า dC* ต่างไปจากกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น ซึ่งมีค่า dC* ไปในทางเดียวกัน แต่ปริมาณความแตกต่างไม่เท่ากัน โดยกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า dC* ต่ำกว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น

ในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dC* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 0.04 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 7.89 และในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 8.12 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 13.49

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรดจะช่วยรักษาความสดใสของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนแปลงความสดใส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผ้าที่ข้อมด้วยครั่งและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 45 และ 46 ตามลำดับ



ภาพที่ 41 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ต่อค่า dC*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dC* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dC* จากภาพที่ 41 จะเห็นว่าในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 1.74 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* ลดลง 0.65 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* ลดลง 0.27 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 7.55 และส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 9.65 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 14.36

ในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 0.33 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* ลดลง 0.07 ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 0.29 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 8.24 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dC* เพิ่มขึ้น 3.94 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dC* เพิ่มขึ้นถึง 12.63

จากผลการทดลอง พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่งเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด ในขณะที่ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด และส่วนทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงความสดใสสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงความสดใสต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยรักษาความสดใสของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 47 48 และ 49 ตามลำดับ

ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 การเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 การเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงความสดใสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 50, 51 และ 52 ตามลำดับ

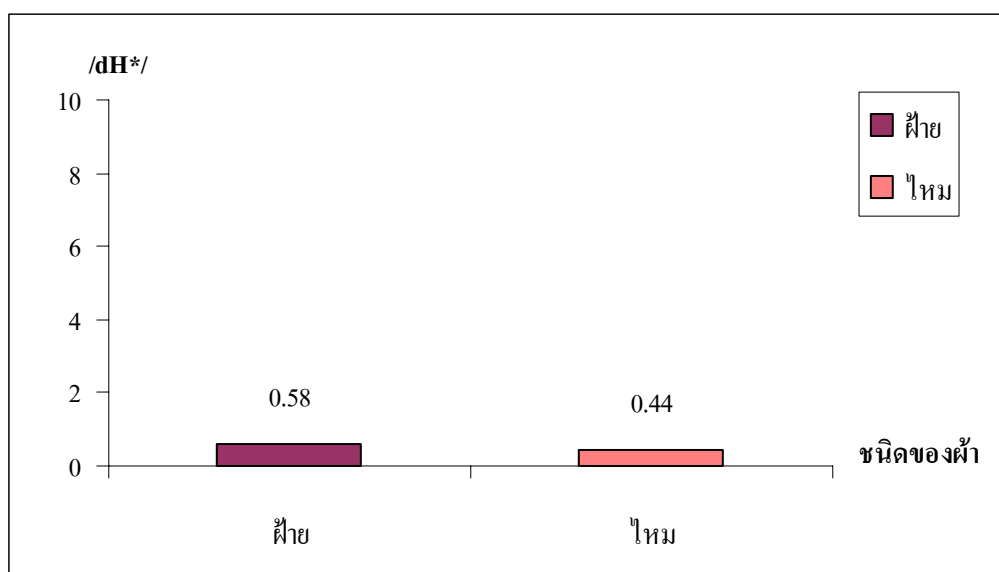
ผลต่อค่า dH*

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dH* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่
ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างๆ

Source of variation	df	SS	MS	F
Replications	2	0.117	0.058	.536
Fabric (F)	1	14.330	14.330	131.602**
Dye Material (D)	2	148.060	74.030	679.849**
pH (P)	2	36.188	18.094	166.164**
F x D	2	67.258	33.629	308.829**
F x P	2	0.199	0.099	0.914
D x P	4	91.311	22.828	209.636**
F x D x P	4	8.433	2.108	19.360**
Error	34	3.702	0.109	
Total	53	369.598		

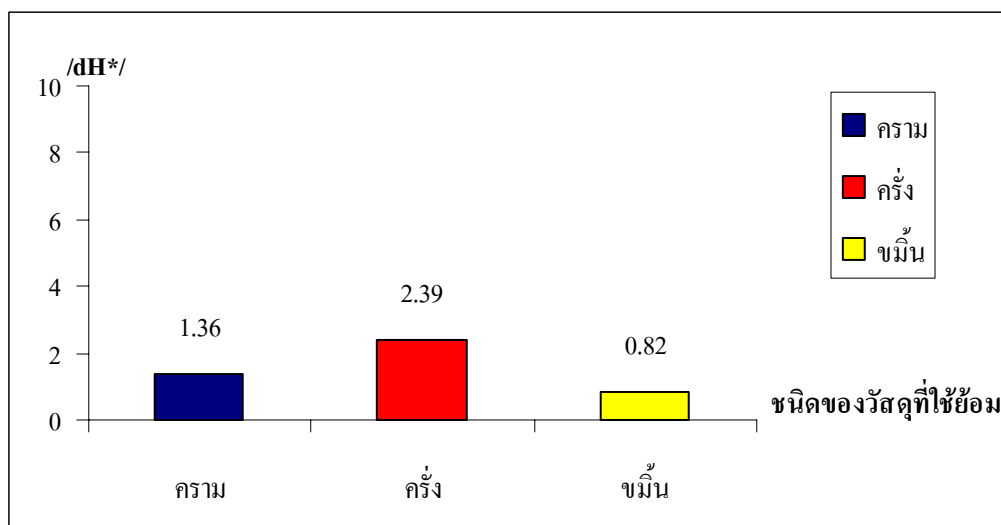
**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากตารางที่ 10 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dH* เนื่องจากการซักของ
ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิด
ของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของ
วัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและ
ค่า pH ของน้ำซักล้วนมีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน ส่วนปฏิสัมพันธ์
ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญ จึงยอมรับสมมติฐาน
ข้อที่ 5 ที่ตั้งไว้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dH*



ภาพที่ 42 ผลของชนิดของผ้าต่อค่า dH*

ชนิดของผ้ามีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า dH* จากภาพที่ 42 จะเห็นว่าผ้าฝ้ายมีค่า dH* สูงกว่าผ้าไหม แสดงว่าภายหลังการซักผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนสีสูงกว่าผ้าไหม

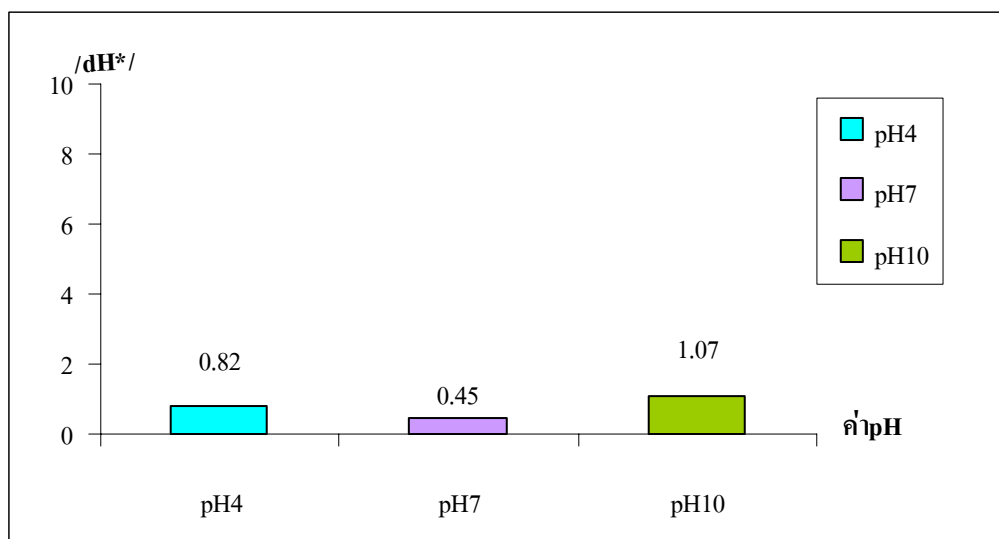


ภาพที่ 43 ผลของชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dH*

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dH* จากภาพที่ 43 จะเห็นว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า dH* สูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยคราม และผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนสีสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ย้อมด้วยคราม และผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น มีค่า dH* ไม่สูงมากนัก ในขณะที่งานวิจัยของศิรินันท์ (2543) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังการซักมีค่า dH* ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาวะการซักที่แตกต่างกัน ส่วนในงานวิจัยของมาลินี (2526) และไพศาล (2539) พบว่า ผลของการใช้สารช่วยติดในการย้อมสีด้วยครั่งส่วนใหญ่ภายหลังการซักผ้าที่ใช้สารช่วยติดมีสีเปลี่ยนไปจากเดิม แตกต่างกันไปตามชนิดสารช่วยติด และให้ความคงทนของการซักแตกต่างกันด้วย

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 53

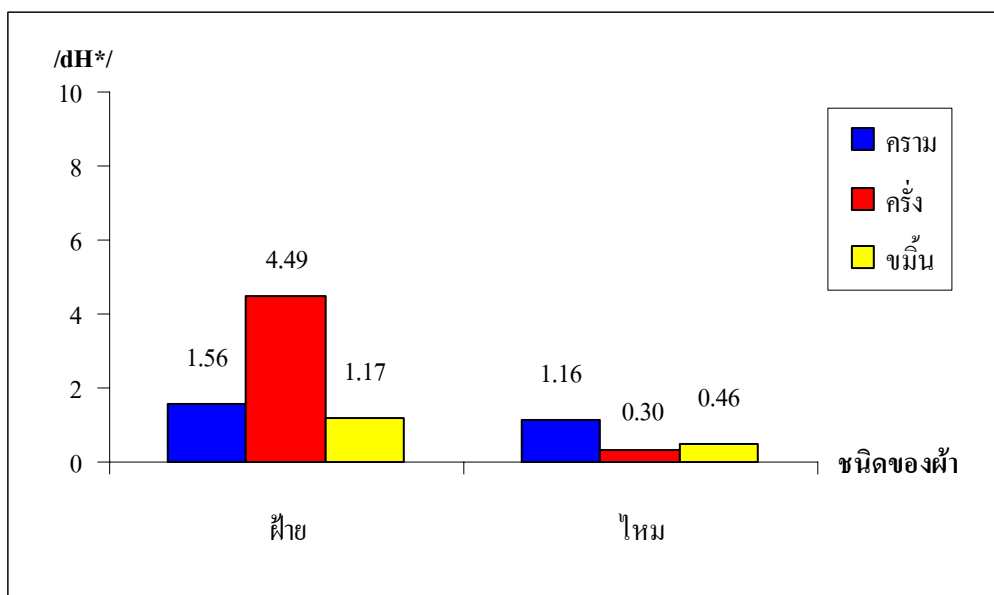


ภาพที่ 44 ผลของค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dH*

ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า ค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dH* จากภาพที่ 44 จะเห็นว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า dH* สูงกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนสีสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 มีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด ดังนั้นการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสภาวะที่เป็นกลางจะช่วยคงสีเดิมของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสภาวะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 54



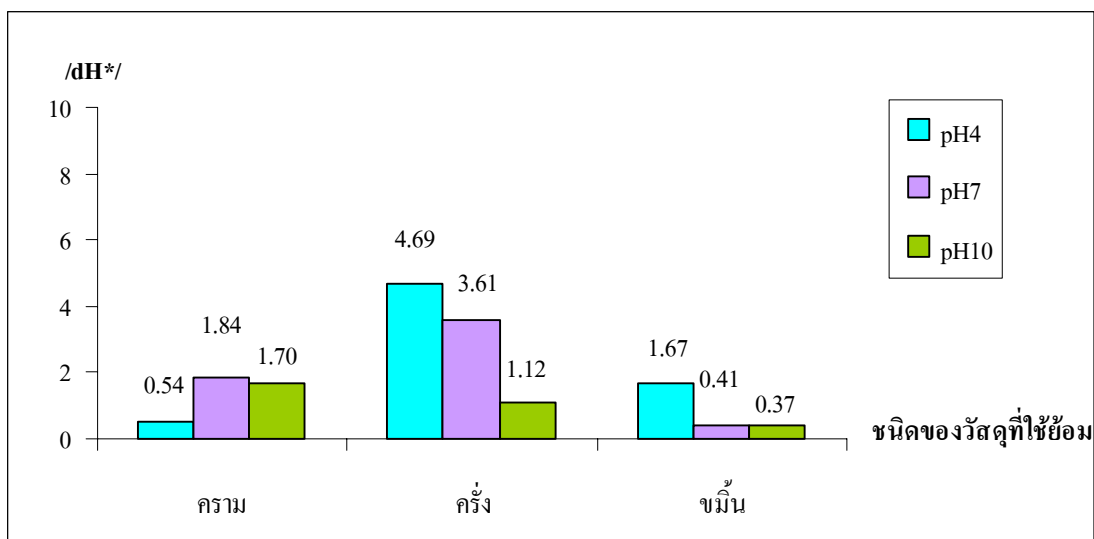
ภาพที่ 45 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dH*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 4 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dH* จากภาพที่ 45 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีความแปรปรวนของค่า dH* แตกต่างกัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนสีสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีค่า dH* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม 2.93 และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นถึง 3.32 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนสีสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด โดยผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีค่า dH* สูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น 0.70 และสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามถึง 0.86

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังจากซักผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนสีสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามและขมิ้น ในขณะที่ผ้าไหมย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนสีสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นและคราม

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 55 และ 56 ตามลำดับ



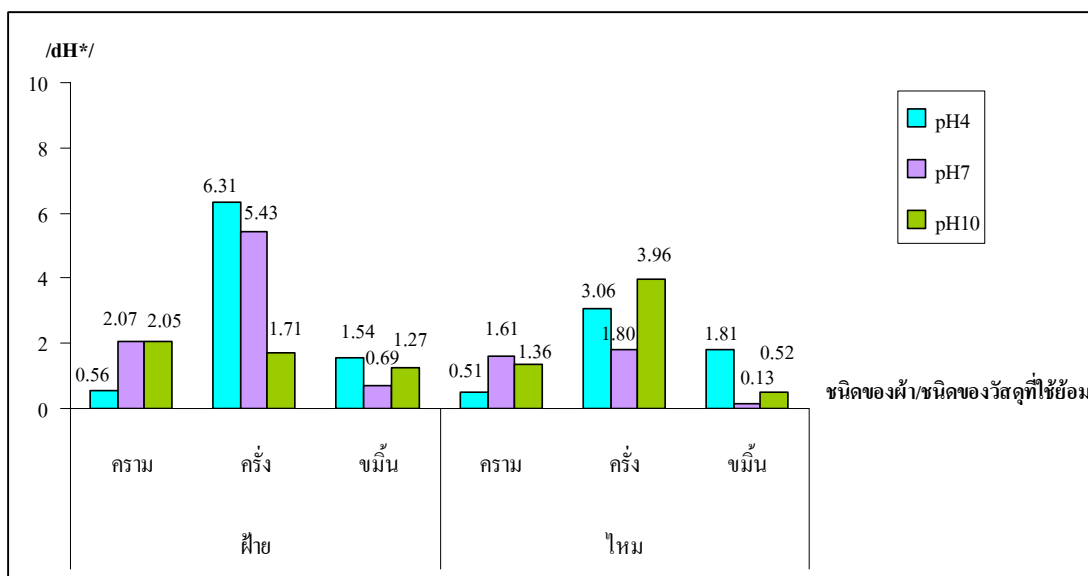
ภาพที่ 46 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dH^*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dH^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dH^* จากภาพที่ 46 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั้ง และขมิ้น มีความแปรปรวนของค่า dH^* แตกต่างกัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dH^* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั้ง พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH^* ลดลง 1.08 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH^* ลดลงถึง 2.49 และในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH^* ลดลง 1.26 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH^* ลดลงถึง 0.04

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยคราม ในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนสีไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยครั้ง และขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนสีลดลง ทั้งนี้การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง จะช่วยคงสีเดิมของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนสีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 57 และ 58 ตามลำดับ



ภาพที่ 47 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของฟ้าย ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก
ต่อค่า dH*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของฟ้าย ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dH* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของฟ้าย ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dH* จากภาพที่ 47 จะเห็นว่าในกรณีของกลุ่มฟ้าย พบว่า ฟ้ายที่ย้อมด้วยครามเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH* เพิ่มขึ้น 1.51 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH* ลดลง 0.02 ส่วนฟ้ายที่ย้อมด้วยครั่งเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH* ลดลง 0.88 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH* ลดลงถึง 3.72 และส่วนฟ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH* ลดลง 0.85 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH* เพิ่มขึ้น 0.58

ในกรณีของกลุ่มฟ้ายไผ่ พบว่า ฟ้ายไผ่ที่ย้อมด้วยครามเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH* เพิ่มขึ้น 1.10 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH* ลดลง 0.25 ส่วนฟ้ายไผ่ที่ย้อมด้วยครั่ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH* ลดลง 1.26 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH* เพิ่มขึ้น 2.16 และส่วนฟ้ายไผ่ที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dH* ลดลง 1.68 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dH* เพิ่มขึ้น 0.39

จากผลการทดลอง พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง ผ้ามีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด ในขณะที่ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง ผ้ามีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด และทั้งผ้าฝ้ายและไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นเมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง ผ้ามีการเปลี่ยนสีต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ช่วยคงสีเดิมของผ้าไว้ได้ดีกว่าการซักในสถานะอื่นๆ

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างจากผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างจากผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 59, 60 และ 61 ตามลำดับ

ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนสีแตกต่างจากผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 62, 63 และ 64 ตามลำดับ

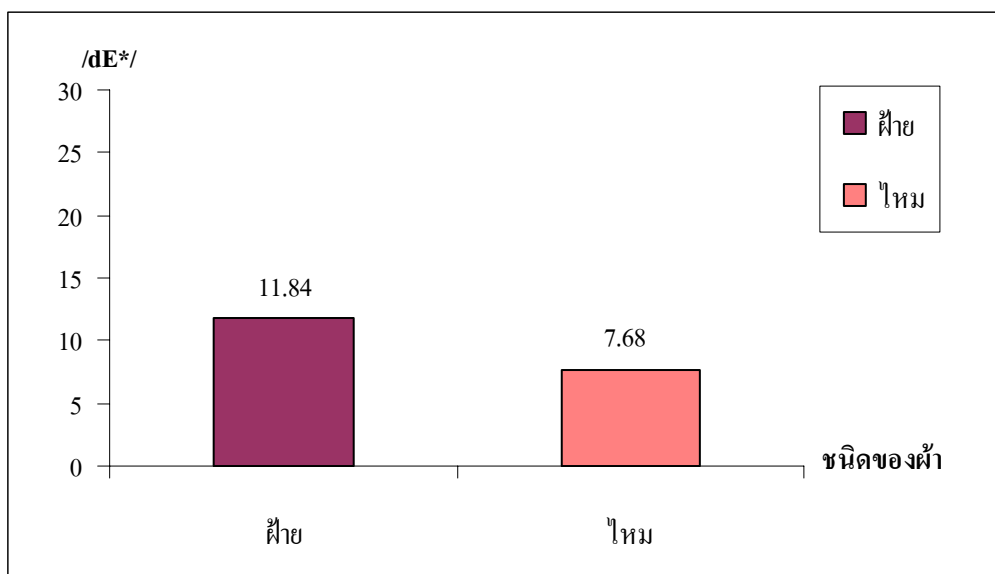
ผลต่อค่า dE*

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dE* เนื่องจากการซักของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่
ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างๆ

Source of variation	df	SS	MS	F
Replications	2	.369	.185	.367
Fabric (F)	1	233.459	233.459	463.917**
Dye Material (D)	2	1542.579	771.289	1532.664**
pH (P)	2	1675.845	837.923	1665.074**
F x D	2	46.329	23.164	46.031**
F x P	2	27.754	13.877	27.576**
D x P	4	763.418	190.855	379.256**
F x D x P	4	48.125	12.031	23.908**
Error	34	17.110	.503	
Total	53	4354.988		

**มีนัยสำคัญที่ระดับ .01

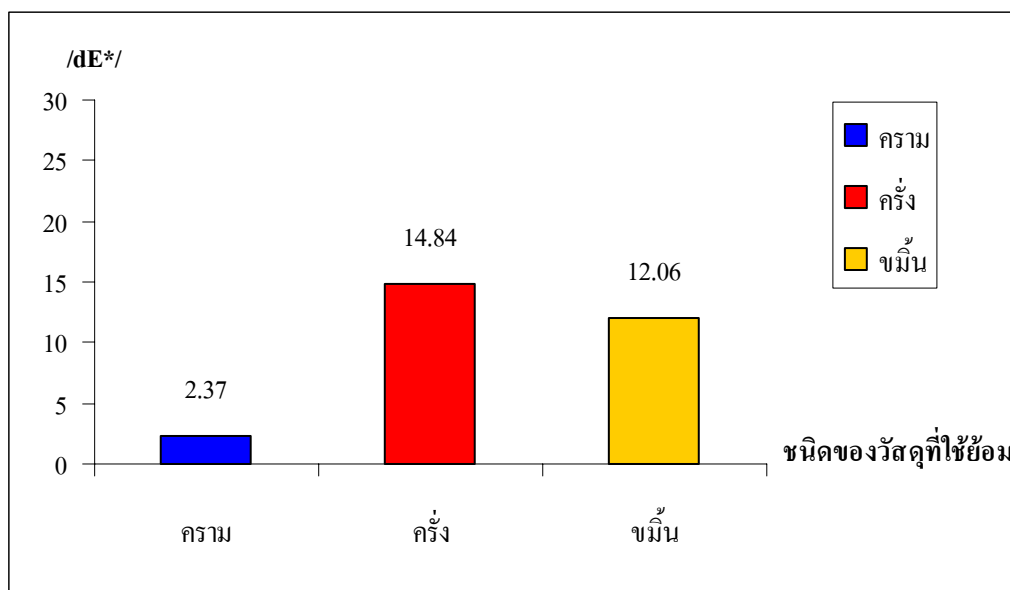
จากตารางที่ 10 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า dE* เนื่องจากการซักของ
ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น ในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิด
ของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของ
ผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก และ
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักล้วนมีผลต่อค่า dE*
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน



ภาพที่ 48 ผลของชนิดของผ้าต่อค่า dE*

ชนิดของผ้ามีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของผ้าไม่มีผลต่อค่า dE* จากภาพที่ 48 จะเห็นว่าผ้าฝ้ายมีค่า dE* สูงกว่าผ้าไหม แสดงว่าภายหลังการซักผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่าผ้าไหม

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงสีภายหลังการซักสูงกว่าผ้าไหม เนื่องจากไหมเป็นใยโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนและหมู่คาร์บอกซิล (Aspland, 1993 a) ในการย้อมสีไหมจะเกิดพันธะไอออนิกระหว่างประจุบวกของพอลิเมอร์สีไหมและประจุลบของสี ทำให้สีมีความคงทนอยู่ในเส้นใยมากกว่าฝ้ายซึ่งเป็นใยเซลลูโลสที่ยึดเหนี่ยวโมเลกุลของสีด้วยพันธะไฮโดรเจนซึ่งเป็นพันธะเคมีที่มีแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่าพันธะไอออนิก

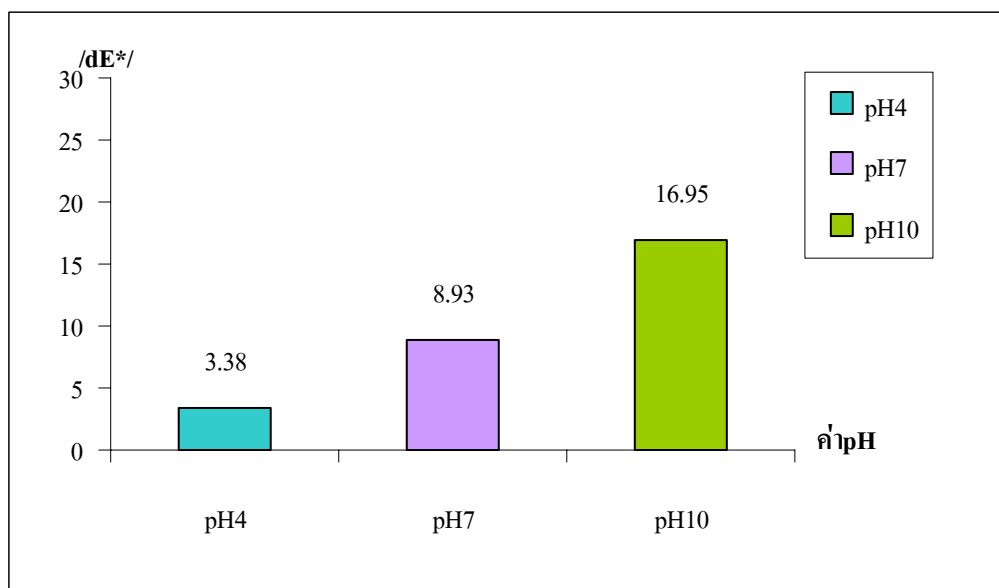


ภาพที่ 49 ผลของชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dE*

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dE* จากภาพที่ 49 จะเห็นว่าผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีค่า dE* สูงกว่าผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าที่ย้อมด้วยคราม ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยครั่งมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าที่ย้อมด้วยคราม มีค่า dE* ไม่สูงมากนัก เนื่องจากครามเป็นประเภทสีแวตซึ่งไม่ละลายน้ำ จึงมีความคงทนต่อการซักสูง ในขณะที่งานวิจัยของศิรินันท์ (2543) พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังการซัก มีค่า dE* ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาวะการซักที่แตกต่างกัน ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยครั่งและขมิ้นมีค่า dE* ค่อนข้างสูง เนื่องจากครั่งเป็นประเภทสีมอร์แดงและขมิ้นเป็นประเภทสีไคเร็กซ์ (Hill, 1977) ซึ่งละลายน้ำ และมีความคงทนของสีต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของมาลินี (2526) พบว่า ผลของการใช้สารช่วยติดในการย้อมสีครั่ง ผ้ามีความคงทนต่อการซักฟอกต่ำมาก และในงานวิจัยของจารุวรรณ (2546) พบว่า การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากขมิ้นชั้นแห้ง ผ้าไหมมีความคงทนต่อการซักที่แย่และมีค่า dE* ค่อนข้างสูงเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ฟ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 65

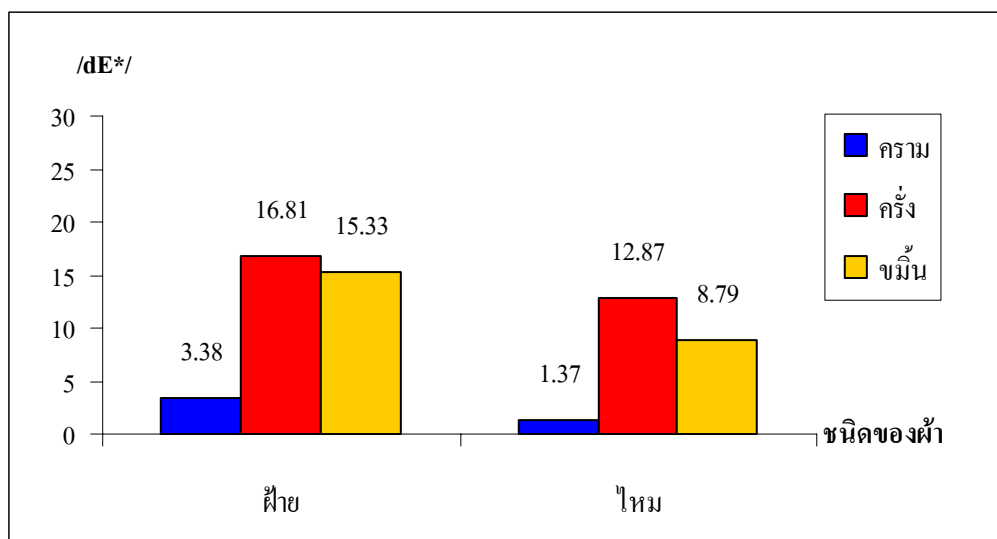


ภาพที่ 50 ผลของค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dE*

ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า ค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE* จากภาพที่ 50 จะเห็นว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีค่า dE* สูงกว่าผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ตามลำดับ แสดงว่า ภายหลังจากซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH10 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงขึ้น โดยผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด ดังนั้นการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้าจะมีความคงทนของสีดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 66



ภาพที่ 51 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมต่อค่า dE*

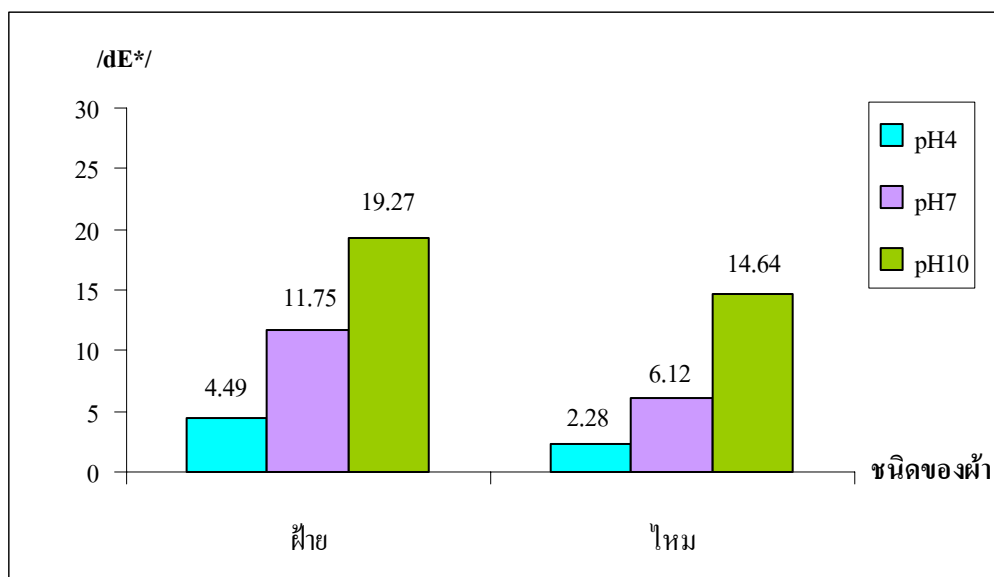
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมมีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 4 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมไม่มีผลต่อค่า dE* จากภาพที่ 51 จะเห็นว่าทั้งกลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมไปในทางเดียวกัน แต่ปริมาณความแตกต่างไม่เท่ากัน

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีค่า dE* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น 1.48 และสูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามถึง 13.43 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น และผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด โดยผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามมีค่า dE* สูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น 4.08 และสูงกว่าผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามถึง 11.51

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่าผ้าไหม ทั้งผ้าที่ย้อมด้วยคราม ครั่งและขมิ้น เนื่องจากไหมเป็นไฮโปรตีน ประกอบด้วยกรดอะมิโนและหมู่คาร์บอกซิล (Aspland, 1993 a) ในการย้อมสีไหมจะเกิดพันธะไฮออนิกระหว่างประจุบวกของพอลิเมอร์ไฮ

ไหมและประจุลบของสีไม่ให้หลุดออกจากเส้นใยได้ง่าย เมื่อเทียบกับฝ้ายซึ่งเป็นใยเซลลูโลสที่ยึดเหนี่ยวโมเลกุลของสีด้วยพันธะไฮโดรเจนซึ่งเป็นพันธะเคมีที่มีแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่าพันธะไอออนิก และสอดคล้องกับงานวิจัยของศิรินันท์ (2543) พบว่า ฝ้ายฝ้ายย้อมครามด้วยสภาวะต่างๆ ภายหลังการซักมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างสูงเช่นกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งฝ้ายฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 67 และ 68 ตามลำดับ



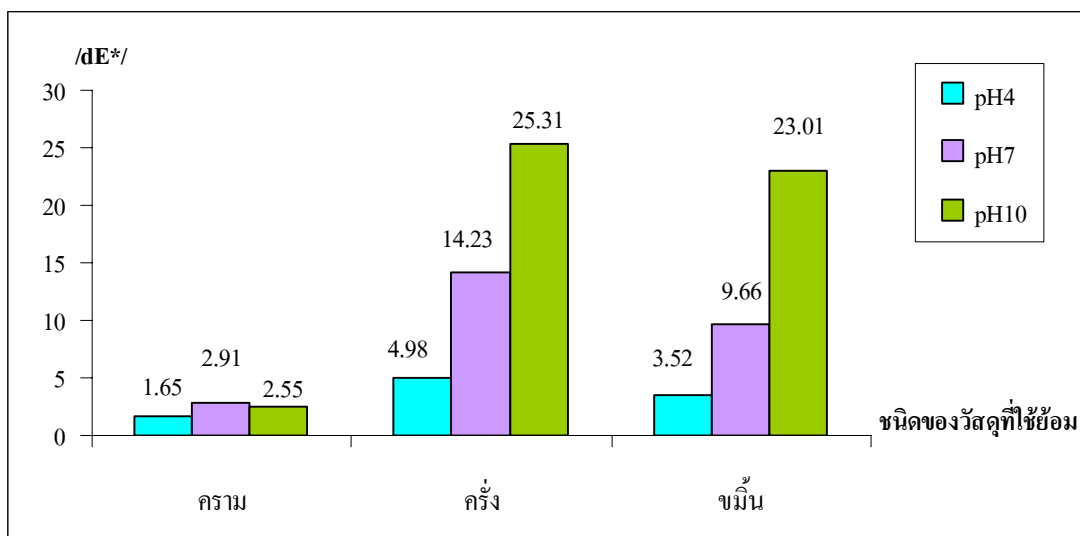
ภาพที่ 52 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dE*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 5 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE* จากภาพที่ 52 จะเห็นว่าทั้งกลุ่มผ้าฝ้ายและกลุ่มผ้าไหมมีค่า dE* ไปในทางเดียวกัน แต่ pH ของน้ำซักมีผลทำให้ผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่าผ้าไหม

ในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE* เพิ่มขึ้น 7.26 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE* เพิ่มขึ้นถึง 7.52 และในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE* เพิ่มขึ้น 3.84 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE* เพิ่มขึ้นถึง 8.52

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหม เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น จะทำให้ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงขึ้น โดยผ้าฝ้ายมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงกว่าผ้าไหม นอกจากนี้ภายหลังการซักทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่ผ้ามีความคงทนของสีดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 69 และ 70 ตามลำดับ



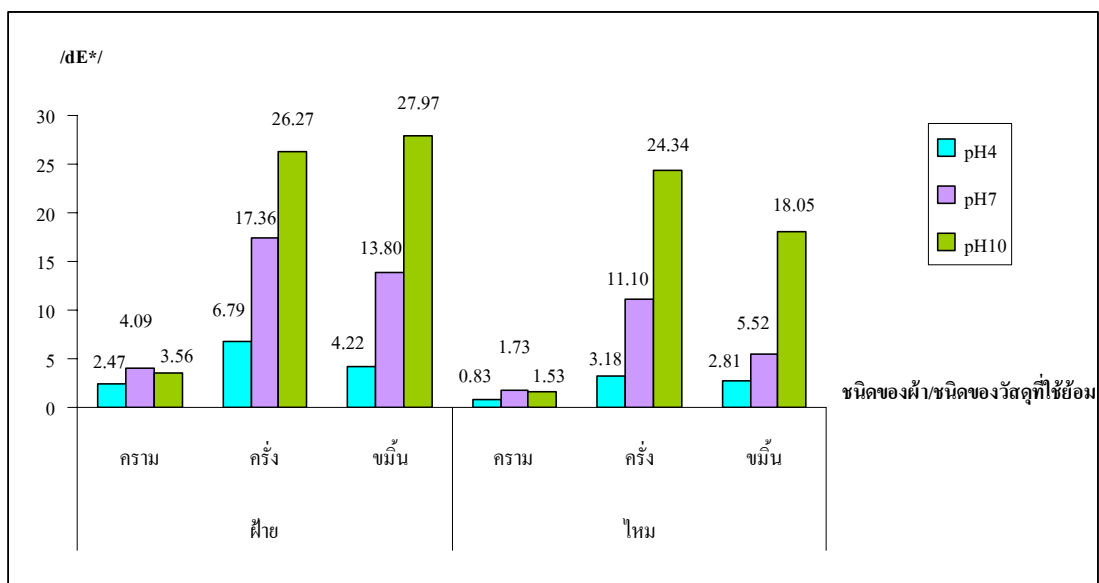
ภาพที่ 53 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักต่อค่า dE*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dE* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 6 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE* จากภาพที่ 53 จะเห็นว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครามมีค่า dE* ต่างไปจากกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น ซึ่งมีค่า dE* ไปในทางเดียวกัน แต่ปริมาณความแตกต่างไม่เท่ากัน โดยกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง มีค่า dE* สูงกว่ากลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น

ในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า ภายหลังการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีค่า dE* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกรณีของกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE* เพิ่มขึ้น 9.25 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE* เพิ่มขึ้นถึง 11.08 และในกรณีกลุ่มของผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE* เพิ่มขึ้น 6.14 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE* เพิ่มขึ้นถึง 13.35

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ภายหลังการซักผ้าที่ย้อมด้วยครามในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงขึ้น ทั้งนี้การซักผ้าที่ย้อมด้วยครั่งและขมิ้นในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ผ้าที่ข้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผ้าที่ข้อมด้วยครั่งและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางผนวกที่ 71 และ 72 ตามลำดับ



ภาพที่ 54 ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ต่อค่า dE^*

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dE^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานข้อที่ 7 ที่ตั้งไว้ว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซักไม่มีผลต่อค่า dE^* จากภาพที่ 54 จะเห็นว่าในกรณีของกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 1.62 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE^* ลดลง 0.53 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 10.57 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 8.91 และส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 9.58 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้นถึง 14.17

ในกรณีของกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 0.9 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE^* ลดลง 0.2 ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั้ง เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 7.92 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้นถึง 13.24 และผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น เมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH4 เป็น pH7 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้น 2.71 และเมื่อเพิ่มค่า pH ของน้ำซักจาก pH7 เป็น pH10 มีค่า dE^* เพิ่มขึ้นถึง 12.53

จากผลการทดลอง พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามเมื่อซักน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด ส่วนทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วย ครั่ง และขมิ้น เมื่อซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH สูงขึ้น ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมสูงขึ้น ทั้งนี้การซัก ผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำที่สุด จึงเป็นสถานะ การซักที่ผ้ามีความคงทนของสีดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม แตกต่างจากผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งและขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดัง แสดงในตารางผนวกที่ 73-78 ตามลำดับ

สถานะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ

ในการพิจารณาการเลือกสถานะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ จากสถานะการซักที่น้ำซักมีค่า pH ต่างๆ พิจารณาจากค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม (dE*) ของผ้าหลังการซัก ทั้งนี้โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ผ้าฝ้ายย้อมคราม

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำกว่าผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 ไม่มากนัก และจากผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า สถานะการซักที่ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด คือ การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการซักสูงที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการซักผ้าฝ้ายย้อมคราม

ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำกว่าผ้าฝ้ายย้อมครั่งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างเห็นได้ชัด และจากผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า สถานะการซักที่ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด คือ การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการซักสูงที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการซักผ้าฝ้ายย้อมครั่ง

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำกว่าผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างเห็นได้ชัด และจากผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New

Multiple Range Test พบว่า สภาวะการชักที่ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด คือ การชักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการชักสูงที่สุด จึงเป็นสภาวะการชักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชักผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น

ผ้าไหมย้อมคราม

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าไหมย้อมครามที่ชักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำกว่าผ้าไหมย้อมครามที่ชักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 เล็กน้อย และมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมใกล้เคียงกัน และจากผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า สภาวะการชักที่ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด คือ การชักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการชักสูงที่สุด จึงเป็นสภาวะการชักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชักผ้าไหมย้อมคราม อย่างไรก็ตามในการเลือกสภาวะในการชักผ้าไหมย้อมครามในน้ำซักที่มีค่า pH4 และ pH10 มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมไม่แตกต่างกันมากนัก ควรจะเลือกสภาวะการชักในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสภาวะที่เป็นด่าง ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะที่เป็นกรดอาจส่งผลอันตรายต่อใยไหม

ผ้าไหมย้อมครั่ง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าไหมย้อมครั่งที่ชักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรดมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำกว่าผ้าไหมย้อมครั่งที่ชักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างเห็นได้ชัด และจากผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า สภาวะการชักที่ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด คือ การชักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสภาวะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการชักสูงที่สุด จึงเป็นสภาวะการชักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชักผ้าไหมย้อมครั่ง อย่างไรก็ตามในการชักผ้าที่ย้อมด้วยครั่งในสภาวะที่เป็นกรดควรทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากกรดอาจส่งผลอันตรายต่อใยไหม

ผ้าไหมย้อมขมิ้น

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรดมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำกว่าผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 และ pH10 อย่างเห็นได้ชัด และจากผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า สถานะการซักที่ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของสีต่ำที่สุด คือ การซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการซักสูงที่สุด จึงเป็นสถานะการซักที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการซักไหมย้อมขมิ้น อย่างไรก็ตามในการซักผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้นในสถานะที่เป็นกรดควรทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากกรดอาจส่งผลอันตรายต่อใยไหม

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะความเป็นกรด-เบสของน้ำซักรต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น โดยทดสอบความคงทนต่อการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีต่อการซักตามวิธีมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2001 Test No.1 แล้ววัดค่า L^* a^* b^* C^* h^* ของสีผ้าและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสี dL^* da^* db^* dC^* dH^* และ dE^* เมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ได้ผ่านการซัก วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple-Test ได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ค่าสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมคราม ครั่ง และขมิ้น

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นที่ย้อมได้พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม ผ้ามีสีเข้ม มีความเป็นสีเขียวอยู่ด้วย มีความเป็นสีน้ำเงินซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น ความสดใสน้อยกว่า สีของผ้าเป็นสีน้ำเงิน ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง ผ้ามีความสว่างน้อยกว่าสูง (สีอ่อน) มีความเป็นสีแดงซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีความเป็นสีน้ำเงินอยู่ด้วย ความสดใสน้อยกว่า สีของผ้าเป็นสีแดง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น ผ้ามีความสว่างน้อยกว่าสูง (สีอ่อน) มีความเป็นสีแดงอยู่ด้วย มีความเป็นสีเหลืองซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น ความสดใสน้อยกว่า สีของผ้าเป็นสีเหลือง ผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ผ้ามีสีเข้ม มีความเป็นสีเขียวอยู่ด้วย มีความเป็นสีน้ำเงินซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น ความสดใสน้อยกว่า สีของผ้าเป็นสีน้ำเงิน ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง ผ้ามีสีเข้ม มีความเป็นสีแดงซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น มีความเป็นสีเหลืองอยู่ด้วย ความสดใสน้อยกว่า สีของผ้าเป็นสีแดง ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น ผ้ามีความสว่างน้อยกว่าสูง (สีอ่อน) มีความเป็นสีแดงอยู่ด้วย มีความเป็นสีเหลืองซึ่งตรงกับสีที่ควรจะเป็น ความสดใสน้อยกว่า สีของผ้าเป็นสีเหลือง

2. ค่าสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมคราม ครั่ง และขมิ้นหลังการซัก

จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะการซักต่อค่าสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้นหลังการซัก พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม ผ้ามีสีเข้ม มีความเป็นสีแดง-เขียวต่ำมาก มี

ความเป็นสีน้ำเงิน ความสดใสค่อนข้างต่ำ สีของผ้าเป็นสีน้ำเงิน ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยครั้ง ผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง (สีอ่อน) ความเป็นสีแดง ความเป็นสีน้ำเงินอยู่ด้วย ความสดใสค่อนข้างต่ำ สีของผ้าเป็นสีแดง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยขมิ้น ผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง (สีอ่อน) ความเป็นสีแดงอยู่ด้วย ความเป็นสีเหลือง ความสดใสค่อนข้างสูง สีของผ้าเป็นสีเหลือง ผ้าไหมที่ข้อมด้วยคราม ผ้ามีสีเข้ม ความเป็นสีเขียวอยู่ด้วย ความเป็นสีน้ำเงิน ความสดใสค่อนข้างต่ำ สีของผ้าเป็นสีน้ำเงิน ผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั้ง ผ้ามีสีเข้ม ความเป็นสีแดง ความเป็นสีเหลืองอยู่ด้วย ความสดใสค่อนข้างต่ำ สีของผ้าเป็นสีแดง ผ้าไหมที่ข้อมด้วยขมิ้น ผ้ามีความสว่างค่อนข้างสูง (สีอ่อน) ความเป็นสีแดงอยู่ด้วย ความเป็นสีเหลือง ความสดใสค่อนข้างสูง สีของผ้าเป็นสีเหลือง

3. การเปลี่ยนแปลงของสีผ้าหลังการซัก

จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะการซักต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้าหลังการซัก พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยคราม ผ้ามีความสว่าง ความเป็นสีแดง ความเป็นสีน้ำเงิน ความสดใสมากขึ้น ผ้ามีสีออกแดงมากขึ้น และมีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมค่อนข้างต่ำ ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยครั้ง ผ้ามีความสว่าง ความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น ความเป็นสีแดง และความสดใสขึ้นอยู่กับสภาวะในการซัก ผ้ามีสีออกน้ำเงินมากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมค่อนข้างสูง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยขมิ้น ผ้ามีความสว่างมากขึ้นและลดลงขึ้นอยู่กับสภาวะการซัก ความเป็นสีเขียวมากขึ้น ความเป็นสีเหลืองและความสดใสลดลง ผ้ามีสีออกเขียวมากขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมค่อนข้างสูง ผ้าไหมที่ข้อมด้วยคราม ผ้ามีความสว่างลดลง (สีมืดลง) ความเป็นสีแดงมากขึ้น ความเป็นสีน้ำเงินและความสดใสมากขึ้นและลดลงขึ้นอยู่กับสภาวะในการซัก ผ้ามีสีออกแดงมากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมต่ำ ผ้าไหมที่ข้อมด้วยครั้ง ผ้ามีความสว่าง ความเป็นสีแดง ความเป็นสีเหลืองมากขึ้นและลดลงขึ้นอยู่กับสภาวะในการซัก มีความสดใสลดลง ผ้ามีสีออกน้ำเงินหรือออกเหลืองขึ้นอยู่กับสภาวะในการซัก และการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมค่อนข้างสูง ผ้าไหมที่ข้อมด้วยขมิ้น ผ้ามีความสว่าง ความเป็นสีเหลือง ความสดใสมากขึ้นและลดลงขึ้นอยู่กับสภาวะการซัก ความเป็นสีเขียวมากขึ้น ผ้ามีสีออกเขียวหรือออกแดงขึ้นอยู่กับสภาวะในการซัก และมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมค่อนข้างสูง

4. ผลของสถานะความเป็นกรด-เบสของน้ำซักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น

4.1 ผลต่อค่า dL*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม และค่า pH ในน้ำซัก ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่า dL* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า ผ้าไหม ผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น น้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dL* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้นมีค่า dL* ต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม มีค่า dL* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dL* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับในกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dL* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มของผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน มีค่า dL* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dL* ต่ำที่สุด ส่วนในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง มีค่า dL* ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dL* แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม

4.2 ผลต่อค่า da*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม และค่า pH ในน้ำซัก ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่า da* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า ผ้าไหม ผ้าที่ย้อมด้วยคราม น้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า da* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามมีค่า da* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม มีค่า da* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า da* ต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง มีค่า da* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH

ต่างกัน มีค่า da^* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกลุ่มผ้าที่ข้อมด้วยครั้ง พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง มีค่า da^* ต่ำที่สุด และในกลุ่มผ้าที่ข้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า da^* ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า da^* แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม

4.3 ผลต่อค่า db^*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม และค่า pH ในน้ำซัก ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่า db^* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า ผ้าไหม ผ้าที่ข้อมด้วยคราม น้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า db^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยคราม มีค่า db^* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ข้อมด้วยคราม มีค่า db^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า db^* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า db^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อมและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าที่ข้อมด้วยคราม พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน มีค่า db^* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกลุ่มผ้าที่ข้อมด้วยครั้ง พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง มีค่า db^* ต่ำที่สุด และในกลุ่มผ้าที่ข้อมด้วยขมิ้น พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า db^* ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า db^* แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม

4.4 ผลต่อค่า dC^*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม และค่า pH ในน้ำซัก ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่า dC^* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า ผ้าไหม ผ้าที่ข้อมด้วยคราม น้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dC^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยคราม มีค่า dC^* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ข้อมด้วยคราม มีค่า dC^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dC^* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหม

ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dC^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน มีค่า dC^* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dC^* ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dC^* แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม

4.5 ผลต่อค่า dH^*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม และค่า pH ในน้ำซัก ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่า dH^* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า ผ้าไหม ผ้าที่ย้อมด้วยขมิ้น น้ำซักที่มีค่า pH7 หรือสถานะที่เป็นกลาง มีค่า dH^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ในกลุ่มของผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น มีค่า dH^* ต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง มีค่า dH^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน มีค่า dH^* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH10 หรือสถานะที่เป็นด่าง มีค่า dH^* ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของน้ำซักมีผลต่อค่า dH^* แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม

4.6 ผลต่อค่า dE^*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ชนิดของผ้า ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม และค่า pH ในน้ำซัก ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลต่อค่า dE^* อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยพบว่า ผ้าไหม ผ้าที่ย้อมด้วยคราม น้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dE^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม มีค่า dE^* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม มีค่า dE^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของผ้าและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dE^* ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับกลุ่มของผ้าไหม พบว่า ผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dE^* ต่ำที่สุด ผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อมและค่า pH ของน้ำซัก ในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยคราม พบว่า เมื่อซักในน้ำ

ซักที่มีค่า pH ต่างกัน มีค่า dE^* ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนในกลุ่มผ้าที่ย้อมด้วยครั่ง และขมิ้น พบว่า เมื่อซักในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด มีค่า dE^* ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า pH ของ น้ำซักมีผลต่อค่า dE^* แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผ้าและชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม

5. สถานะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ

จากการวิเคราะห์ผลของสถานะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ พบว่า สถานะที่เหมาะสมสำหรับการซักผ้าฝ้ายและผ้าไหมย้อมคราม ครั่ง และ ขมิ้น คือ การซักผ้า ในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด ผ้ามีความคงทนของสีต่อการซักสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำไปใช้

1. น้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด เป็นสถานะที่ดีที่สุด ที่มีความคงทนต่อการซักในผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการทำความสะอาดผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่ต้องการรักษาความคงทนของสีไว้
2. การซักผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติในน้ำซักที่มีค่า pH4 หรือสถานะที่เป็นกรด อาจทำให้ความแข็งแรง ความเหนียวของผ้าลดลง อีกทั้งผ้าอาจมีกรดตกค้างซึ่งทำให้ผ้ามีความสะอาดไม่เพียงพอและอาจเป็นอันตรายต่อผิวหนัง ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการซักผ้าในสถานะที่เป็นกรด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการทำวิจัยครั้งนี้ ทดสอบการซักโดยใช้ผงซักฟอกมาตรฐานของ AATCC ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทดสอบการซักโดยใช้สารซักฟอกที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดเพื่อเปรียบเทียบผล
2. ในการวิจัยครั้งนี้ ทดสอบการซักเพียงครั้งเดียว ในการวิจัยครั้งต่อไปควรทดสอบความคงทนต่อการซักหลายๆครั้งเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน
3. ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาสถานะการซักในน้ำซักที่มีค่า pH4, pH7 และ pH10 เท่านั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาสถานะการซักในน้ำซักที่มีค่า pH อื่นๆ เพิ่มเติม
4. การวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษากการซักในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เช่น การซักในน้ำอุ่นและในน้ำเย็น เพื่อเปรียบเทียบถึงอุณหภูมิการซักที่เหมาะสม
5. การวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษากการครดที่อาจตกค้างอยู่ในผ้า จากการซักผ้าในน้ำซักที่มีค่า pH4 ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อเส้นใยและผิวหนังของผู้สวมใส่
6. นอกจากการประเมินคุณภาพด้านสีแล้วในการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาความเหนียวและความแข็งแรงของผ้าภายหลังการซักด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2541. เอกสารการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับผ้าใยธรรมชาติ. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กานดา วณิชกาญจนกุล. 2540. การผลิตและการใช้ประโยชน์น้ำมันผงและโอลีโอเรซิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คมสัน หุตะแพทย์. 2544. ดันไม้ให้สีย้อมผ้า. วารสารเกษตรธรรมชาติ 44(3): 18-24.

คณะกรรมการโครงการฉลากเขียว. 2540. ข้อกำหนดของสารซักฟอก. สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ ศิษฏ์. 2546. การย้อมผ้าไหมด้วยสีจากขมิ้นชันแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ศิลป์ รูปพนม. 2531. เคมีของสีย้อมกับผลิตภัณฑ์หัตถกรรมไทย. วารสาร สสวท 16(4): 9-14.

เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2539. เคมีของสีธรรมชาติและการย้อม. วารสารวิทยาศาสตร์ 50(3): 155-161.

นฤมล สราชนันท์. 2533. การใช้สารช่วยติดในการย้อมไหมด้วยขมิ้นชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวลแข ปาลิวนิช. 2542. ความรู้เรื่องผ้าและเส้นใย ฉบับปรับปรุงใหม่. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

นวลฉวี เรืองไรรัตน์โรจน์. 2529. การสลายตัวของผงซักฟอกในแหล่งน้ำธรรมชาติและในระบบบำบัดน้ำทิ้งบางประเภท. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

น้ำอ้อย วงษ์เทียน. 2540. การสกัดและการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของรงควัตถุเหลืองจาก
ขมิ้น แก่นขนุนและดอกดาวเรือง, น. 272-273. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 ฝ่ายนิเทศน์สัมพันธ์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. เครื่องเทศ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2542. การย้อมสีสิ่งทอที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติ. วารสารเทคโนโลยี 20(3): 29-32

บุญฤทธิ์ มหามนตรี. 2527. ผงซักฟอก. วารสารวิทยาศาสตร์ 38(12): 763- 768

บุปผา เกื้อนถ้ำ. ม.ป.ป. รายงานการวิจัยและพัฒนา. กลุ่มงานมาตรฐานทดสอบ ส่วน
อุตสาหกรรมสิ่งทอ. สำนักอุตสาหกรรมรายสาขา, กรุงเทพฯ.

พรสวรรค์ ดิษยบุตร, จักรพงษ์ ลิ้มปนุสสรณ์, ธัญรัตน์ กาจสงคราม, พงศธร หลิมศิริวงศ์ และ
ลักขณา พงศ์พจน์. 2543. สมุนไพร การใช้อย่างถูกวิธี. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

พินัย ห่องทองแดง และ ชวนพิศ สิมขจร. 2548. การย้อมสีเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติ. คัลเลอร์เวย์
10(56): 25-27

ไพบุตย์ เข้มทอง. 2537. การซักกรีดยอุตสาหกรรม, น. 10-16. ใน รายงานการสัมมนาการซักกรีดยผ้า
ในกิจการโรงแรม, 17 มีนาคม 2537. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

ไพศาล คงกาญจนา. 2539. เทคนิคการย้อมสีไหมด้วยสีจากครั่ง. วารสารวิศวกรรมสาร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น 23(1): 45-55

ไพศาล คงกาญจนา, อรุณศิริ ชิตางกูร และ เฉลียว หมดอิ้ว. 2543. รายงานโครงการวิจัยการ
พัฒนาเทคนิคการย้อมไหมด้วยสีจากครามและครั่ง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(สกว), กรุงเทพฯ.

มาลินี เนียมพลับ. 2526. การใช้สารช่วยติดสีในการย้อมสีครั้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โมโตอิ มินากาวะ, เข็มชัย เหมะจันทร์ และ เออีอีชี คาวาอิ. 2530. วิทยาการไหมเล่ม 1. คณะกรรมการส่งเสริมสินค้าไทย. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. พืชเครื่องเทศและสมุนไพร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วนิดา ชุตติกาวิทย์ และสะอึง จักขุศิลา. 2544. ผงซักฟอก. วารสารวิทยาศาสตร์ 50(3): 156-158

วนิดา สุบรรณเสณี, สมควร สวัสดิชาติ และ ประเชิญ สร้อยทองคำ. 2531. สีธรรมชาติจากพืชและสัตว์ในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรศาสตร์และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ อุคมกิจเดชา. 2543. วิทยาศาสตร์เส้นใย. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ศิรินันท์ ห่อสมบัติ. 2543. สภาวะที่เหมาะสมในการย้อมผ้าฝ้ายด้วยครามธรรมชาติและโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยหม่อนไหม. ม.ป.ป. การรักษาผ้าไหมย้อมสีธรรมชาติ. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ. 2542. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการวัดสีสิ่งทอ. สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สุทธิลา สวานาพร. 2535. ผลของสารช่วยติดจากธรรมชาติในการย้อมไหมด้วยมันชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรพล อุปดิษฐกุล. 2536. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1. สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ.

อรวินท์ โทรกี. 2521. **ผ้าและเส้นใย**. วิบูลย์กิจ, กรุงเทพฯ.

อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการตลาด**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อาทร ตัณฑวุฒโท. 2506. **การเพาะเลี้ยงครั้ง**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

อารัมภรัตน์ รัชดานุรักษ์. 2543. **วัตถุดิบและส่วนประกอบของผงซักฟอก**. *วารสารจารย์พา* 6(50): 32-35

อจรรพร ไสละสุต. 2539. **ความรู้เรื่องผ้า**. สร้างสรรค์-วิชาการ จำกัด, กรุงเทพฯ.

AATCC. 2003. **AATCC Technical Manual. Vol. 78**, American Association of Textile Chemists and Colorists, North Carolina.

Aspland, J.R. 1993 a. The Application of Ionic Dyes to Ionic Fibers: Nylon, Silk and Wool and Their Sorption of Anions. **Textile Chem. and Col.** 25(2): 22-26.

_____ 1993 b. The Application of Ionic Dyes to Ionic Fibers : Nylon, Silk and Wool and Their Sorption of Anions. **Textile Chem. and Col.** 25(3): 55-59.

Burwood, R., G. Read, K. Schofield and D.E. Wright. 1965. The pigments of stick lac, part I, Isolation and preliminary examination. **J. Chem. Soc. (C)**: 842-851.

Cofrancesco, A.J. 1972. Dye Natural. **Encyclopedia of Chemical Technology**. 2nd ed.

Corbman, B.P. 1983. **Textile Fiber to Fiber**. 6th ed., McGraw-Hill Inc., Singapore.

Gohl, E.P.G. and L.D. Vilensky. 1990. **Textile Science**. 2nd ed., Longman Cheshire, Melbourne.

- Govindarajan, V.S. 1980. Turmeric-chemistry, Technology and Quality. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 12(3): 199-301.
- Hill, D.J. 1977. Is there a future for natural dyes. **Rev. Prog. Coloration.** 27: 18-25
- Jakobi, G. and A. Lohr. 1987. **Detergents and Textile Washing.** VCH Publishers, New York.
- Lub, H. 1972. **The Chemistry of Synthesis Dyes and Pigments.** Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
- Parrott, B. 1978. The chemistry of dyeing. **Natural Plant Dyeing.** 29(2): 51-58.
- Pursglove, J.W. 1981. **Spices Volume II.** Longman Group Limited, New York.
- Rouseff, R.L. 1988. High Performance Liquid Chromatographic Separation and Spectral Characterization of the Pigments in Turmeric and Annatto. **J. Food Sci.** 53(6): 1823-1826.
- Smith, B.F. and I. Block. 1982. **Textile in Perspective.** Prontice Hall Inc., Englewood Cliffs.
- Standley, P.C. and J.A. Steyermark. 1964. **Flora of Guatemala.** Fieldiana, Bot.
- Susilo, P.H. 1992. **Natural Indigo Dyes From Indigofera Plants for Textile Processing.** Institute for R&D of Textiles Industries Bandung, Indonesia.
- Udayini, S. and M. Jacob. 1988. Development of new vegetable dyes for kalamkari painting and to assess their color fastness property. **Colourage:** 19-21

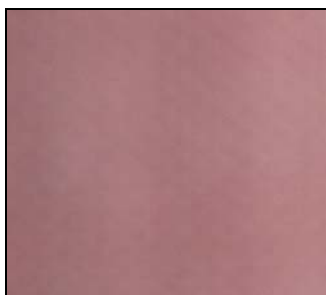
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

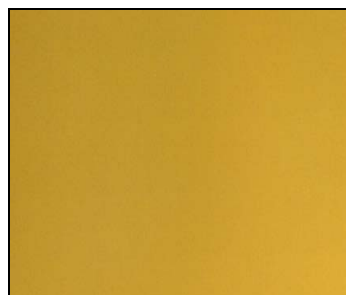
ตัวอย่างผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น



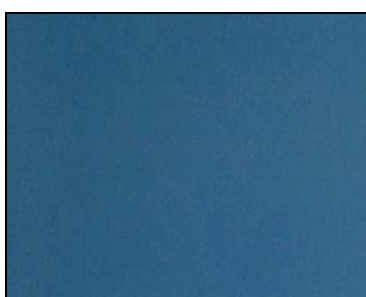
ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม



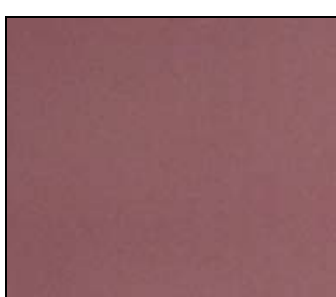
ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครั่ง



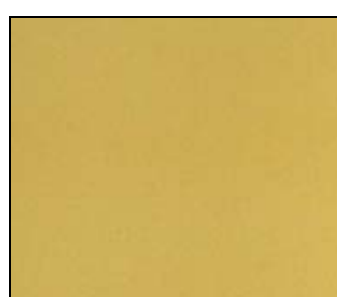
ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยขมิ้น



ผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม



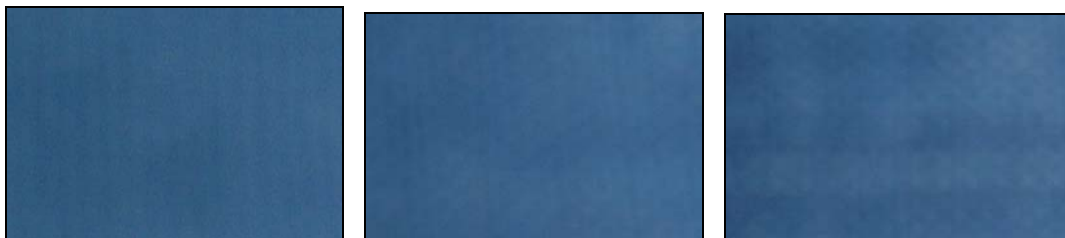
ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่ง



ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้น

ภาพผนวกที่ ก1 ผ้าฝ้ายและผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่ง และขมิ้น

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามภายหลังการซัก



ผ้าฝ้ายย้อมคราม
ที่ ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4

ผ้าฝ้ายย้อมคราม
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7

ผ้าฝ้ายย้อมคราม
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามภายหลังการซัก

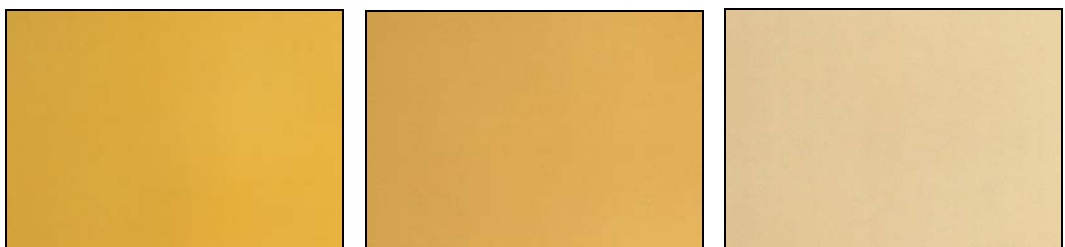


ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4

ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7

ผ้าฝ้ายย้อมครั่ง
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยครามภายหลังการซัก



ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7

ผ้าฝ้ายย้อมขมิ้น
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10

ภาพผนวกที่ ก2 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยคราม ครั่งและขมิ้นภายหลังการซักในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน

ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครามภายหลังการซัก

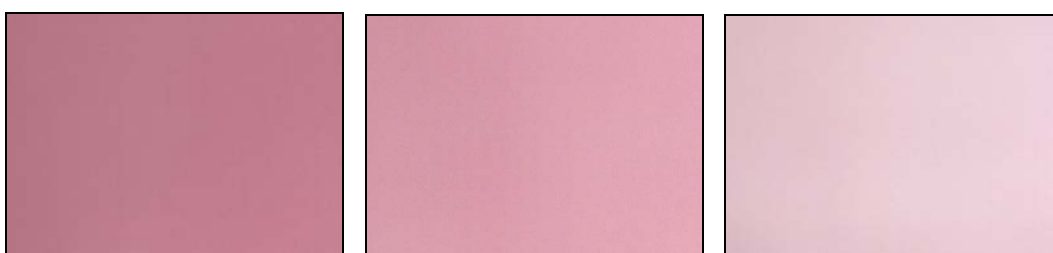


ผ้าไหมย้อมคราม
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4

ผ้าไหมย้อมคราม
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7

ผ้าไหมย้อมคราม
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10

ผ้าไหมที่ย้อมด้วยครั่งภายหลังการซัก



ผ้าไหมย้อมครั่ง
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4

ผ้าไหมย้อมครั่ง
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7

ผ้าไหมย้อมครั่ง
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10

ผ้าไหมที่ย้อมด้วยขมิ้นภายหลังการซัก



ผ้าไหมย้อมขมิ้น
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH4

ผ้าไหมย้อมขมิ้น
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH7

ผ้าไหมย้อมขมิ้น
ที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH10

ภาพผนวกที่ ๓3 ผ้าไหมที่ย้อมด้วยคราม ครั่งและขมิ้นภายหลังการซักในน้ำซักที่ค่า pH ต่างกัน

ภาคผนวก ข

ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าการเปลี่ยนแปลงสี

ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่าการเปลี่ยนแปลงสี

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
คราม	0.52	B
ครั่ง	12.02	A
ขมิ้น	0.33	C

ตารางผนวกที่ ข2 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	0.30	C
pH7	3.93	B
pH10	7.97	A

ตารางผนวกที่ ข3 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
คราม	1.33	B
ครั่ง	13.14	A
ขมิ้น	0.05	C

ตารางผนวกที่ ข4 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าไหมที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
คราม	0.28	B
ครั่ง	10.90	A
ขมิ้น	0.71	B

ตารางผนวกที่ ข5 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	0.27	C
pH7	4.85	B
pH10	9.40	A

ตารางผนวกที่ ข6 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	0.33	C
pH7	3.02	B
pH10	6.55	A

ตารางผนวกที่ ข7 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	1.05	C
pH7	13.63	B
pH10	23.48	A

ตารางผนวกที่ ข8 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	1.08	A
pH7	2.25	B
pH10	0.17	A

ตารางผนวกที่ ข9 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	1.49	C
pH7	16.37	B
pH10	24.52	A

ตารางผนวกที่ ข10 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	0.53	B
pH7	2.96	C
pH10	2.59	A

ตารางผนวกที่ ข11 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าไหมย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	0.62	C
pH7	10.89	B
pH10	22.43	A

ตารางผนวกที่ ข12 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dL* ของผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dL*	Duncan's group
pH4	1.64	A
pH7	1.56	B
pH10	2.23	B

ตารางผนวกที่ ข13 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
คราม	1.26	A
ครั้ง	2.72	B
ขมิ้น	2.86	B

ตารางผนวกที่ ข14 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	0.03	A
pH7	0.35	A
pH10	3.93	B

ตารางผนวกที่ ข15 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
คราม	1.43	A
ครั้ง	2.41	B
ขมิ้น	4.49	C

ตารางผนวกที่ ข16 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าไหมที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
คราม	1.08	A
ครั้ง	3.04	C
ขมิ้น	1.23	B

ตารางผนวกที่ ข17 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	0.22	A
pH7	0.96	B
pH10	4.72	C

ตารางผนวกที่ ข18 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	0.30	A
pH7	0.25	A
pH10	3.14	B

ตารางผนวกที่ ข19 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	1.43	A
pH7	0.59	B
pH10	9.02	C

ตารางผนวกที่ ข20 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	2.02	A
pH7	2.19	A
pH10	4.37	B

ตารางผนวกที่ ข21 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	0.43	B
pH7	1.93	A
pH10	1.93	A

ตารางผนวกที่ ข22 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	2.58	A
pH7	1.09	B
pH10	8.70	C

ตารางผนวกที่ ข23 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	2.34	A
pH7	3.73	B
pH10	7.39	C

ตารางผนวกที่ ข24 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	0.53	C
pH7	1.47	A
pH10	1.24	B

ตารางผนวกที่ ข25 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าไหมย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	0.27	A
pH7	0.08	A
pH10	9.32	B

ตารางผนวกที่ ข26 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า da^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ da^* $	Duncan's group
pH4	1.70	C
pH7	0.64	A
pH10	1.35	B

ตารางผนวกที่ ข27 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db^* ของผ้าที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย $ db^* $	Duncan's group
คราม	1.55	A
ครั่ง	3.13	B
ขมิ้น	10.80	C

ตารางผนวกที่ ข28 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db^* ของผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ db^* $	Duncan's group
pH4	2.10	A
pH7	4.97	B
pH10	8.39	C

ตารางผนวกที่ ข29 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group
คราม	2.60	A
ครั่ง	5.09	B
ขมิ้น	14.39	C

ตารางผนวกที่ ข30 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าไหมที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group
คราม	0.49	A
ครั่ง	1.17	B
ขมิ้น	7.20	C

ตารางผนวกที่ ข31 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group
pH4	3.70	A
pH7	7.32	B
pH10	11.07	C

ตารางผนวกที่ ข32 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group
pH4	0.52	A
pH7	2.62	B
pH10	5.72	C

ตารางผนวกที่ ข33 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group	
pH4	4.57	B	
pH7	3.71	A	B
pH10	1.11	A	

ตารางผนวกที่ ข34 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group	
pH4	0.95	A	
pH7	9.09	B	
pH10	22.35	C	

ตารางผนวกที่ ข35 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group	
pH4	6.09	C	
pH7	5.59	B	
pH10	3.60	A	

ตารางผนวกที่ ข36 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group	
pH4	3.37	A	
pH7	12.95	B	
pH10	26.85	C	

ตารางผนวกที่ ข37 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าไหมย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group
pH4	3.05	C
pH7	1.83	B
pH10	1.38	A

ตารางผนวกที่ ข38 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า db* ของผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย db*	Duncan's group
pH4	1.46	A
pH7	5.22	B
pH10	17.85	C

ตารางผนวกที่ ข39 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
คราม	1.39	A
ครั้ง	2.98	B
ขมิ้น	11.15	C

ตารางผนวกที่ ข40 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	0.15	A
pH7	2.82	B
pH10	10.07	C

ตารางผนวกที่ ข41 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย $ dC^* $	Duncan's group
คราม	2.54	A
ครั่ง	3.00	B
ขมิ้น	15.03	C

ตารางผนวกที่ ข42 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC^* ของผ้าไหมที่ย้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ย้อม	ค่าเฉลี่ย $ dC^* $	Duncan's group
คราม	0.25	A
ครั่ง	2.96	B
ขมิ้น	7.28	C

ตารางผนวกที่ ข43 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC^* ของผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dC^* $	Duncan's group
pH4	0.08	A
pH7	3.95	B
pH10	11.47	C

ตารางผนวกที่ ข44 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC^* ของผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dC^* $	Duncan's group
pH4	0.38	A
pH7	1.70	B
pH10	8.67	C

ตารางผนวกที่ ข45 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	0.98	A
pH7	1.02	B
pH10	8.91	C

ตารางผนวกที่ ข46 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	1.24	A
pH7	9.36	B
pH10	22.85	C

ตารางผนวกที่ ข47 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	1.59	C
pH7	3.33	A
pH10	2.68	B

ตารางผนวกที่ ข48 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	1.98	A
pH7	1.71	B
pH10	9.26	C

ตารางผนวกที่ ข49 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	3.80	A
pH7	13.45	B
pH10	27.81	C

ตารางผนวกที่ ข50 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	0.16	B
pH7	0.49	A
pH10	0.42	A

ตารางผนวกที่ ข51 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าไหมย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	0.02	A
pH7	0.31	A
pH10	8.55	B

ตารางผนวกที่ ข52 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dC* ของผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย dC*	Duncan's group
pH4	1.32	A
pH7	5.26	B
pH10	17.89	C

ตารางผนวกที่ ข53 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าที่ข้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
คราม	1.36	A
ครั้ง	2.39	C
ขมิ้น	0.82	B

ตารางผนวกที่ ข54 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
pH4	0.82	C
pH7	0.45	B
pH10	1.07	A

ตารางผนวกที่ ข55 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
คราม	1.56	A
ครั้ง	4.49	C
ขมิ้น	1.17	B

ตารางผนวกที่ ข56 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าไหมที่ข้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
คราม	1.16	A
ครั้ง	0.30	C
ขมิ้น	0.46	B

ตารางผนวกที่ ข57 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าข้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
pH4	4.69	A
pH7	3.61	A
pH10	1.12	B

ตารางผนวกที่ ข58 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าข้อมขมื่นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
pH4	1.67	A
pH7	0.41	B
pH10	0.37	B

ตารางผนวกที่ ข59 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าฝ้ายข้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
pH4	0.56	B
pH7	2.07	A
pH10	2.05	A

ตารางผนวกที่ ข60 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าฝ้ายข้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group
pH4	6.31	C
pH7	5.43	B
pH10	1.71	A

ตารางผนวกที่ ข61 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group	
pH4	1.54	A	
pH7	0.69	B	
pH10	1.27	A	B

ตารางผนวกที่ ข62 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group	
pH4	0.51	C	
pH7	1.61	A	
pH10	1.36	B	

ตารางผนวกที่ ข63 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าไหมย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group	
pH4	3.06	B	
pH7	1.80	B	
pH10	3.96	A	

ตารางผนวกที่ ข64 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dH^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dH^* $	Duncan's group	
pH4	1.81	A	
pH7	0.13	B	
pH10	0.52	C	

ตารางผนวกที่ ข65 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าที่ข้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
คราม	2.37	C
ครั้ง	14.84	A
ขมิ้น	12.06	B

ตารางผนวกที่ ข66 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าที่ซักในน้ำซักที่มีค่าpH ต่างกัน

ค่าpH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	3.38	C
pH7	8.93	B
pH10	16.95	A

ตารางผนวกที่ ข67 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
คราม	3.38	C
ครั้ง	16.81	A
ขมิ้น	15.33	B

ตารางผนวกที่ ข68 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าไหมที่ข้อมด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดของวัสดุที่ใช้ข้อม	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
คราม	1.37	C
ครั้ง	12.87	A
ขมิ้น	8.79	B

ตารางผนวกที่ ข69 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าฝ้ายที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	4.49	C
pH7	11.75	B
pH10	19.27	A

ตารางผนวกที่ ข70 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าไหมที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	2.28	C
pH7	6.12	B
pH10	14.64	A

ตารางผนวกที่ ข71 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	4.98	C
pH7	14.23	B
pH10	25.31	A

ตารางผนวกที่ ข72 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	3.52	C
pH7	9.66	B
pH10	23.01	A

ตารางผนวกที่ ข73 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าฝ้ายย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	2.47	B
pH7	4.09	A
pH10	3.56	A

ตารางผนวกที่ ข74 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าฝ้ายย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	6.79	C
pH7	17.36	B
pH10	26.27	A

ตารางผนวกที่ ข75 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าฝ้ายย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	4.22	C
pH7	13.80	B
pH10	27.97	A

ตารางผนวกที่ ข76 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าไหมย้อมครามที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	0.83	B
pH7	1.73	A
pH10	1.53	A

ตารางผนวกที่ ข77 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าไหมย้อมครั้งที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	3.18	C
pH7	11.10	B
pH10	24.34	A

ตารางผนวกที่ ข78 ผลการจัดกลุ่มความแตกต่างของค่า dE^* ของผ้าไหมย้อมขมิ้นที่ซักในน้ำซักที่มีค่า pH ต่างกัน

ค่า pH ของน้ำซัก	ค่าเฉลี่ย $ dE^* $	Duncan's group
pH4	2.81	C
pH7	5.52	B
pH10	18.05	A