เอกสารวิทยาเขตฯ
ห้ามนำออกจากห้องสมุด
ใช้เฉพาะ ชั้น 5 เท่านั้น

ผลของโลหะไอออนในน้ำต่อกระบวนการฟอกผ้าฝ้ายถัก

Effects of Metal Ion in Water to Bleaching Process of Cotton Knitted Fabric

ขนิษฐา เจริญลาภ

RMUTK - CARIT
3 2000 00095501 5

สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
กันยายน 2550
(งบประมาณเงินผลประโยชน์ ประจำปี 2550)

ACM
667.1
ข153ผ

ผลของโลหะไอออนในน้ำต่อกระบวนการฟอกผ้าฝ้ายถัก

Effects of Metal Ion in Water to Bleaching Process of Cotton Knitted Fabric

ขนิษฐา เจริญลาภ

RMUTK - CARIT

3 2000 00095501 5

สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กันยายน 2550

(งบประมาณเงินผลประโยชน์ ประจำปี 2550)

667.1
ข153ผ
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 0900
วันเดือนปี 15/11/53

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องผลของโลหะในน้ำต่อกระบวนการฟอกผ้าฝ้ายถัก สำเร็จลุล่วงด้วยดีจนสมบูรณ์ โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากเงินอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินผลประโยชน์ปี 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ขอขอบพระคุณอาจารย์จิราภรณ์ สัพทานนท์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.งามทิพย์ วิมลเกษม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ อนันต์วราพงษ์ ให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนนางสาวพรรนิภา แซ่อึ้ง นางสาวน้ำเพชร จิรนิล นายปฐมพงษ์ วงศ์ศรีสังข์ และนายณรงค์ชัย เชิงเร็ว นักศึกษาสาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่ได้มีส่วนร่วมเป็นผู้ช่วยในการดำเนินการทดลอง

ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของงานวิจัยนี้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของโลหะในน้ำต่อกระบวนการฟอกผ้าฝ้ายถัก ทดลองโดยฟอกผ้าฝ้ายถักด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในน้ำที่มีปริมาณ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง แคลเซียม และแมกนีเซียม ต่าง ๆ กัน วัดระดับความขาวของผ้าด้วยเครื่องวัดสี ผลการทดลองพบว่า แคลเซียม และแมกนีเซียมมีแนวโน้มทำให้ผ้ามีความขาวมากขึ้น ส่วนเหล็ก แมงกานีส ทองแดง ทำให้ผ้ามีความขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำผ้าไปย้อม พบว่า ปริมาณโลหะในน้ำฟอกมากขึ้น ทำให้ผ้าย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง และชนิดของโลหะในน้ำฟอกที่แตกต่างกัน ทำให้ผ้าย้อมมีความสว่าง และเฉดสี แตกต่างกัน เมื่อเทียบกับการย้อมผ้าที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน โดยในการฟอกผ้าฝ้ายถักด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ปริมาณแคลเซียมไม่ควรมากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียมไม่ควรมากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เหล็กไม่ควรมากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีส และทองแดงไม่ควรมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

Abstract

The purpose of this research is to study effects of metal in water on cotton bleaching process and the pretreatment efficiency. The experiment was done by bleaching knitting cotton with H_2O_2 in water with variables concentrated of Ca, Mg, Fe, Mn, and Cu for six times. Then the knitting cotton was measured by reflectance spectrophotometer to find the level of its whiteness. The results reveal that Ca and Mg tend to increase the whiteness at the optimum level. However Fe, Mn, and Cu can decrease the whiteness at statistically significant level. Then the bleached fabric was treated with reactive dye with the result that metal in water reduces the color yield of the dyed fabric. The types of metal reflects the brightness and the shade of color differently. From the results, it can be concluded that the quality of water for cotton bleaching depends on the amount of metal such as Ca, Mg, Fe, Mn and Cu should not be higher than 30, 20, 1.0, 0.1 and 0.1 respectively.

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		i
บทคัดย่อภาษาไทย		ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		iii
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1	ที่มาและความสำคัญของประเด็นปัญหาการวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3	ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5	สมมติฐานการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง		3
2.1	ภาพรวมของอุตสาหกรรมสิ่งทอ	3
2.2	อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ	5
2.3	ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการทางสิ่งทอ	10
2.4	คุณภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม	11
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย		20
3.1	อุปกรณ์และเครื่องมือ	20
3.2	สารเคมี	20
3.3	วิธีการดำเนินงาน	21
3.4	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	23
3.5	สถานที่ทดลอง	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง		25
4.1	ปริมาณโลหะในผ้าฝ้ายถัก	25
4.2	ผลของโลหะในน้ำต่อค่าความขาวของผ้าฝ้ายถัก	26
4.3	ผลของโลหะในน้ำต่อประสิทธิภาพการฟอก	32

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง		40
5.1	ชนิดและปริมาณโลหะในผ้าฝ้ายถัก	40
5.2	ผลของโลหะในน้ำต่อค่าความขาวของผ้าฝ้ายถัก	40
5.3	ผลของโลหะในน้ำต่อประสิทธิภาพการฟอก	41
5.4	ปริมาณของโลหะในน้ำที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการฟอกขาว	42
5.5	ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการเตรียมสิ่งทอ	42
5.6	ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง		43
ภาคผนวก ก		45
ภาคผนวก ข		49
ภาคผนวก ค		53

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.3.1 ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการฟอกย้อมพิมพ์ผ้าฝ้าย 10

ตารางที่ 2.3.2 ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการฟอกย้อมพิมพ์ผ้าใยสังเคราะห์ 11

ตารางที่ 2.4.1 ไอออนประจุบวกและไอออนประจุลบที่ทำให้เกิดความกระด้างในน้ำ 14

ตารางที่ 2.4.2 ระดับความกระด้างของน้ำตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 14

ตารางที่ 2.4.3 ผลของความกระด้างของน้ำต่อกระบวนการทางเคมีสิ่งทอ 16

ตารางที่ 2.4.4 คุณภาพน้ำใช้ในกระบวนการทางสิ่งทอ 17

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 20

ตารางที่ 4.1.1 ชนิดและปริมาณของโลหะในผ้าฝ้าย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) 25

ตารางที่ 4.2.1 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่างกัน 26

ตารางที่ 4.2.2 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน 27

ตารางที่ 4.2.3 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน 28

ตารางที่ 4.2.4 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน 30

ตารางที่ 4.2.5 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน 31

ตารางที่ 4.3.1 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแคลเซียมต่างกัน 33

ตารางที่ 4.3.2 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมกเซียมต่างกัน 34

ตารางที่ 4.3.3 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณเหล็กต่างกัน 35

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.3.4 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมงกานีสต่างกัน 37

ตารางที่ 4.3.5 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณทองแดงต่างกัน 38

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ	4
รูปที่ 2.2	กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม	5
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการเตรียมสารในการฟอก	24
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนการฟอกผ้า	24
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนการย้อมผ้า	24
รูปที่ 4.2.1	ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่างกัน	26
รูปที่ 4.2.2	ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน	27
รูปที่ 4.2.3	ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน	28
รูปที่ 4.2.4	ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน	29
รูปที่ 4.2.5	ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน	31
รูปที่ 4.3.1	ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแคลเซียมต่างกัน	32
รูปที่ 4.3.2	ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน	34
รูปที่ 4.3.3	ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณเหล็กต่างกัน	35
รูปที่ 4.3.4	ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมงกานีสต่างกัน	36
รูปที่ 4.3.5	ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณทองแดงต่างกัน	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของประเด็นปัญหาการวิจัย

กระบวนการเตรียมสิ่งทอเป็นกระบวนการผลิตที่ต้องใช้น้ำมาก และน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการใช้งานควรเป็นน้ำอ่อน ใส มีปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำ ปราศจากการปนเปื้อนของโลหะไอออนในน้ำ(N. Manivasakam., 1995: 13) โดยเฉพาะเกลือของเหล็ก จะเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้สลายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ผ้าเปื่อย ขาดเป็นรู หรือไม่ขาวเท่าที่ควร ส่วนน้ำกระด้างซึ่งมีไอออนของโลหะแคลเซียม หรือ แมกนีเซียม เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผ้าอาจทำให้เกิดคราบขาวของแคลเซียม หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต เกาะติดผ้า ทำให้ผ้าไม่ดูดซึมน้ำ การดูดซึมเคมีต่าง ๆ ของผ้าจึงไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำผ้าไปย้อมทำให้ย้อมสีได้ไม่สม่ำเสมอ และย้อมไม่ได้เฉดสีที่ต้องการในครั้งแรก(J. Shore., 1995: 90 – 91) คุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญต่อกระบวนการเตรียมสิ่งทอ เพราะสิ่งทอที่ผ่านกระบวนการเตรียมอย่างดี จะมีความพร้อมที่จะรับสีย้อม เมื่อถูกย้อมด้วยวิธีที่ถูกต้องเหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของโลหะไอออนในน้ำที่มีต่อกระบวนการฟอกขาว เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพน้ำใช้ในกระบวนการฟอกขาว ทำให้ผ้าที่ผ่านการฟอกขาว มีความขาวในระดับคงที่และสม่ำเสมอ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

(1) ศึกษาชนิด และปริมาณของโลหะในผ้าฝ้ายถัก

(2) ศึกษาผลของโลหะในน้ำ ต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก

(3) ศึกษาปริมาณของโลหะที่เหมาะสมในน้ำสำหรับกระบวนการฟอกผ้าฝ้ายถัก

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

(1) ชนิดของโลหะ ได้แก่ แคลเซียม(Ca) แมกนีเซียม(Mg) ทองแดง(Cu) เหล็ก(Fe) และแมงกานีส(Mn)

(2) ผลของโลหะต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก ทดสอบพารามิเตอร์ดังนี้

- ค่าความขาว
- ผลต่อการย้อมผ้าด้วยสีรีแอคทีฟ Sumifix HF Blue 2R Gran

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการฟอกผ้าฝ้ายถัก

(2) ผ้าที่ฟอกแล้ว มีการดูดติดสีย้อม และสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ย้อมได้เฉดสีที่ต้องการในครั้งแรก(right first time)

1.5 สมมติฐานการวิจัย

ปริมาณโลหะไอออนในน้ำ และประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถักมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม

บทที่ 2

เอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาพรวมของอุตสาหกรรมสิ่งทอ

อุตสาหกรรมสิ่งทอหมายถึงกระบวนการเปลี่ยนเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยประดิษฐ์ หรือเส้นใยสังเคราะห์ ไปเป็นเส้นด้าย ผืนผ้า และเสื้อผ้าสำเร็จรูป เคหะสิ่งทอ ฯลฯ ประกอบด้วยอุตสาหกรรมย่อยหลายอุตสาหกรรมด้วยกัน คือ อุตสาหกรรมเส้นใย ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ (upstream) อุตสาหกรรมปั่นด้าย อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า และอุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ เป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำ(midstream) และอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ(downstream) โดยทุกอุตสาหกรรมย่อยเหล่านี้ มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันทั้งระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

(1) **อุตสาหกรรมเส้นใย** แบ่งประเภทของเส้นใยเป็น 2 ลักษณะคือ

- เส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยฝ้าย เส้นใยไหม ลินิน ป่าน ปอ เป็นต้น
- เส้นใยสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นใยพอลิเอสเทอร์ เส้นใยไนลอน เส้นใยอะคริลิก และเส้นใยเรยอน

(2) **อุตสาหกรรมปั่นด้าย** เป็นอุตสาหกรรมที่นำเส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์มาตีเกลียวหรือปั่นให้เป็นเส้นด้าย แบ่งเป็น

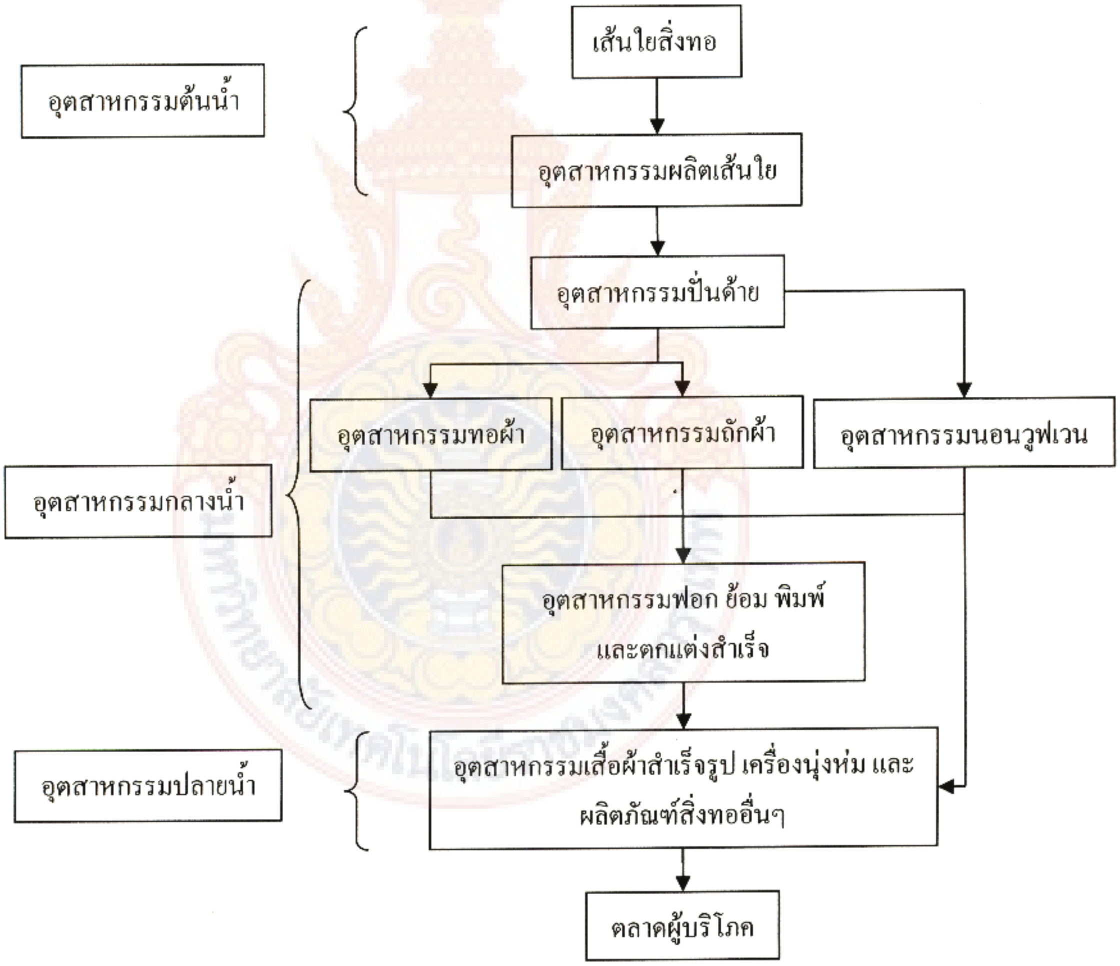
- เส้นด้ายปั่น(spun yarn) ได้จากเส้นใยสั้น(staple fiber)
- เส้นด้ายใยยาว(filament yarn) ได้จากเส้นใยยาว(filament)
- เส้นด้ายเทกซ์เจอร์(textured yarn) ได้จากการนำเส้นใยยาวมาตกแต่งสมบัติต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่นให้มีความนุ่มนวล น่าสัมผัส และดูดซับน้ำดีขึ้น

(3) **อุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า** เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมปั่นด้าย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมทอผ้าและถักผ้า ได้แก่

- ผ้าทอ ประกอบด้วยผ้าทอจากใยฝ้าย ใยสังเคราะห์ และใยผสม
- ผ้าถัก ประกอบด้วยผ้าถักจากใยฝ้าย ใยสังเคราะห์ และใยผสม

(4) อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จ เป็นอุตสาหกรรมขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตผ้าก่อนออกสู่ผู้บริโภค หรือโรงงานผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยเพิ่มคุณค่าให้ผ้าผืนในด้านความสวยงาม น่าใช้ สวมใส่สบาย และเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในกิจกรรมต่างๆ เป็นอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างมาก แต่มักมีปัญหาในส่วนของการบริหารจัดการน้ำ ทั้งในส่วนของน้ำใช้ และการปล่อยน้ำเสีย

(5) อุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของระบบโครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม ได้แก่ เสื้อผ้าสำเร็จรูปจากการทอ และเสื้อผ้าสำเร็จรูปจากการถัก

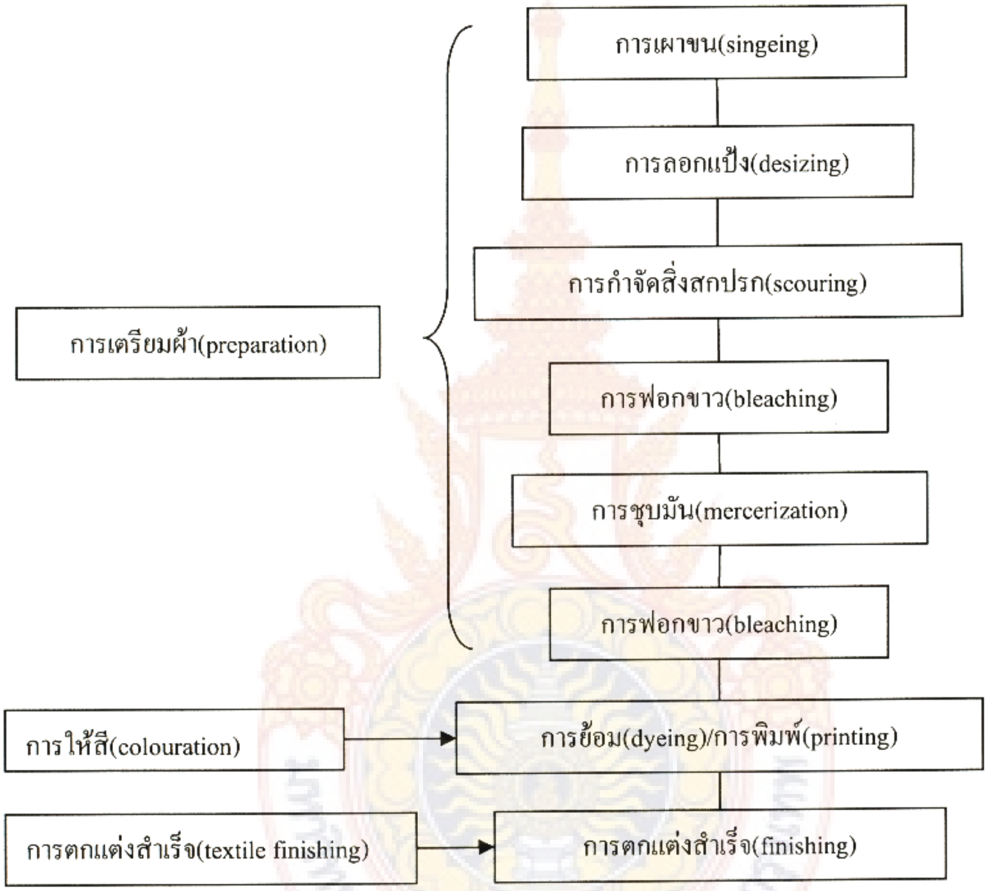


รูปที่ 2.1 โครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ

ที่มา : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2547: 2.

2.2 อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ

การฟอกย้อม เป็นกระบวนการทางเคมีที่อาศัยการปรับเปลี่ยนสมบัติของเส้นใย โดยใช้สารเคมี และสีย้อมที่เหมาะสม อาศัยน้ำเป็นตัวกลาง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การเตรียมผ้า การย้อมผ้า และการตกแต่งสำเร็จ



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542.

2.2.1 การเตรียมสิ่งทอ(preparation process)

กระบวนการเตรียมสิ่งทอ เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เป็นการนำด้าย หรือผ้าดิบที่ออกจากโรงปั่นหรือโรงทอ มาผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเตรียมด้าย หรือผ้าให้อยู่ในสภาพที่นำไปให้สี หรือตกแต่งสำเร็จได้เป็นอย่างดี มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

(1) กำจัดสิ่งสกปรกเจือปนในเส้นใย ทำให้เส้นใยมีความขาวสะอาด และมีการดูดติดสีย้อม และสารเคมีต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ

(2) ทำให้เส้นใยมีการดูดซึมน้ำ สี และสารเคมีได้ดี ส่งผลให้กระบวนการย้อม พิมพ์ และตกแต่งสิ่งทอ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การเตรียมสิ่งทอประกอบด้วยการทำให้ผ้าเรียบ(singeing) โดยการเผาขน การลอกแป้ง (desizing) การล้างผ้า(scour) การฟอกขาว(bleach) และการชุบมัน(mercerize)

(1) การเผาขน(singeing) (กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2538: 3 – 4)

เส้นด้ายที่ปั่นจากใยสั้นที่เรียกว่าเส้นด้ายสปัน มักมีปลายใยโผล่ขึ้นมาเหนือพื้นผิวของเส้นด้ายเป็นจำนวนมาก และเมื่อเส้นด้ายถูกนำไปทอเป็นผืนผ้า ปลายเส้นใยที่โผล่ขึ้นเหนือผิวเส้นด้าย ก็จะมีมากขึ้น เนื่องจากการเสียดสีระหว่างการทอ ปลายเส้นใยที่โผล่ผิวด้ายนี้ ทำให้พื้นผิวผ้าดูไม่เรียบ จึงมีการกำจัดปลายเส้นใยดังกล่าวด้วยการเผาขนโดยให้ผ้าเคลื่อนที่ผ่านเปลวไฟ เป็นการทำให้ผ้ามีพื้นผิวดูเรียบ และมีความเงามันดีขึ้น

(2) การลอกแป้ง(desizing) (กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2538: 4 – 5)

ในการทอผ้า เส้นด้ายยืนจะถูกดึง และเสียดสีอยู่ตลอดเวลา ทำให้เส้นด้ายมีโอกาสขาดได้ง่าย เพื่อเป็นการลดปัญหาดังกล่าว และทำให้การทอดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนการทอผ้าจึงนำเส้นด้ายยืนไปลงแป้ง โดยแป้งจะเคลือบอยู่โดยรอบของพื้นผิวเส้นด้าย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและต้านทานแรงเสียดสีให้กับเส้นด้าย ป้องกันการขาดของด้ายในระหว่างการทอ สารลงแป้งนอกจากมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งอาจเป็นแป้งธรรมชาติ หรือแป้งสังเคราะห์ แล้วยังมีส่วนผสมของสารขี้ผึ้ง และน้ำมันหล่อลื่น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารลงแป้ง ปริมาณสารลงแป้งที่ใช้อาจสูงถึงร้อยละ 10 - 20 ของน้ำหนักเส้นด้ายยืน ในการลงแป้ง สารลงแป้งจะซึมเข้าไปตามช่องว่างระหว่างเส้นใยภายในเส้นด้าย และเคลือบอยู่บนพื้นผิวโดยรอบเส้นด้ายเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ มีผลต่อสมบัติการดูดซึมน้ำ และสารเคมีของเส้นใย ซึ่งเป็นอุปสรรคในการตกแต่งผ้า ทำให้ผ้ามีสัมผัสที่แข็งกระด้าง นอกจากนี้ ในบางกรณีการย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ พบว่าการมีแป้งหลงเหลืออยู่บนผ้า ทำให้ผ้ามีการดูดติดสีย้อมเพิ่มขึ้น โดยที่สีบางส่วนติดอยู่ที่แป้ง เนื่องจากสีรีแอคทีฟสามารถทำปฏิกิริยาเคมีผนึกติดกับแป้งได้ ทำให้ผ้าที่ได้มีความคงทนของสีอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะความคงทนต่อการขัดถู และต่อการซัก ดังนั้นก่อนการฟอกย้อม จำเป็นต้องมีการกำจัดแป้งออกจากเส้นด้ายยืนก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อให้เส้นด้ายมีการดูดซึมน้ำดี มีสัมผัสนุ่ม สามารถดูดซึมสีย้อมและสารเคมีต่างๆ ได้ดีและสม่ำเสมอ

(3) การกำจัดสิ่งสกปรก(scouring) (กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2538: 5)

การกำจัดสิ่งสกปรกเป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับวัสดุสิ่งทอทุกประเภท เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่องค์ประกอบของเส้นใย ได้แก่ ไขมัน ขี้ผึ้ง น้ำมัน และสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออกจากวัสดุสิ่งทอ โดยไม่ทำให้สมบัติของเส้นใยเปลี่ยนแปลง แต่ทำให้เส้นใยสามารถดูดซึมสีย้อม หรือสารตกแต่งได้ดีขึ้น และมีความสม่ำเสมอ โดยทำปฏิกิริยาด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ หรือสารละลายด่าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารลดแรงตึงผิว ขึ้นกับชนิดของเส้นใยที่ต้องการทำความสะอาด

(4) การฟอกขาว(bleach) (กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2538: 6 – 7)

การฟอกขาว เป็นการกำจัดสีที่มีในเส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยประดิษฐ์ โดยใช้ปฏิกิริยาเคมี เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น - รีดักชั่น เมื่อผ่านกระบวนการฟอกขาวแล้ว วัสดุสิ่งทอจะมีความขาว (whiteness) เพิ่มขึ้น ซึ่งจำเป็นสำหรับผ้าที่นำไปทำเป็นผ้าขาว และผ้าสีอ่อน(pale shade) เพื่อให้ได้ความขาวหรือได้สีที่สดใส สำหรับผ้าที่นำไปย้อมสีเข้ม เส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งค่อนข้างสะอาด และขาวอยู่แล้วไม่จำเป็นต้องฟอกขาวก็ได้ กระบวนการนี้นอกจากทำให้ผ้าขาวขึ้นแล้ว ยังช่วยกำจัดสิ่งสกปรกที่เป็นจุดด่างบนผ้าด้วย สารเคมีที่ใช้ในการฟอกขาวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่สารออกซิไดซ์ และสารรีดิวส์ ซึ่งมักใช้สารออกซิไดซ์มากกว่าสารรีดิวส์ เพราะได้ผ้าที่มีความขาวถาวรมากกว่าการฟอกด้วยสารรีดิวส์

- สารออกซิไดซ์ ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(H_2O_2) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) โซเดียมคลอไรต์($NaClO_2$)
- สารรีดิวส์ได้แก่ โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์($Na_2S_2O_4$) โซเดียมฟอร์มาลดีไฮด์ซัลฟอกซิเลต($HCHOHSO_2Na.2H_2O$) โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์($Na_2S_2O_5$) การฟอกขาวด้วยสารกลุ่มนี้ได้ความขาวที่ไม่ถาวร(temporary white)

การฟอกขาวด้วยสารออกซิไดซ์ มีผลทำให้ความเหนียวของเส้นใยลดลง ดังนั้นจึงต้องควบคุมภาวะการฟอกให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผ้าที่ขาวตามต้องการ และความเหนียวของเส้นใยลดลงน้อยที่สุด

(4.1) การฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(J. Shore., 1995: 89)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ ลักษณะเป็นของเหลวใส มีความคงตัวสูงในสภาพกรด และแตกตัวได้สารที่เรียกว่า แอคทีฟออกซิเจน(active oxygen) ซึ่งสามารถทำลายสีได้ ด่างเป็นตัวเร่งให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวเร็วขึ้น ในขณะเดียวกันไอออนของ

โลหะก็เป็นตัวเร่งให้เกิดการสลายตัวเช่นกัน ในการฟอกต้องควบคุมสภาพด่างที่พีเอชประมาณ 11.5 และมีสารชะลอการสลายตัว(peroxide stabilizer) ได้แก่ โซเดียมซิลิเกต สารประกอบฟอสเฟต ทำหน้าที่ควบคุมการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้พอเหมาะกับการฟอก และให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่นิยมใช้คือร้อยละ 35 และ 50

(4.2) การฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (J. Shore., 1995: 88 - 89)

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงมาก และเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ฟอกได้ที่อุณหภูมิห้อง ไฮโปคลอไรต์จะให้ผลการฟอกที่ดีในช่วงพีเอช 11 – 12 ข้อจำกัดของสารฟอกขาวประเภทนี้ คือไม่เหมาะกับการฟอกเส้นใยโปรตีน หรือเส้นใยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เพราะทำให้เส้นใยเป็นสีเหลืองและเปื่อยได้

(4.3) การฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรต์(J. Shore., 1995: 88 - 89)

โซเดียมคลอไรต์ที่ใช้ในการฟอกขาวมี 2 ลักษณะ คือเป็นสารละลายและเป็นของแข็ง การฟอกที่ดีจะอยู่ในสภาพกรด ช่วงพีเอชประมาณ 3 – 4 ถ้าต่ำกว่า 3 จะเกิดก๊าซพิษ มีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะ ต้องใช้สารยับยั้งการกัดกร่อน คือ เกลือฟอสเฟต หรือเกลือไนเทรต ข้อดีของการฟอกขาวด้วยโซเดียมคลอไรต์ คือให้ความขาวมาก และทำลายเส้นใยน้อย สามารถฟอกเส้นใยสังเคราะห์ได้ดี เช่น เส้นใยพอลิเอสเทอร์ พอลิเอไมด์ และอะคริลิก

การประเมินผลการฟอกขาว

การฟอกขาวที่สมบูรณ์ ต้องให้ผลดังนี้

- ได้ผ้าที่มีความขาวอย่างสม่ำเสมอ และถาวร ผ้าไม่กลับเป็นสีเหลืองเมื่อเก็บไว้นาน
- ผ้าที่ฟอกแล้ว ต้องมีการดูดซึมสีย้อม และสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ
- ไม่ทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลง

หลังการฟอกขาวผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ควรตรวจสอบประเมินผลด้านต่าง ๆ ดังนี้

- ความขาวของผ้า(whiteness) (J. Shore, 1995: 142 – 143)

  การฟอกขาวเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกที่ตกค้างบนผ้าให้หมดไป สิ่งสกปรกบนผ้าส่วนใหญ่มีสมบัติในการดูดซับแสงสีน้ำเงิน ดังนั้นการวัดปริมาณแสงสีน้ำเงินที่สะท้อนจากผ้า สามารถใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพในการฟอกขาวได้ สาเหตุความขาวของผ้าได้จากการสะท้อนแสงสีเขียว และจากการที่ไม่มีสีเหลืองบนผ้า ซึ่งเป็น

ตัวดูดซับแสงสีน้ำเงิน ดังนั้นการประเมินสมบัติความขาว จึงใช้ปริมาณการสะท้อนแสงสีน้ำเงิน และแสงสีเขียวมาใช้ประกอบในการคำนวณ ค่าความขาวปัจจุบันใช้เครื่องวัดสีประเภท reflectance spectrophotometer ซึ่งสามารถวัดค่าความขาวได้อัตโนมัติ โดยผ้าฝ้ายทอ ที่ผ่านการฟอก จะสะท้อนแสงที่ 460 นาโนเมตร ประมาณร้อยละ 55 และค่าการสะท้อนแสงจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 83 – 85 ในผ้าที่ผ่านการฟอกอย่างสมบูรณ์ ซึ่งโดยทั่วไปช่วงค่าการสะท้อนแสงที่ยอมรับสำหรับการฟอกขาว โดยทั่วไปอยู่ที่ร้อยละ 78 – 82 (J. Shore, 1995:142 - 143)

- การดูดซึมน้ำ(water absorbency) ผ้าที่การฟอกแล้ว จะต้องมีการดูดซึมน้ำได้ดี โดยหยดน้ำที่ตกบนผ้าจะต้องซึมหายไปภายใน 5 วินาที
- ความเสียหายทางเคมี และทางกายภาพที่เกิดขึ้น ได้แก่ การขาดเป็นรูพรุน(pin hole) การที่ผ้าขาดเป็นรูพรุน มักมีสาเหตุจากการมีไอออนของโลหะหนักโดยเฉพาะไอออนของเหล็กอยู่ในน้ำ ไอออนของโลหะเหล่านี้สามารถเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้เกิดการออกซิไดซ์ทั้งสารมีสีในเส้นใย และโครงสร้างโมเลกุลของใยฝ้าย ทำให้ผ้าเปื่อยและขาดเป็นรู รวมถึงการสูญเสียความแข็งแรง
- สารเคมีตกค้าง ได้แก่ สารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

(5) **การชุบมัน(mercerize)**

การชุบมัน ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการสำหรับผ้าฝ้าย ทำให้ผ้าสามารถดูดซับน้ำ และสีย้อมได้ดีขึ้น มีความเงามัน และมีความแข็งแรงมากขึ้น ประเภทของการชุบมัน แบ่งตามสารเคมีที่ใช้เป็น 2 ประเภท คือ การชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว

2.2.2 การย้อมผ้า(dyeing process) และการพิมพ์ผ้า(printing process)

การให้สีวัสดุสิ่งทอในระบบอุตสาหกรรม ทำได้ 2 วิธี คือ การย้อม และการพิมพ์ หลักการย้อมคือ การใช้วิธีการที่เหมาะสมให้สารประกอบเคมีที่ละลาย หรือกระจาย อยู่ในสารละลาย (dispersion) ไปทำให้เกิดสีบนวัสดุ(substrates) ที่จะย้อม เช่นเส้นใย เส้นด้าย ผ้า และเสื้อผ้า การเกิดสีบนวัสดุที่จะย้อมไม่เพียงแต่เกิดบนผิวหน้าเท่านั้น แต่จะสามารถแทรกซึมเข้าไปภายในวัสดุอย่างสม่ำเสมอ จุดประสงค์หลักของการย้อมคือ ได้สีสม่ำเสมอ และมีความคงทนทั้งการใช้งาน และ

กระบวนการผลิตในขั้นต่อมา ส่วนการพิมพ์คือ การทำให้เกิดสีเป็นลวดลายตามที่ต้องการ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการย้อมเฉพาะแห่ง

2.2.3 การตกแต่งสำเร็จ(finishing process)

การตกแต่งสำเร็จเป็นกระบวนการสุดท้ายในกระบวนการฟอกย้อม และพิมพ์ผ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อ เพิ่มเติมสมบัติอื่น ๆ ให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ เช่นสมบัติการทนต่อการยับ ความนิ่ม และความสามารถในการทนไฟ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่วัสดุสิ่งทอที่ผ่านกระบวนการนี้แล้ว จะไม่นำกลับมาล้างทำความสะอาดอีก

2.3 ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการทางสิ่งทอ

กระบวนการทางสิ่งทอประกอบด้วยกระบวนการย่อยหลายกระบวนการ บางกระบวนการใช้น้ำในปริมาณน้อย เช่น การลงแป้งเส้นด้าย และบางกระบวนการใช้น้ำในปริมาณมาก เช่น การกำจัดแป้ง และไขมัน ซึ่งต้องการใช้น้ำในการซักล้างมากด้วย

ตารางที่ 2.3.1 ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการฟอกย้อมพิมพ์ผ้าฝ้าย

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณน้ำใช้(ลิตร/1000 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์)
การลงแป้ง(sizing)	500 - 8200
การลอกแป้ง(desizing)	2,500 – 21,000
การทำความสะอาด(scouring)	20,000 – 45,000
การฟอกขาว(bleaching)	2,500 – 25,000
การชุบมัน(mercerizing)	17,000 – 32,000
การย้อม(dyeing)	10,000 – 300,000
การพิมพ์(printing)	8,000 – 1,6000

ที่มา : N.Manivasakarn., 1995: 11.

หมายเหตุ: ปริมาณน้ำใช้แต่ละโรงงานแตกต่างกันขึ้นกับกระบวนการและกำลังการผลิต

ตารางที่ 2.3.2 ปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการฟอกย้อมพิมพ์ผ้าใยสังเคราะห์

ขั้นตอน	**ปริมาณน้ำใช้(ลิตร/1000 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์)**				
การผลิต	**เรยอน**	**แอซีเทต**	**ไนลอน**	**อะคริลิก**	**พอลิเอสเทอร์**
การทำความสะอาด (scouring)	17000-34000	25000-84000	50000-67000	50000-67000	25000-42000
การฟอกขาว (bleaching)	-	33000-50000	-	-	-
การย้อม (dyeing)	17000-34000	34000-50000	17000-34000	17000-34000	17000-34000
การตกแต่งสำเร็จ (finishing)	4000-12000	24000-40000	32000-48000	40000-56000	8000-12000

ที่มา : N.Manivasakarn., 1995: 11.

หมายเหตุ: ปริมาณน้ำใช้แต่ละโรงงานแตกต่างกันขึ้นกับกระบวนการและกำลังการผลิต

2.4 คุณภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม

คุณภาพน้ำใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท แตกต่างกันขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น การใช้น้ำผสมกับผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการบริโภค อาจใช้คุณภาพน้ำดื่มเป็นมาตรฐาน น้ำใช้ในการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบเป็นน้ำที่ผ่านการกรองทรายหรือฆ่าเชื้อโรค น้ำใช้ในการหล่อเย็นเป็นน้ำที่มีความกระด้างต่ำ น้ำใช้ในหม้อไอน้ำแรงสูง และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ต้องเป็นน้ำบริสุทธิ์ เป็นต้น ส่วนคุณภาพน้ำใช้ในกระบวนการทางเคมีสิ่งทอของแต่ละกระบวนการจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของเส้นใย กระบวนการ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่โดยทั่วไปต้องปราศจากคลอรีน หรือมีในปริมาณที่ต่ำมาก มีปริมาณโลหะโดยเฉพาะเหล็ก และทองแดง เกลือในรูปของคลอไรด์ และซัลเฟต ควรมีในปริมาณที่ต่ำมาก ส่วนความเป็นด่าง พีเอช และสีของน้ำ ขึ้นกับชนิดของเส้นใย(Smith, 2003)

2.4.1 โลหะในน้ำ

โลหะที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำควรมีในปริมาณที่ต่ำมาก เช่น เหล็ก(Fe) 0.1 – 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีส(Mn) 0.05 – 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียม(Mg) 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม(Ca) 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร รวมถึงโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดรอย

เปื้อนบนวัสดุ โดยเหล็ก และทองแดงเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการฟอกขาวเกินปกติ เกิดการทำลายเส้นใย และไฮดรอกไซด์ของเหล็ก และแมงกานีส เมื่อรวมตัวกับกรดไขมัน ทำให้เกิดเป็นสบู่ที่ติดแน่นกับผ้ากำจัดออกยาก ส่วนในกระบวนการย้อม เหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา(catalyst) ทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลง หรือสีอาจเปลี่ยนเป็นสีสนิม ในการย้อมสีเบสิกทำให้สีมืดได้ (N. Manivasakam., 1995: 21 - 30) ในน้ำส่วนใหญ่มีเหล็กมากกว่าแมงกานีส แต่เหล็กสามารถกำจัดออกไปได้ง่ายกว่า ด้วยการให้อากาศ(aeration) การตกตะกอน(precipitation) การกรอง(filtration) หรือโดยการแลกเปลี่ยนไอออน(ion exchange)

(1) เหล็ก และแมงกานีส(iron and manganese)

ปกติเหล็กในแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน(น้ำบาดาล) อยู่ในสภาพของเกลือเฟอร์รัส (Fe^{2+}) หรือ สารอินทรีย์เชิงซ้อน ในน้ำบาดาล เหล็กอยู่ในรูปของเฟอร์รัสไบคาร์บอเนต($Fe(HCO_3)_2$) และเฟอร์รัสคลอไรด์($FeCl_2$) ปริมาณเฟอร์รัสไอออนในน้ำบาดาลถูกกำหนดด้วยการละลายของเฟอร์รัสคาร์บอเนต ถ้าพีเอชอยู่ระหว่าง 6 – 8 และมีไบคาร์บอเนตอยู่ด้วย พบว่ามีเฟอร์รัสไอออน 1 - 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าพีเอชของน้ำบาดาลต่ำกว่า 3 เหล็กจะอยู่ในสภาพของเฟอร์ริก(Fe^{3+}) นอกจากนี้เหล็กยังเกิดจากสนิมเหล็กในท่อ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีสนิม และเกิดจากการเติบโตของแบคทีเรีย

สำหรับแมงกานีสไม่พบมากเหมือนเหล็ก ในน้ำบาดาลปกติมีอยู่น้อย หรือไม่มีเลย ถ้ามีจะอยู่ในรูปของ Mn^{2+} ที่เป็นเกลือของโลหะ หรือเป็นสารเชิงซ้อนที่ละลายอยู่ในน้ำ แต่ส่วนมากอยู่ในรูปคาร์บอเนต แมงกานีสในน้ำส่วนใหญ่มาจากชั้นหินชั้น หรือหินแปร ซึ่งพบในรูปของแมงกานีสออกไซด์ คาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์เมื่อมีสภาพรีดิวซ์เกิดขึ้น

เหล็ก และแมงกานีสในรูปที่ไม่ละลาย จะเปลี่ยนจากสภาพที่ไม่ละลายเป็นสภาพที่ละลายโดยมีวาเลนซีเท่ากับสอง การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เพราะสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในดินเน่าสลายจึงต้องการออกซิเจน และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดสภาพรีดิวซ์ เมื่อน้ำซึมผ่านดิน คาร์บอนไดออกไซด์จะละลายน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิกทำให้พีเอชลดลง ซึ่งช่วยเสริมสภาพรีดิวซ์ ถ้าน้ำไม่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศ เหล็ก และแมงกานีสจะอยู่ในสภาพสารละลาย ดังสมการที่ 2.1 – 2.2

$$FeCO_3 + CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{ไร้อากาศ}} Fe(HCO_3)_2 \quad (2.1)$$

ไร้อากาศ

$$MnCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Mn(HCO_3)_2 \qquad (2.2)$$

น้ำบาดาล เมื่อสูบขึ้นมาใช้ สัมผัสกับอากาศ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น แสดงในสมการที่ 2.3 – 2.6

$$4Fe(HCO_3)_2 + 2O_2 + H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3 + 8CO_2 \qquad (2.3)$$

$$2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O \qquad (2.4)$$

$$Mn(HCO_3)_2 \longrightarrow Mn_2^{+} + 2HCO_3^{-} \qquad (2.5)$$

$$Mn_2^{+} + 1/2O_2 + H_2O \longrightarrow MnO_2 + 2H^{+} \qquad (2.6)$$

ตะกอนของ $Fe(OH)_3$, Fe_2O_3 มีสีแดงแบบสนิมเหล็ก ส่วน MnO_2 มีลักษณะเป็นตะกอนผงละเอียดสีดำ

(2) แคลเซียม(calcium)

แคลเซียมเป็นสาเหตุของความกระด้าง และการเกิดตะกรันในที่ต่าง ๆ ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในน้ำประปาคือ 75.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (มั่นสิน, 2538: 81)

(3) แมกนีเซียม(magnesium)

แมกนีเซียมเป็นธาตุคู่กับแคลเซียม เป็นต้นเหตุของความกระด้าง และตะกรัน แมกนีเซียมทำให้น้ำมีรสไม่ชวนดื่ม ระดับสูงสุดของแมกนีเซียมในน้ำประปาคือ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อาจอนุญาตให้มีได้ถึง 150 มิลลิกรัมต่อลิตร(มั่นสิน, 2538: 81)

(4) ทองแดง(copper)

เกลือทองแดงที่ละลายอยู่ในน้ำ แม้จะมีจำนวนน้อย ก็สามารถชักนำให้ท่ออะลูมิเนียม และท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นสนิม และผุกร่อน น้ำประปาอาจได้รับทองแดงจากการผุกร่อน หรือละลายตัวของท่อทองแดง การใช้คอบเพอร์ซัลเฟต($CuSO_4$) ในการป้องกันสาหร่ายในแหล่งน้ำดิบ อาจทำให้ระดับทองแดงในน้ำดิบ และน้ำประปา มีปริมาณสูงขึ้นได้ น้ำประปา หรือน้ำดิบไม่ควรมีทองแดงสูงกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อาจอนุญาตให้มีได้ถึง 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร(มั่นสิน, 2538: 81)

2.4.2 ความกระด้างของน้ำ(water hardness)

ความกระด้างของน้ำเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่ตกตะกอนสบู่ เกิดจากธาตุที่มีประจุบวกสองขึ้นไปละลายเจือปนอยู่ในน้ำ ธาตุสำคัญที่ทำให้เกิดความกระด้างคือ แคลเซียม(Ca^{2+}) และ

แมกนีเซียม(Mg^{2+}) และอาจมีธาตุอื่น ๆ เช่น อะลูมิเนียม(Al^{3+}) เหล็ก(Fe^{2+}) แมงกานีส(Mn^{2+}) สตรอนเชียม(Sr^{2+}) และสังกะสี(Zn^{2+}) แต่เนื่องจาก แคลเซียม และแมกนีเซียม มีอยู่ในน้ำเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงให้คำจำกัดความของความกระด้างของน้ำเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต($CaCO_3$) อย่างไรก็ตาม ถ้าไอออนตัวอื่น ๆ ดังกล่าวข้างต้นมีอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมากก็ต้องคิดรวมด้วย

ตารางที่ 2.4.1 ไอออนประจุบวก และไอออนประจุลบที่ทำให้เกิดความกระด้างในน้ำ

ไอออนประจุบวก	ไอออนประจุลบ
Ca^{2+}	HCO_3^-
Mg^{2+}	SO_4^{2-}
Sr^{2+}	Cl^-
Fe^{2+}	NO_3^-
Mn^{2+}	SiO_3^-

ที่มา : C.N. Sawyer, P.L. Mccarty, and G.F. Perkin., 2003: 564.

น้ำจากแหล่งต่าง ๆ มีความกระด้างไม่เท่ากัน โดยน้ำใต้ดินมีความกระด้างสูงกว่าน้ำผิวดิน ในการแบ่งความกระด้างของน้ำ อาจยึดถือหลักตามตารางที่ 2.4.2

ตารางที่ 2.4.2 ระดับความกระด้างของน้ำตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต

ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต)	สภาพน้ำ
0 - 75	น้ำอ่อน
75 - 150	ค่อนข้างกระด้าง
150 - 300	กระด้าง
มากกว่า 300	กระด้างมาก

ที่มา : C.N. Sawyer, P.L. Mccarty, and G.F. Perkin., 2003: 564.

ความกระด้างของน้ำในธรรมชาติ เกิดจากน้ำฝนที่ตกผ่านชั้นบรรยากาศ ละลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนหนึ่งไว้ในน้ำ และเมื่อไหลผ่านชั้นดินซึ่งมีการเน่าสลายตัวของพืชสีเขียวที่เกิดจากแบคทีเรีย จะปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา และเมื่อแก๊สนี้ละลายในน้ำจะกลายเป็นกรดคาร์บอนิก(H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อนสลายตัวได้ง่าย

เมื่อน้ำซึมผ่านพื้นดินลงไป และผ่านชั้นหินที่ประกอบด้วย แคลเซียมคลอไรด์($CaCl_2$) แมกนีเซียมคลอไรด์($MgCl_2$) แมกนีเซียมซัลเฟต($MgSO_4$) ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ง่าย แคลเซียมซัลเฟต($CaSO_4$) ละลายน้ำได้บ้าง ส่วนแมกนีเซียม และแคลเซียมคาร์บอเนตละลายน้ำได้เล็กน้อย เมื่อน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ จะมีสมบัติที่ละลายหินปูน($CaCO_3$) และแมกนีเซียมคาร์บอเนต($MgCO_3$) เกิดเป็น แคลเซียมไบคาร์บอเนต($Ca(HCO_3)_2$) และ แมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($Mg(HCO_3)_2$) ไบคาร์บอเนตเหล่านี้เป็นสาเหตุหลักทำให้น้ำกระด้าง เพราะสารเหล่านี้ละลายน้ำได้ง่าย ความกระด้างในน้ำที่มีอยู่ทุกประเภทรวมเรียกว่า ความกระด้างทั้งหมด(total hardness) อาจแบ่งชนิดของความกระด้างตามไอออนที่มีอยู่ในน้ำเป็น 2 ประเภทดังนี้

(1) ความกระด้างแบ่งตามไอออนลบ

ความกระด้างคาร์บอเนต หรือความกระด้างชั่วคราว(carbonate or temporary hardness) ได้แก่ คาร์บอเนต(CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนต(HCO_3^-) ในน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุของความกระด้างโดยอยู่ในรูปของแคลเซียมไบคาร์บอเนต($Ca(HCO_3)_2$) แคลเซียมคาร์บอเนต($CaCO_3$) แมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($Mg(HCO_3)_2$) และแมกนีเซียมคาร์บอเนต($MgCO_3$) เหตุที่เป็นความกระด้างชั่วคราว เพราะเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 54.5 องศาเซลเซียส ความกระด้างจะสลายตัวได้ดังนี้

$$Ca(HCO_3)_2 + \text{ความร้อน} \longrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2 \quad (2.7)$$

$$Mg(HCO_3)_2 + \text{ความร้อน} \longrightarrow MgCO_3 + H_2O + CO_2 \quad (2.8)$$

$$MgCO_3 + H_2O + \text{ความร้อน} \longrightarrow Mg(OH)_2 + CO_2 \quad (2.9)$$

จากสมการพบว่าปฏิกิริยาการสลายตัวให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ถ้าเป็นหม้อไอน้ำ แก๊สนี้จะติดไปกับไอน้ำ และเมื่อไอน้ำกลั่นตัวควบแน่นเป็นน้ำ ทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรดอ่อน ความกระด้างชั่วคราวนี้บางครั้งเรียกว่า ความกระด้างอัลคาไลน์(alkaline hardness)

ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนตหรือความกระด้างถาวร(non-carbonate or permanent hardness)ได้แก่ ซัลเฟต(SO_4^{2-}) และ คลอไรด์(Cl^-) ในน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุของความกระด้าง โดยอยู่ในรูปของแคลเซียมซัลเฟต($CaSO_4$) แคลเซียมคลอไรด์($CaCl_2$) แมกนีเซียมซัลเฟต($MgSO_4$) และแมกนีเซียมคลอไรด์($MgCl_2$) ไม่สามารถกำจัดได้โดยการต้ม ความกระด้างถาวรนี้อาจเรียกว่า ความกระด้างนอนอัลคาไลน์(non-alkaline hardness)

(2) ความกระด้างแบ่งตามไอออนประจุบวก

ได้แก่ความกระด้างแคลเซียม(calcium hardness) และความกระด้างแมกนีเซียม (magnesium hardness) หรืออาจเป็นทั้งแคลเซียม และแมกนีเซียม

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโซเดียมที่มีมากในน้ำจะสามารถขัดขวางการเกิดฟองของสบู่ และทำให้น้ำมีรสกร่อย ซึ่งไม่จัดว่าเป็นความกระด้างที่แท้จริงเรียกว่า ความกระด้างเทียม(pseudo hardness)

ความกระด้างจากแคลเซียม และแมกนีเซียม จะทำปฏิกิริยากับสบู่ เกิดสบู่ของแคลเซียมและแมกนีเซียมเกาะติดผ้า และเครื่องจักร ทำให้วัสดุสิ่งทอด่าง เมื่อทำการย้อม การกำจัดความกระด้าง โดยปกติมักทำในรูปของการแลกเปลี่ยนไอออน หรือใช้สารอีดีทีเอ จับแคลเซียม และแมกนีเซียมไว้

ตารางที่ 2.4.3 ผลของความกระด้างของน้ำต่อกระบวนการทางเคมีสิ่งทอ

กระบวนการทางเคมีสิ่งทอ	ผลจากความกระด้างของน้ำ
การลอกแป้ง	ลดความสามารถการทำงานของเอนไซม์(deactivate enzymes)
	ทำให้สารลงแป้ง(แป้ง,พีวีเอ) ตกตะกอน
การทำความสะอาด	ทำให้สบู่ตกตะกอน
	ทำให้ผ้าเกิดคราบสีเหลือง
	ลดความสามารถในการดูดซึมน้ำของผ้า
การฟอกขาว	ทำให้สารฟอกขาวสลายตัว
การเมอร์ซิไรส์	ทำให้เกิดตะกอนของโลหะออกไซด์ ลดความสามารถในการดูดซึมน้ำ ลดความมันวาว
การย้อม	ทำให้ผ้าย้อมด่าง
การตกแต่งสำเร็จ	ทำให้เกิดตะกอนของโลหะออกไซด์ ลดความสามารถในการดูดซึมน้ำ ลดความมันวาว

2.4.3 คุณภาพของน้ำใช้ในกระบวนการสิ่งทอ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญระบบหนึ่งของอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมฟอกย้อม ซึ่งมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตของโรงงาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบคุณภาพน้ำ เพื่อเป็นการเตรียมน้ำให้ตรงกับมาตรฐานการใช้งาน โดยคุณภาพน้ำใช้แสดงในตารางที่ 2.4.4

ตารางที่ 2.4.4 คุณภาพน้ำใช้ในกระบวนการทางสิ่งทอ

พารามิเตอร์ของน้ำ	**ค่าที่ยอมรับได้**
ความขุ่น(turbidity)	< 5 เอ็นทียู
ของแข็งแขวนลอย(suspended solids)	< 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
ของแข็งทั้งหมด(total solids)	< 500 มิลลิกรัมต่อลิตร
สี(color)	< 10 หน่วย
พีเอช(pH)	7 - 9
ค่าความเป็นกรด – ด่าง(acidity/alkalinity)	< 100 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต
ค่าความกระด้าง(hardness)	< 70 มิลลิกรัมต่อลิตรในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต
เหล็ก(iron)	< 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
แมงกานีส(manganese)	< 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร
ทองแดง(copper)	< 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
ตะกั่ว(lead)	< 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร
อะลูมิเนียม(aluminium)	< 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซิลิกา(silica)	< 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซัลเฟต(sulphate)	< 250 มิลลิกรัมต่อลิตร
ซัลไฟด์(sulphide)	< 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
คลอไรด์(chloride)	< 250 มิลลิกรัมต่อลิตร
คาร์บอนไดออกไซด์(carbon dioxide)	< 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไนเทรต(nitrate)	< 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
คลอรีน(chlorine)	< 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
แอมโมเนีย(ammonia)	< 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
ไขมัน น้ำมัน(fat,oil,grease)	< 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา : N.Manivasakarn., 1995: 35

หากคุณภาพน้ำใช้ไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตได้ดังนี้

(1) การใช้น้ำในการผลิตหม้อไอน้ำ(boiler) ถ้าน้ำมีความกระด้าง ซึ่งมีสาเหตุจากเกลือของแคลเซียม และแมกนีเซียม เกลือเหล่านี้เมื่อถูกความร้อนจะเกิดการตกตะกอนเป็นตะกรันแข็ง

จับอยู่บริเวณพื้นผิวที่ให้ความร้อน ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อผลิตไอน้ำลดลง สิ้นเปลืองพลังงาน

(2) ในกระบวนการเตรียมผ้า น้ำกระด้างซึ่งมีไอออนของโลหะแคลเซียม หรือแมกนีเซียม เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผ้าอาจทำให้เกิดคราบขาวของแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต สังเกตเห็นได้ยาก ทำให้บริเวณดังกล่าวไม่ดูดซึมน้ำ การดูดซึมเคมีต่าง ๆ ของผ้าจึงไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำผ้าไปย้อม ทำให้ย้อมสีได้ไม่สม่ำเสมอ(เกษม, 2537)

(3) ในกระบวนการพิมพ์ ถ้าน้ำมีโลหะหนักปนเปื้อน มีผลต่อการทำปฏิกิริยาของสี ทำให้สีไม่ละลาย และถ้าสารโลหะหนักเหล่านี้ไปอยู่กับสารข้น(thickener) โดยเฉพาะประเภทโซเดียมอัลจีเนต(sodium alginate) จะทำให้สีตกตะกอน

(4) ในกระบวนการซักล้างโดยใช้สบู่(soap) เป็นสารช่วยซัก(washing agent) ถ้าน้ำมีความกระด้างสูง ผลของการเป็นสารช่วยซักจะลดลง เนื่องจากสบู่ทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะหนักในน้ำกระด้าง ทำให้เกิดสบู่ที่ไม่ละลายน้ำ(insoluble soap) เกิดเป็นตะกอนติดบนผ้า ซึ่งมีผลในการนำไปย้อม โดยทำให้ผ้าที่ผ่านการย้อมแล้วมีความไม่สม่ำเสมอ ตลอดจนผิวสัมผัสของผ้าไม่ดี

(5) ในกระบวนการย้อม ถ้าน้ำมีปริมาณความกระด้าง เหล็ก และแมงกานีส เกินมาตรฐานจะมีผลต่อการย้อมสี กล่าวคือไอออนของโลหะหนักเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน(form complex) กับโมเลกุลสี ก่อนที่สีจะทำปฏิกิริยากับเส้นใย(color change) ทำให้สีกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ เกิดเป็นเม็ดสี หรือตะกอนสี ติดบนผ้าทำให้ผ้าเกิดรอยด่างเป็นจุดหรือคราบสี

ACM 667.1 ข153ผ
ขนิษฐา เจริญลาภ
ผลของโลหะไอออนในน้ำต่อกระบวน
การฟอกผ้าฝ้ายถัก/
32000000955015 0900

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

J.W. Rucker and C.B. Smoth. 1995. ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเตรียมสิ่งทอ พบว่าโลหะไอออนบางชนิด เช่น เหล็ก และทองแดง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในกระบวนการฟอก ทำให้เส้นใยถูกทำลาย และผ้าขาดเห็นเป็นรูขนาดเล็ก(pin hole)

J.E. Mock and H.T. Jennings. 1996. ศึกษาคุณภาพน้ำที่มีผลต่อการประสิทธิภาพการซักรีด พบว่าคุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุด ต่อความสะอาดของผ้า ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากแร่ธาตุต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของน้ำ โดยเฉพาะแคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งเป็นสาเหตุความกระด้างของน้ำ ทำให้คุณภาพของผ้าต่างจากการซักด้วยน้ำอ่อน นอกจากนี้ พบว่าการที่ในน้ำมีปริมาณของเหล็กสูงทำให้เกิดรอยเปื้อนบนผ้า

K.W. Yeung and S.M. Shang. 1999. ศึกษาอิทธิพลของโลหะไอออนต่อการรวมตัวและการตกตะกอนของสารละลายสีย้อม ผลการทดลอง พบว่าแคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออน มีผลต่อการรวมตัว และการตกตะกอนของสารละลายสีย้อมมากกว่าโซเดียมไอออน และในภาวะที่เป็นกรดทำให้โลหะไอออนละลายน้ำได้ดี มีผลต่อการตกตะกอนของสีย้อมมากขึ้น

D.T. Parkes. 2005. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการปรับปรุงคุณภาพการย้อม พบว่าปัจจัยที่ต้องระมัดระวังมาก คือปริมาณโลหะในน้ำ เนื่องจากจะทำให้สีย้อมตกตะกอน เกิดปัญหาการย้อมด่าง และเฉดสีเปลี่ยนไม่ตรงตามความต้องการ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์	รุ่น	บริษัท
เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Mattler AE 200	Mettler Toledo
เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง	Mattler PJ 3000	Mettler Toledo
เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง	Cyberscan 2500 ^{pH}	Eutech instruments
เครื่องย้อมที่ความดันปกติ	OSCI color	Rapid Co., Ltd.
เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง	Spectral check plus	Data color
ตู้อบ	U26	Memmert
เครื่องอะตอมมิกแอบซอพชั่นสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	GBC 932 plus	GBC Scientific

3.2 สารเคมี

(1) สารละลายมาตรฐานแคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก และแมงกานีส

(2) สารลดแรงตึงผิว(surfactant) ชื่อทางการค้า Unipas UNS

(4) โซเดียมไฮดรอกไซด์

(5) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

(6) ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์

(7) กรดแอซิติก

(8) สารควบคุมการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(stabilizer agent)

(9) สีรีแอคทีฟ Sumifix HF blue 2R gran

3.3 วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาชนิดและปริมาณของโลหะในผ้าฝ้ายถัก

(1) สุ่มผ้าฝ้ายถักจากผ้า 3 ม้วน โดยสุ่มที่บริเวณต่าง ๆ 6 ตำแหน่ง

(2) นำผ้าไปอบที่ 100 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ชั่งให้ได้น้ำหนัก 0.01 กรัม

(3) ละลายด้วยกรดไนทริกเข้มข้นทำให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน(deionizer water)

(4) นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลของโลหะในน้ำต่อกระบวนการฟอกผ้าฝ้ายถัก

(1) ผลของแคลเซียมต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก

ตัวแปรคุม ปริมาณ และความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ตัวแปรอิสระ ความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำที่ใช้ในการฟอกมีความเข้มข้นดังนี้ 10, 20, 30, 40, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวแปรตาม ค่าความขาว ผลต่อการย้อม

วัสดุ ผ้าฝ้ายถักที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกแล้ว

เครื่องจักร เครื่องย้อม

วิธีการฟอก กระบวนการแบบไม่ต่อเนื่อง

(1.1) ชั่งผ้าฝ้ายดิบหนัก 5 กรัม จำนวน 6 ชิ้น

(1.2) เตรียมสารละลายฟอกขาวผ้าฝ้าย ดังนี้

อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการฟอกต่อน้ำหนักผ้า	30 : 1
สเตบิไลเซอร์(โซเดียมซิลิเกต)	2 กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	3 กรัมต่อลิตร
สารลดแรงตึง(Sequin BLC)	1 กรัมต่อลิตร
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50	3กรัมต่อลิตร

(1.3) ตรวจสอบค่าความเป็นกรด - ด่างของ สารละลายให้อยู่ในช่วง 10.5

(1.4) ใส่ผ้า น้ำ และสารเคมีลงในขวดรูปชมพู่ นำไปเขย่าในเครื่องทดลองย้อมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที ค่อย ๆ ปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอัตรา 2 องศาเซลเซียส จนถึง 95 องศาเซลเซียส แล้วให้อุณหภูมิคงที่ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิลงจนถึง 60 องศาเซลเซียส

(1.5) เมื่อครบกำหนด ล้างผ้าด้วยน้ำสะอาด โดยใช้น้ำร้อนแล้วตามด้วยน้ำเย็นจนสะอาด ตรวจสอบสารละลายด่างที่ตกค้างบนผ้าด้วยสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ถ้ามีด่างตกค้างบนผ้า ให้ล้างผ้าด้วยสารละลายกรดแอซิติกเจือจาง แล้วล้างด้วยน้ำธรรมดาให้สะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง

(2) ผลของแมกนีเซียม ต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก

วิธีการทดลองเหมือนข้อ(1) แต่เปลี่ยนชนิดโลหะในน้ำเป็นแมกนีเซียม

(3) ผลของทองแดงต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก

วิธีการทดลองเหมือนข้อ(1) แต่เปลี่ยนชนิดโลหะในน้ำเป็นทองแดงโดยใช้ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ผลของเหล็กต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก

วิธีการทดลองเหมือนข้อ(1) แต่เปลี่ยนชนิดโลหะในน้ำเป็นเหล็กโดยใช้ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ผลของแมงกานีสต่อประสิทธิภาพการฟอกผ้าฝ้ายถัก

วิธีการทดลองเหมือนข้อ(1) แต่เปลี่ยนชนิดโลหะในน้ำเป็นแมงกานีสโดยใช้ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาผลกระทบต่อค่าความขาว

นำผ้าที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 2 วัดค่าความขาว(whiteness) ด้วยเครื่อง สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาผลกระทบต่อการย้อมสี

(1) นำผ้าที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 นำไปย้อมสีรีแอคทีฟที่ 2 % owf[1]

(2) เตรียมสารเคมีในการย้อมดังนี้

อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการย้อมต่อน้ำหนักผ้า	20 : 1	
สีรีแอคทีฟ	2 %	
โซเดียมซัลเฟต	40	กรัมต่อลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต	20	กรัมต่อลิตร

(3) นำผ้า น้ำ และสารเคมีในข้อ 2 ใส่ในขวดก้นกลม นำไปเขย่าในเครื่องทดลองย้อม

(4) ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดแอซิติกเข้มข้น 2.0 กรัมต่อลิตร ล้างด้วยน้ำสะอาด ทำความสะอาดผ้าด้วยน้ำสบู่(soaping agent)

(5) วัดระดับความเข้มสีและความแตกต่างของสีบนผ้าด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ และสมมติฐานดังนี้

(1) วิเคราะห์ค่าความขาวของผ้าจากค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(2) วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความขาวของผ้า โดยเปรียบเทียบจากค่าเฉลี่ย และทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว(one - way analysis of varience) โดยการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ 0.05 เมื่อพบว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่ากลางด้วยวิธีของเชฟเฟ่

(3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะกับค่าระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) และ ความแตกต่างของสี(CIE Lab) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearsons' product moment correlation coefficient)

---

[1] %owf หมายถึงปริมาณสี 2 กรัมบนผ้า 100 กรัม

3.5 สถานที่ทดลอง

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมสารในการฟอก

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการฟอกผ้า

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการย้อมผ้า

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาปริมาณโลหะในผ้าฝ้ายถัก

ศึกษาปริมาณโลหะในผ้าฝ้ายทดลองโดยนำผ้าฝ้ายถักโครงสร้างซิงเกิ้ลเจอร์ซี่(single jersey) มาวิเคราะห์ปริมาณโลหะ 4 ชนิด ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส แมกนีเซียม และแคลเซียม ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชั่นสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.1.1 ชนิดและปริมาณของโลหะในผ้าฝ้าย(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

ตำแหน่ง	เหล็ก	แมงกานีส	แมกนีเซียม	แคลเซียม
1	35.3000	1.2000	7.8000	34.7000
2	33.4000	1.2000	5.0000	33.5400
3	36.6000	1.1000	7.1000	35.5500
4	38.7000	1.5000	6.9000	35.7800
5	31.2000	1.5000	5.8000	33.0000
6	38.9000	1.1000	9.4000	34.5900
ค่าเฉลี่ย	35.68	1.27	7.00	34.53
C.V.(%)	8.464126	14.96063	22.00	3.156675

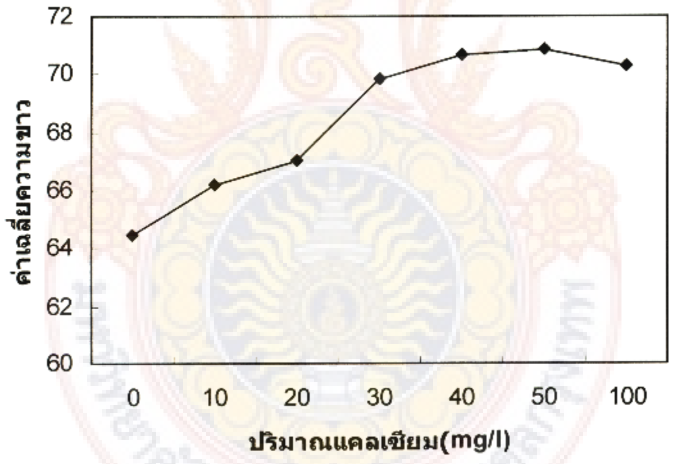
ผลจากตารางที่ 4.1.1 แสดงว่าผ้าฝ้ายถักมีการปนเปื้อนของโลหะประเภท เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส ในปริมาณ 35.68, 34.60, 7.00 และ 1.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ D.T. Park., 2005. ซึ่งศึกษาชนิด และปริมาณโลหะในฝ้ายดิบจากแต่ละแหล่ง พบว่าฝ้ายดิบจากซูดานมี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ในปริมาณ 791.00, 617.00, 89.00 และ 9.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ฝ้ายดิบจากโคลัมเบีย มีแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ในปริมาณ 1100.00, 808.00, 252.00 และ 10.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และฝ้ายดิบจากรัสเซียมี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง ในปริมาณ 1888.00, 1055.00, 187.00, 36.00 และ 3.00 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งการปนเปื้อนของโลหะเหล่านี้ เกิดจากฝ้ายดูดซับโลหะต่าง ๆ จากดิน ส่งผลให้ผ้าฝ้ายที่ผลิตจากฝ้ายในแต่ละแหล่ง มีคุณภาพที่แตกต่างกัน

4.2 ผลของโลหะในน้ำต่อค่าความขาวของผ้าฝ้ายถัก

ศึกษาผลของโลหะในน้ำต่อกระบวนการฟอก โดยนำผ้าฝ้ายถักมากำจัดสิ่งสกปรก และฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ด้วยน้ำที่มีปริมาณโลหะต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน ทดลองซ้ำ 6 ครั้ง

4.2.1 ผลของแคลเซียมต่อค่าความขาวของผ้า

นำผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรก และฟอกขาวด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียม 10, 20, 30, 40, 50, และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดค่าความขาวด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ได้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าแสดงในตารางผนวกที่ 1ก และรูปที่ 4.2.1 นำค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแคลเซียมต่าง ๆ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าปริมาณแคลเซียมในน้ำต่างกัน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.2.1



รูปที่ 4.2.1 ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่างกัน

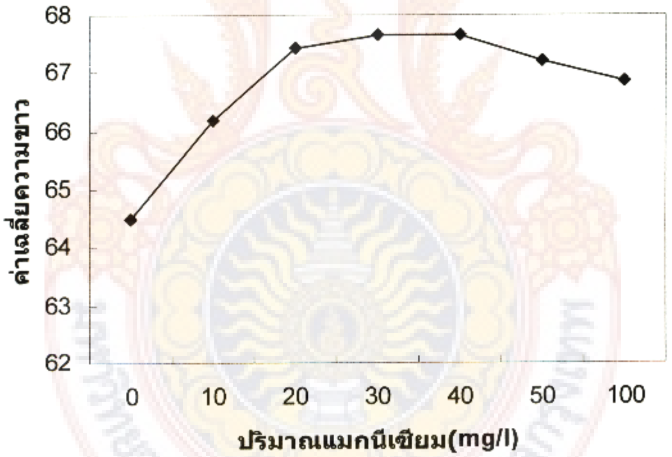
ตารางที่ 4.2.1 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	232.934	6	35.822	0.883
ภายในกลุ่ม	1538.408	35	43.955	
รวม	1771.342	41		

จากตารางที่ 4.2.1 แสดงว่า ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแคลเซียมต่างกันให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.2.1 พบว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียม 40 – 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าสูงที่สุด และมีแนวโน้มว่าค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าจะลดลงเมื่อน้ำมีปริมาณแคลเซียมมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2.2 ผลของแมกนีเซียมต่อค่าความขาวของผ้า

นำผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรก และฟอกขาวด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียม 10, 20, 30, 40, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดค่าความขาวด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ได้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าแสดงในตารางผนวกที่ 2ก และรูปที่ 4.2.2 นำค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแมกนีเซียมต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าปริมาณแมกนีเซียมในน้ำต่างกัน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2.2



รูปที่ 4.2.2 ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน

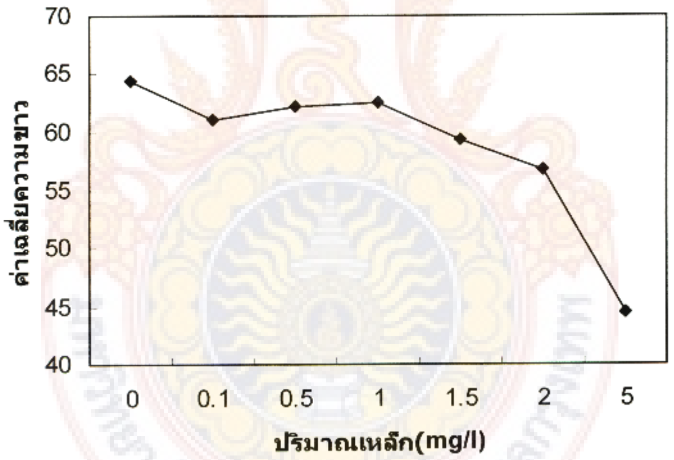
ตารางที่ 4.2.2 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	46.100	6	7.683	0.354
ภายในกลุ่ม	759.927	35	21.712	
รวม	806.027	41		

จากตารางที่ 4.2.2 แสดงว่า ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแมกนีเซียมต่างกันให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.2.2 พบว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียม 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าสูงที่สุด และมีแนวโน้มว่าค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าจะลดลงเมื่อน้ำมีปริมาณแคลเซียมมากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อลิตร

4.2.3 ผลของเหล็กต่อค่าความขาวของผ้า

นำผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็ก 0.10, 0.20, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดค่าความขาวด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ได้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าแสดงในตารางผนวกที่ 3ก และรูปที่ 4.2.3 นำค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าปริมาณเหล็กในน้ำต่างกัน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2.3 และรูปที่ 4.2.3



รูปที่ 4.2.3 ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน

ตารางที่ 4.2.3 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน

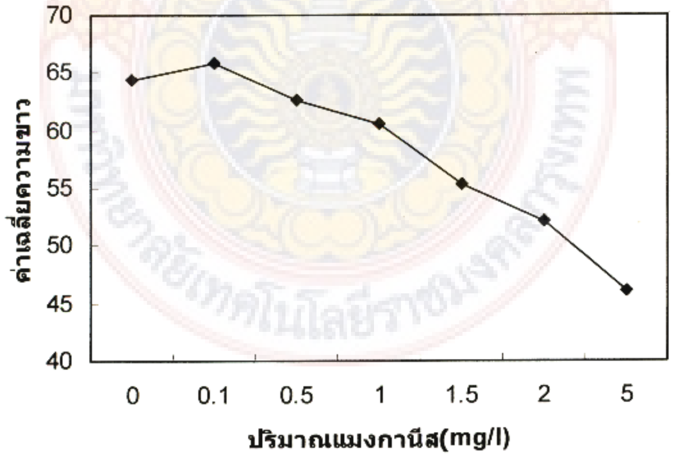
แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**
ระหว่างกลุ่ม	1627.549	6	271.258	9.650*
ภายในกลุ่ม	983.796	35	28.108	
รวม	2611.345	41		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.2.3 แสดงว่า ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน มีค่าเฉลี่ยความขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ(P<0.05) และจากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของเชฟเฟ่ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 1ข ผลทดสอบ พบว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็ก 0.00 - 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับผ้าที่ฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน ส่วนผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่ปริมาณเหล็ก 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความขาว แตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยน้ำปราศจากไอออน อย่างมีนัยสำคัญ(P<0.05) โดยจากรูปที่ 4.2.2 เมื่อปริมาณเหล็กในน้ำมากกว่า 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน

4.2.4 ผลของแมงกานีสต่อค่าความขาวของผ้า

นำผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรก และฟอกขาวด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีส 0.10, 0.20, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดค่าความขาวด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ได้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าแสดงในตารางผนวกที่ 4ก และรูปที่ 4.2.4 นำค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแมงกานีสต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าปริมาณแมงกานีสในน้ำต่างกัน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2.4



รูปที่ 4.2.4 ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน

ตารางที่ 4.2.4 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน

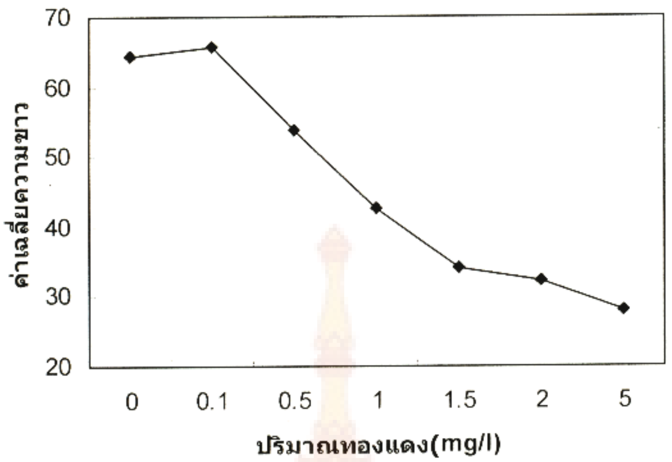
แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	1906.339	6	317.723	18.300*
ภายในกลุ่ม	607.673	35	17.362	
รวม	2514.012	41		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.2.4 แสดงว่า ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน มีค่าเฉลี่ยความขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ(P<0.05) และจากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของเชฟเฟ่ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 2ข ผลทดสอบพบว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีส 0.00 - 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าไม่แตกต่างทางสถิติกับผ้าที่ฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน ส่วนที่ปริมาณอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยความขาว แตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยน้ำปราศจากไอออน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P<0.05) โดยจากรูปที่ 4.2.3 เมื่อปริมาณแมงกานีสในน้ำมากกว่า 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน

4.2.5 ผลของทองแดงต่อค่าความขาวของผ้า

นำผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรก และฟอกขาวด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดง 0.10, 0.20, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดค่าความขาวด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ได้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าแสดงในตารางผนวกที่ 5ก และรูปที่ 4.2.5 นำค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณทองแดงต่าง ๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อทดสอบว่าปริมาณทองแดงในน้ำต่างกัน มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าต่างกันหรือไม่ ได้ผลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2.5



รูปที่ 4.2.5 ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน

ตารางที่ 4.2.5 ผลทดสอบค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าที่ย้อมด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
ระหว่างกลุ่ม	8772.403	6	1462.067	133.555*
ภายในกลุ่ม	383.157	35	10.947	
รวม	9155.560	41		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

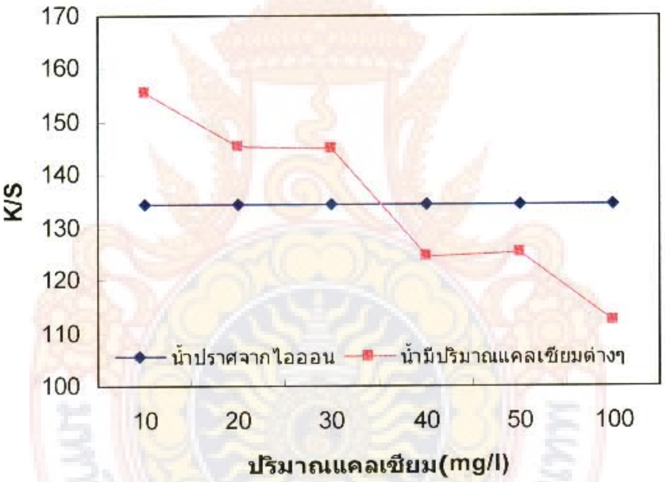
จากตารางที่ 4.2.5 แสดงว่า ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน มีค่าเฉลี่ยความขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ(P<0.05) และจากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่โดยใช้วิธีของเชฟเฟ่ ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 3ข ผลทดสอบ พบว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดง 0.00 - 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผ้าที่ฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน ส่วนที่ปริมาณอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยความขาว แตกต่างจากผ้าที่ย้อมด้วยน้ำปราศจากไอออน อย่างมีนัยสำคัญ(P<0.05) โดยจากรูปที่ 4.2.4 เมื่อปริมาณทองแดงในน้ำมากกว่า 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยความขาวของผ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน

4.3 ผลของโลหะในน้ำต่อประสิทธิภาพการฟอก

ศึกษาผลของโลหะในน้ำต่อประสิทธิภาพการฟอก ทดลองโดยนำผ้าที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณโลหะต่าง ๆ ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อกระบวนการย้อม

4.3.1 คุณภาพการย้อมของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแคลเซียมต่างๆ

นำผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียม 10, 20, 30, 40, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน วัดระดับความเข้มสีบนผ้าด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 1ค พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน แสดงในรูปที่ 4.3.1 และตารางที่ 4.3.1



รูปที่ 4.3.1 ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแคลเซียมต่างกัน

ตารางที่ 4.3.1 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแคลเซียมต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแคลเซียมต่างกัน	**จำนวนข้อมูล (n)**	**สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)**
CIE L[1]	7	0.830*
CIE a[2]	7	-0.082
CIE b[3]	7	0.306

*มีนัยสำคัญที่ระดับ0.05

[1]CIE L แทนค่าความสว่างของวัตถุ จากสว่าง (+L) ไปจนถึงทึบดำ (-L)

[2]CIE a แทนค่าสีของวัตถุ จากสีเขียว (-a) ไปจนถึงสีแดง (+a)

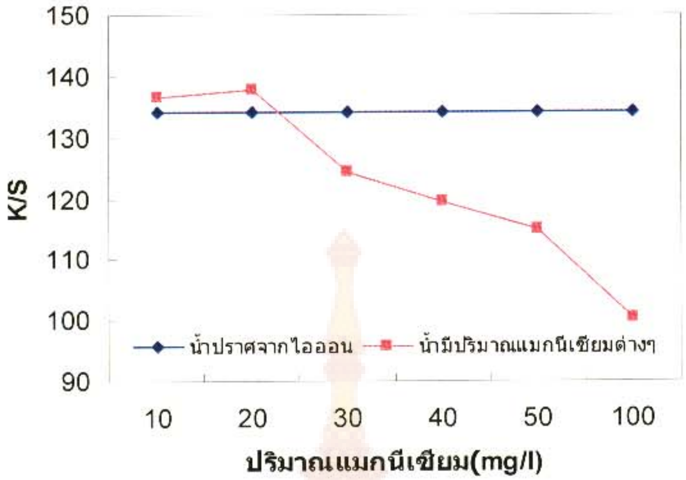
[3]CIE b แทนค่าสีของวัตถุ จากสีน้ำเงิน (-b) ไปจนถึงสีเหลือง (+b)

ผลจากรูปที่ 4.3.1 และตารางที่ 4.3.1 พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังนี้

- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียม 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) สูงที่สุด และเมื่อปริมาณแคลเซียมในน้ำฟอกมากขึ้น มีผลให้ผ้าที่นำไปย้อมมีระดับความเข้มสีบนผ้าลดลง
- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียม 10.00 - 30.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) สูงกว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน และเมื่อน้ำฟอกมีปริมาณแคลเซียมในน้ำมากกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผ้าย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง
- ผ้าย้อมมีความสว่างของสีเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.05$)

4.3.2 คุณภาพการย้อมของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแมกนีเซียมต่างๆ

นำผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียม 10, 20, 30, 40, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน วัดระดับความเข้มสีบนผ้าด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 700 นาโนเมตร ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 2ค พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน แสดงในรูปที่ 4.3.2 และตารางที่ 4.3.2



รูปที่ 4.3.2 ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน

ตารางที่ 4.3.2 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมกเซียมต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน	**จำนวนข้อมูล (n)**	**สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)**
CIE L	7	0.338
CIE a	7	-0.416
CIE b	7	0.910**

**มีนัยสำคัญที่ระดับ0.01

ผลจากรูปที่ 4.3.2 และตารางที่ 4.3.2 พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังนี้

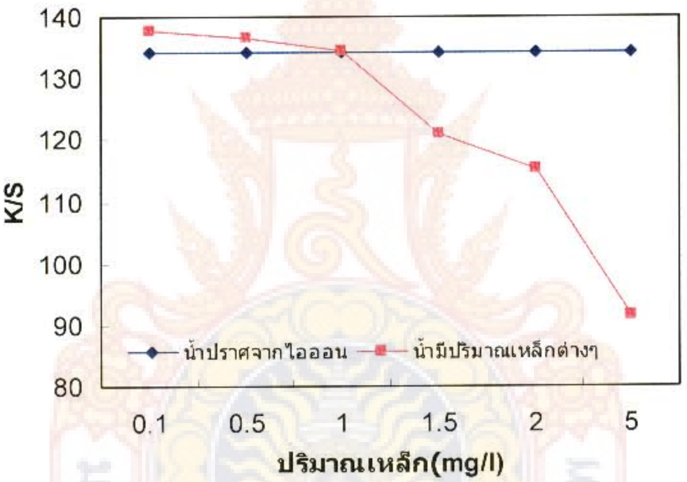
- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียม 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) สูงที่สุด และเมื่อปริมาณแมกนีเซียมในน้ำฟอกมากขึ้น มีผลให้ผ้าที่นำไปย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง

- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียม 10.00 - 20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) สูงกว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน และเมื่อน้ำฟอกมีปริมาณแมกนีเซียมในน้ำมากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผ้าย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง

- ผ้าย้อมที่ได้มีเฉดสีไปทางเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ(P< 0.01)

4.3.3 คุณภาพการย้อมของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างๆ

นำผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็ก 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน วัดระดับความเข้มสีบนผ้าด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 3ค พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3.3 และตารางที่ 4.3.3



รูปที่ 4.3.3 ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณเหล็กต่างกัน

ตารางที่ 4.3.3 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณเหล็กต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณเหล็กต่างกัน	จำนวนข้อมูล (n)	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
CIE L	7	0.983**
CIE a	7	-0.885**
CIE b	7	0.557

**มีนัยสำคัญที่ระดับ0.01

ผลจากรูปที่ 4.3.3 และตารางที่ 4.3.3 พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังนี้

- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็ก 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) สูงที่สุด และเมื่อปริมาณเหล็กในน้ำฟอกมากขึ้น มีผลให้ผ้าที่นำไปย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง

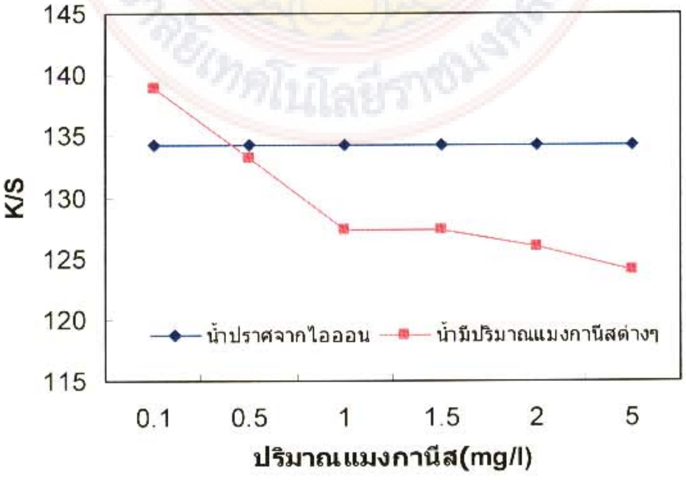
- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็ก 0.1 - 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีของผ้า(K/S) สูงกว่าผ้าที่ฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน และเมื่อน้ำฟอกมีปริมาณเหล็กในน้ำมากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผ้าย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง

- ผ้าย้อมมีความสว่างของสีเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.01$)

- ผ้าย้อมที่ได้มีเฉดสีไปทางสีเขียวเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($P<0.01$)

4.3.4 คุณภาพการย้อมของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณแมงกานีสต่างๆ

นำผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีส 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน วัดระดับความเข้มสีบนผ้าด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 4ค พบว่า ผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3.4 และตารางที่ 4.3.4



รูปที่ 4.3.4 ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมงกานีสต่างกัน

ตารางที่ 4.3.4 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมงกานีสต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแมงกานีสต่างกัน	จำนวนข้อมูล (n)	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
CIE L	7	-0.240
CIE a	7	-0.704
CIE b	7	0.736

**มีนัยสำคัญที่ระดับ0.01

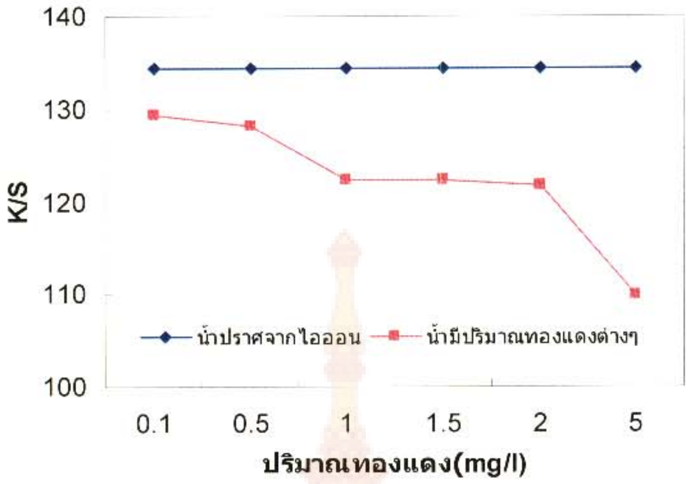
ผลจากรูปที่ 4.3.4 และตารางที่ 4.3.4 พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังนี้

- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีส 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) สูงที่สุด และเมื่อปริมาณแมงกานีสในน้ำฟอกมากขึ้น มีผลให้ผ้าที่นำไปย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง

- ผ้าที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสแตกต่างกัน ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับ ความสว่างของสี และความแตกต่างของสี ของผ้าย้อม

4.3.5 คุณภาพการย้อมของผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณทองแดงต่างๆ

นำผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดง 0.10, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน วัดระดับความเข้มสีบนผ้าด้วยเครื่อง reflectance spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 700 นาโนเมตร ได้ผลแสดงในตารางผนวกที่ 5ค พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3.5 และตารางที่ 4.3.5



รูปที่ 4.3.5 ระดับความเข้มสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณทองแดงต่างกัน

ตารางที่ 4.3.5 ความแตกต่างของสีของผ้าย้อมที่ฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณทองแดงต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างผ้าย้อมที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำฟอกในปริมาณแคลเซียมต่างกัน	จำนวนข้อมูล (n)	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
CIE L	7	-0.459
CIE a	7	-0.825**
CIE b	7	0.844*

**มีนัยสำคัญที่ระดับ0.01 *มีนัยสำคัญที่ระดับ0.05

ผลจากรูปที่ 4.3.5 และตารางที่ 4.3.5 พบว่าผ้าย้อมที่เตรียมจากการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน ให้ผลต่อคุณภาพการย้อมแตกต่างกัน ดังนี้

- ผ้าที่ฟอกด้วยน้ำในปริมาณทองแดงต่าง ๆ เมื่อนำมาย้อมด้วยสีรีแอคทีฟสีน้ำเงิน ให้ค่าระดับความเข้มสีบนผ้า(K/S) ลดลง
- ผ้าที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงแตกต่างกัน ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับ ความสว่างของสี ของผ้าย้อม
- ผ้าย้อมมีเฉดสีไปทางสีเขียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ(P<0.01) เมื่อผ่านการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงมากขึ้น

- ผ้าย้อมที่ได้มีเฉดสีไปทางสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ(P<0.05) เมื่อผ่านการฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 ชนิดและปริมาณโลหะในผ้าฝ้ายถัก

ผ้าฝ้ายถัก ที่ผลิตจากเส้นใยฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีการปนเปื้อนของเหล็ก แมงกานีส แคลเซียม และแมกนีเซียม ตามธรรมชาติ เนื่องจากการดูดซับโลหะเหล่านี้จากดิน โดยในเส้นใยฝ้ายที่นำมาทดลองมีการปนเปื้อนของ เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีส ในปริมาณ 35.68, 34.60, 7.00 และ 1.27 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ทำให้ผ้าฝ้ายที่ใช้ฝ้ายจากแหล่งต่างกัน มีสมบัติต่างกันด้วย ซึ่ง D.T. Parkers. (2005) รายงานว่า การปนเปื้อนของโลหะในผ้าฝ้ายเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพการเตรียมสิ่งทอ และจะส่งผลต่อเนื่องถึงคุณภาพการย้อม

5.2 ผลของโลหะในน้ำต่อค่าความขาวของผ้าฝ้ายถัก

ผ้าฝ้ายถัก มักมีสารมีสีติดมากับธรรมชาติ ทำให้เส้นใยมีสีออกเหลือง ดังนั้นการฟอกขาวเป็นขั้นตอนทำลายสารมีสีเหล่านี้ ทำให้ได้ผ้าที่มีความขาวอย่างสม่ำเสมอ และถาวร ในการทดลองใช้กระบวนการฟอกขาวด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ ที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดอันตรายทั้งแก่วัสดุที่ฟอกขาว หรือเครื่องมือที่ใช้ ภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการฟอก ไม่ยุ่งยาก และควบคุมได้ง่าย ทั้งยังสามารถฟอกขาวเส้นใยได้เกือบทุกชนิด โดย J. Shore. (1995: 125) เสนอว่ากลไกของการฟอกขาวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในภาวะด่างเกิดจากการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ให้เปอร์ไฮดรอกไซด์ไอออน (perhydroxide ion, OOH^-) ดังแสดงในสมการที่ 5.1

$$H_2O_2 + NaOH \longrightarrow Na + H_2O + HO^-_2 \text{ (perhydroxide ion)} \qquad (5.1)$$

จากสมการ เปอร์ไฮดรอกไซด์ไอออน เป็นตัวที่แสดงความสามารถในการฟอกขาว

ผลจากการทดลองพบว่า

(1) น้ำฟอกที่มี แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้ผ้าที่ได้มีความขาวมากกว่าน้ำปราศจากไอออน เนื่องจากสมบัติของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สลายตัวได้ง่าย ไม่คงตัว ในกระบวนการฟอกจึงมีการเติมสารที่ช่วยลดการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์(stabilizer) โดย

ในการทดลองใช้โซเดียมซิลิเกต(Na_2SiO_3) ซึ่งโซเดียมซิลิเกตทำปฏิกิริยากับ แคลเซียม และแมกนีเซียม กลายเป็น แคลเซียมซิลิเกต และแมกนีเซียมซิลิเกต ที่ทีประสิทธิภาพในการลดการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้ปฏิกิริยาการฟอกขาวเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับ J. Shore. (1995: 128) ซึ่งรายงานว่า แมกนีเซียมไอออนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการทำหน้าที่เป็นสารลดการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ด้วยโซเดียมซิลิเกต ดังนั้นในกระบวนการฟอกขาวผ้าฝ้ายด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จึงมีการเติมแมกนีเซียมซัลเฟต($MgSO_4.7H_2O$) ลงไปด้วย

(2) น้ำฟอกที่มีเหล็ก แมงกานีส และทองแดง ทำให้ผ้าที่ได้มีความขาวน้อยกว่าน้ำปราศจากไอออน เนื่องจากเหล็ก แมงกานีส และทองแดง จะไปเร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เร็วขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาการฟอกขาวเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ผ้าที่ได้มีความขาวลดลง โดย J. Shore. (1995: 125) กล่าวว่าโลหะทรานสิชันในน้ำ ทำให้เปอร์ออกไซด์แตกตัวเป็นอนุมูลอิสระของไฮดรอกซิล (สมการที่ 5.2) ซึ่งอนุมูลอิสระดังกล่าวจะชักนำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ เร่งการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อย่างรวดเร็ว จนทำให้จำนวนของเปอร์ไฮดรอกไซด์ไอออนที่ทำหน้าที่ในการฟอกขาวลดลง

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH^{\cdot} + OH^{-} \qquad (5.2)$$

5.3 ผลของโลหะในน้ำต่อประสิทธิภาพการฟอก

การฟอกขาวเป็นกระบวนการหนึ่งของการเตรียมสิ่งทอ ซึ่งนอกจากทำให้ได้ผ้าที่ความขาวแล้ว ผ้าที่ผ่านการฟอกขาว ต้องมีการดูดซึมสีย้อม และสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจากการย้อมผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีชนิด และปริมาณโลหะแตกต่างกัน พบว่าชนิด และปริมาณโลหะในน้ำ มีผลต่อประสิทธิภาพการเตรียมสิ่งทอ และมีผลต่อเนื่องถึงคุณภาพการย้อม ดังนี้

(1) ปริมาณโลหะในน้ำฟอกมากขึ้น ทำให้ผ้าที่นำไปย้อมมีระดับความเข้มสีลดลง ซึ่งในกรณีของ แคลเซียม และแมกนีเซียม อาจเกิดจากการเกาะตัวของ แคลเซียม และแมกนีเซียมซิลิเกต บนผ้า ทำให้มีการดูดซึมสีย้อม และสารเคมีได้ไม่ดี ส่วนในกรณีของ เหล็ก แมงกานีส และทองแดง เนื่องจากผ้าที่ผ่านการฟอกไม่ขาวเท่าที่ควร จึงมีผลกระทบต่อระดับความเข้มสีบนผ้าเมื่อนำไปย้อม

(2) ชนิดของโลหะในน้ำฟอก ที่แตกต่างกัน ทำให้เมื่อนำไปย้อมได้ผ้าที่มีความแตกต่างของสีแตกต่างกัน เมื่อเทียบกับการย้อมผ้าที่ผ่านการฟอกด้วยน้ำปราศจากไอออน ดังนี้

- แคลเซียมทำให้ผ้าที่ย้อมได้มีความสว่างมากขึ้น
- แมกนีเซียมทำให้ผ้าที่ย้อมได้มีเฉดไปทางสีเหลืองมากขึ้น
- เหล็กทำให้ผ้าที่ย้อมได้มีความสว่างมากขึ้น และมีเฉดไปทางสีเขียว
- แมงกานีสและทองแดง ทำให้ผ้าย้อมมีความสว่างลดลง และมีเฉดไปทางเขียวและเหลือง

5.4 ปริมาณของโลหะในน้ำที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการฟอกขาว

วัตถุประสงค์ในกระบวนการฟอกขาว เพื่อให้ได้คุณภาพการฟอกขาวที่สมบูรณ์ กล่าวคือ ได้ผ้าขาวสม่ำเสมอและถาวร ผ้าไม่กลับเป็นสีเหลืองเมื่อเก็บไว้นาน ๆ ผ้าที่ฟอกแล้วมีการดูดซึมน้ำได้ดี ดูดซึมสีย้อม และสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนไม่ทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลง จำเป็นต้องควบคุมปริมาณโลหะไอออนในน้ำ ให้ได้คงที่ตามมาตรฐานตลอดเวลา โดยแคลเซียมควรต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร แมกนีเซียมต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เหล็กต่ำกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีส และทองแดงต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการเตรียมสิ่งทอ

การเตรียมสิ่งทอที่มีประสิทธิภาพ จะทำให้กระบวนการผลิตในขั้นต่อมามีคุณภาพด้วย กล่าวคือทำให้การย้อมสีได้สม่ำเสมอ ได้เฉดสีตรงตามความต้องการในครั้งแรก J. Shore.(1955: 81) รายงานว่า ความสำเร็จของการเตรียมสิ่งทอนอกจากขึ้นกับคุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมแล้ว ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีกได้แก่

- ชนิดและปริมาณของสิ่งปนเปื้อนในน้ำ
- ชนิดและการเตรียมสารเคมี
- ชนิดของเครื่องจักร
-

5.6 ข้อเสนอแนะ

ศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการฟอก ในเส้นใยชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะการฟอก และทำความสะอาดเส้นใยไหม ซึ่งจะช่วยส่งเสริมคุณภาพผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2542. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมฟอกย้อม.** สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2547. **คู่มือเทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมสิ่งทอ.** กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด โพรเซสคัลเลอร์ ดีไซน์ แอนด์ พริ้นติ้ง.

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. 2537. **การควบคุมคุณภาพงานเตรียมสิ่งทอเพื่อการย้อม พิมพ์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประชาชน.

ณรงค์ วุทธิเสถียร. 2540. **การปรับสภาพน้ำใช้อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: สมาคมเทคโนโลยีไทยญี่ปุ่น.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2541. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

C. B. Smith. 2003. **Identification and Reduction of Pollution Soyrces in Textile Wet Processing.** Department of Textile Chemistry. North Carolina State University.

C.N. Sawer., P.L. Mccarty., and G.F. Perkin. 2003. **Chemistry for environmental engineering and science.** 5th. U.S.A.: Mc Graw-Hill.

D.T. Parkers. 2005. **Critical Success Factors in Improving Dyehouse Productivity.** Dye house solution International. Conference, Istanbul May 2005.

J.E. Mock., and H.T. Jennings. 1996. **Water Quality and Laundary Problem.** North Carolina Extension Service. http://www.bae.ncsu.edu.

J.N. Eetters and M.D. Hurwitz. 1986. **Opaque Reflectance of Translucent Fabric.** Textile Chemist and Colorist. 18(6): 19-26.

J. Shore. 1995. **Cellulosic Dyeing.** Oxford: The Alden Press.

Jr., F. W. Billmeyer, and M. Saltzman. 1981. **Principles of Color Technology.** 2nd Edition. New York: Wiley.

J.W. Rucker., and C.B. Smith. 1995. **Trouble Shooting in Preparation Asystematic Approch.** Textile Chemistry Department. North Carolina State University: Raleigh, North Carolina.

K. Hunger. 2003. **Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications.** Germany: Wiley-VCH Verlag GMb & Co.

K.W. Yueng., and S.M. Shang. 1999. **The Influence of metal ions on the Aggregation and Hudrophobicity of Dyes in Solutions.** Coloration Technology. 115(7-8): 228-232.

N.Manivasakam. 1995. **Water used in textile processing.** Coimbature : Scroll EPD.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1ก ผลของแคลเซียมต่อค่าความขาวของผ้า

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนครั้งของการทดลอง						ค่าเฉลี่ย	SD
	1	2	3	4	5	6		
0	56.47	60.17	61.43	70.14	70.64	68.10	64.49	5.92
10	57.56	58.28	57.94	73.60	75.20	74.63	66.20	9.08
20	62.38	61.47	62.49	71.03	71.88	72.82	67.01	5.41
30	62.34	63.41	66.92	75.37	75.84	75.28	69.86	6.36
40	66.06	68.03	65.93	74.90	77.42	71.75	70.68	4.80
50	66.44	65.09	63.35	76.74	77.22	76.30	70.86	7.39
100	62.77	65.03	63.10	74.79	77.65	78.22	70.26	7.39

ตารางที่ 2ก ผลของแมกนีเซียมต่อค่าความขาวของผ้า

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนครั้งของการทดลอง						ค่าเฉลี่ย	SD
	1	2	3	4	5	6		
0	56.47	60.17	61.43	70.14	70.64	68.10	64.49	5.92
10	64.66	62.96	60.33	69.75	69.43	70.01	66.19	4.12
20	63.33	64.55	64.00	71.25	71.05	70.33	67.42	3.82
30	62.35	64.23	64.52	70.60	72.69	71.47	67.64	4.43
40	64.51	61.88	64.57	71.27	71.55	72.15	67.66	4.50
50	63.06	63.83	63.54	71.02	71.98	69.75	67.20	4.14
100	61.16	62.78	62.19	71.02	71.77	72.26	66.86	5.32

ตารางที่ 3ก ผลของเหล็กต่อค่าความขาวของผ้า

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนครั้งของการทดลอง						ค่าเฉลี่ย	SD
	1	2	3	4	5	6		
0	56.47	60.17	61.43	70.14	70.64	68.10	64.49	5.92
0.1	55.89	54.13	55.66	67.83	65.68	67.25	61.07	6.47
0.5	55.44	58.94	58.64	66.32	67.04	66.63	62.17	5.08
1.0	59.62	58.42	56.77	66.77	67.36	66.46	62.57	4.80
1.5	59.44	54.99	59.38	60.99	60.59	60.38	59.30	2.20
2.0	56.23	57.01	54.85	57.41	57.25	57.44	56.70	1.01
5.0	35.68	36.59	39.57	50.77	51.94	52.64	44.53	8.07

ตารางที่ 4ก ผลของแมงกานีสต่อค่าความขาวของผ้า

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนครั้งของการทดลอง						ค่าเฉลี่ย	SD
	1	2	3	4	5	6		
0	56.47	60.17	61.43	70.14	70.64	68.10	64.49	5.92
0.1	63.53	66.02	62.05	68.43	68.98	66.35	65.89	2.70
0.5	63.63	58.61	61.90	61.94	64.55	65.15	62.63	2.38
1.0	55.87	57.15	53.79	65.47	66.43	64.91	60.60	5.60
1.5	54.46	53.83	53.93	56.28	56.88	56.70	55.35	1.42
2.0	50.18	50.70	48.68	53.53	55.57	53.67	52.06	2.60
5.0	41.93	43.55	37.81	49.85	51.91	51.24	46.05	5.78

ตารางที่ 5ก ผลของทองแดงต่อค่าความขาวของผ้า

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	จำนวนครั้งของการทดลอง 1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย	SD
0	56.47	60.17	61.43	70.14	70.64	68.10	64.49	5.92
0.1	61.34	65.48	64.78	67.20	68.19	68.05	65.84	2.60
0.5	53.33	52.22	54.08	56.49	54.49	52.70	53.89	1.53
1.0	46.69	45.33	39.46	42.10	41.02	40.43	42.51	2.88
1.5	28.87	30.05	30.99	38.20	37.54	38.27	33.99	4.46
2.0	30.73	31.63	29.96	34.88	33.55	33.08	32.31	1.86
5.0	27.73	27.64	26.88	28.31	29.72	28.33	28.10	0.95

ภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ตารางที่ 1ข การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความขาวของบนผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่างกัน

	0.00(mg/l) (64.4917)	1.00(mg/l) (62.5667)	0.50(mg/l) (62.1683)	0.10(mg/l) (61.0733)	1.50(mg/l) (59.2950)	2.00(mg/l) (56.6983)	5.00(mg/l) (44.5317)
0.00(mg/l) (64.4917)	-	1.9250	2.3233	3.4133	5.1967	7.7933	19.9600*
1.00(mg/l) (62.5667)	-		0.3983	1.4933	3.2717	5.8683	18.0350*
0.50(mg/l) (62.1683)	-			1.0950	2.8733	5.4700	17.6367*
0.10(mg/l) (61.0733)	-				1.7783	4.3750	16.5417*
1.50(mg/l) (59.2950)	-					2.5967	14.7633*
2.00(mg/l) (56.6983)	-						12.1667*
5.00(mg/l) (44.5317)	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 2 ข การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความขาวของบนผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่างกัน

	0.10(mg/l) (65.8933)	0.00(mg/l) (64.4917)	0.50(mg/l) (62.6300)	1.00(mg/l) (60.6033)	1.50(mg/l) (55.3467)	2.00(mg/l) (52.0550)	5.00(mg/l) (46.0483)
0.10(mg/l) (65.8933)	-	1.4017	3.2633	5.2900	10.5467*	13.8383*	19.8450*
0.00(mg/l) (64.4917)	-		1.8617	3.8883	9.1450*	12.4367*	18.4433*
0.50(mg/l) (62.6300)	-			2.0267	7.2833	10.570*	16.5817*
1.00(mg/l) (60.6033)	-				5.2567	8.5483	14.5550*
1.50(mg/l) (55.3467)	-					3.2917	9.2983*
2.00(mg/l) (52.0550)	-						6.007
5.00(mg/l) (46.0483)	-						

ตารางที่ 3 ข การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความขาวของบนผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่างกัน

	0.10(mg/l) (65.8400)	0.00(mg/l) (64.4917)	0.50(mg/l) (53.8850)	1.00(mg/l) (42.500)	1.50(mg/l) (33.9867)	2.00(mg/l) (32.3050)	5.00(mg/l) (28.1017)
0.10(mg/l) (65.8400)	-	1.3483	11.9550*	23.3350*	31.8533*	33.5350*	37.7383*
0.00(mg/l) (64.4917)	-		10.6067*	21.9867*	30.5050*	32.1867*	36.3900*
0.50(mg/l) (53.8850)	-			11.3800*	19.8983*	21.5800*	25.7833*
1.00(mg/l) (42.5050)	-				8.5183*	10.2000*	14.4033*
1.50(mg/l) (33.9867)	-					1.6817	5.8850
2.00(mg/l) (32.3050)	-						4.2033
5.00(mg/l) (28.1017)	-						

ภาคผนวก ค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ตารางที่ 1ค ผลของการย้อมผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแคลเซียมต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	K/S	CIE L	CIE a	CIE b
ผ้าที่ไม่ฟอก	119.4516	38.08	3.04	-36.62
ฟอกด้วยน้ำประปา	135.1759	36.36	3.6	-36.38
0.00	134.3055	36.43	3.71	-36.47
10.00	155.7461	34.59	4.82	-37.52
20.00	145.3678	35.47	4.35	-37.18
30.00	145.0094	35.5	4.4	-37.25
40.00	124.6714	37.43	3.02	-35.83
50.00	125.4400	37.37	3.23	-36.16
100.00	112.3322	38.86	2.7	-36.25

ตารางที่ 2ค ผลของการย้อมผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	K/S	CIE L	CIE a	CIE b
ผ้าที่ไม่ฟอก	119.4516	38.08	3.04	-36.62
ฟอกด้วยน้ำประปา	135.1759	36.36	3.6	-36.38
0.00	134.3055	36.43	3.71	-36.47
10.00	136.7248	36.12	3.83	-36.3
20.00	137.8669	36.18	3.58	-36.45
30.00	124.4207	37.48	3.21	-36.26
40.00	119.5180	37.98	2.99	-35.99
50.00	114.9452	38.6	2.84	-36.26
100.00	100.4492	40.34	2	-35.31

ตารางที่ 3ค ผลของการย้อมผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณเหล็กต่า งๆ กัน

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	K/S	CIE L	CIE a	CIE b
ผ้าที่ไม่ฟอก	119.4516	38.08	3.04	-36.62
ฟอกด้วยน้ำประปา	135.1759	36.36	3.6	-36.38
0.00	134.3055	36.43	3.71	-36.47
0.10	137.8619	36.2	3.71	-36.67
0.50	136.5615	36.31	4.18	-37.36
1.00	134.4945	36.47	3.76	-36.73
1.50	121.0191	37.79	2.76	-35.58
2.00	115.2144	38.49	3.22	-36.59
5.00	91.5435	41.53	2.08	-35.85

ตารางที่ 4ค ผลของการย้อมผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณแมงกานีสต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	K/S	CIE L	CIE a	CIE b
ผ้าที่ไม่ฟอก	119.4516	38.08	3.04	-36.62
ฟอกด้วยน้ำประปา	135.1759	36.36	3.6	-36.38
0.00	134.3055	36.43	3.71	-36.47
0.10	138.9760	36.51	3.42	-36.2
0.50	133.2536	36.7	3.53	-36.26
1.00	127.4255	36.46	3.26	-35.92
1.50	127.3503	36.77	3.14	-35.84
2.00	125.9488	36.1	3.15	-35.86
5.00	124.0678	36.43	3.13	-35.79

ตารางที่ 5 ค ผลของการย้อมผ้าที่ฟอกด้วยน้ำที่มีปริมาณทองแดงต่าง ๆ กัน

ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	K/S	CIE L	CIE a	CIE b
ผ้าที่ไม่ฟอก	119.4516	38.08	3.04	-36.62
ฟอกด้วยน้ำประปา	135.1759	36.36	3.6	-36.38
0.00	134.3055	36.43	3.71	-36.47
0.10	129.3176	36.37	3.57	-36.34
0.50	128.0689	36.5	3.23	-35.82
1.00	122.3586	36.29	3.41	-36.19
1.50	122.2837	35.58	3.12	-35.59
2.00	121.7672	36.11	3.05	-35.45
5.00	109.8589	35.85	2.87	-35.02