ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดหลังการซักด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

A STUDY ON PROPERTIES OF PLAIN COTTON WOVEN FABRIC AFTER WASH BY FRONT LOAD AND TOP LOAD WASHING MACHINE

ธเนส คงใหญ่
THANATE KHONGYAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

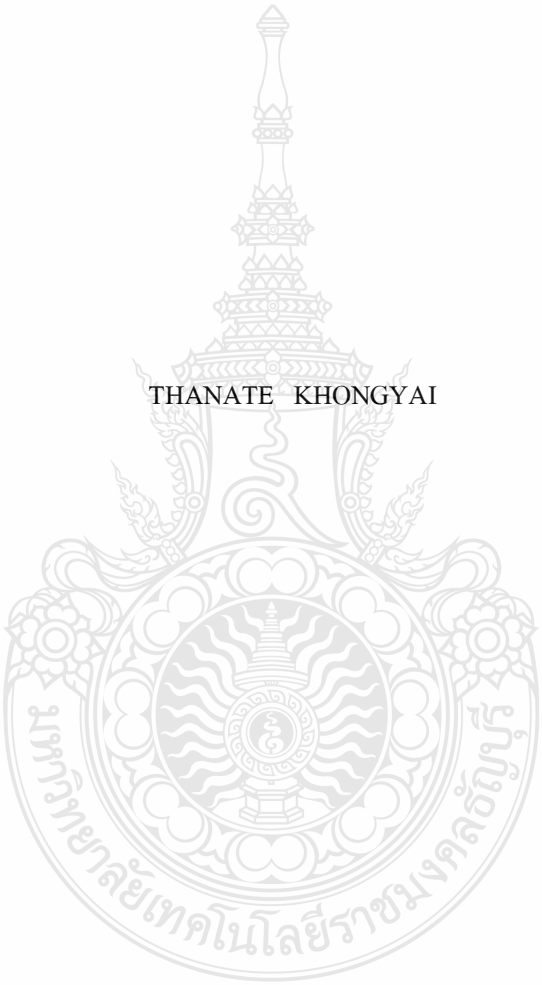
ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดหลังการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

ธเนส คงใหญ่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2554

A STUDY ON PROPERTIES OF PLAIN COTTON WOVEN FABRIC AFTER WASH BY FRONT LOAD AND TOP LOAD WASHING MACHINE

THANATE KHONGYAI



A THESIS SUMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN TEXTILE ENGINEERING DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI
2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายธเนส คงใหญ่

COPYRIGHT © 2011 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2554

FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดหลังการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน A STUDY ON PROPERTIES OF PLAIN COTTON WOVEN FABRIC AFTER WASH BY FRONT LOAD AND TOP LOAD WASHING MACHINE
ชื่อนักศึกษา	ธเนส คงใหญ่
รหัสประจำตัว	124970405001-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ ภาษาประเทศ
วัน เดือน ปี ที่สอบ	6 มีนาคม 2554
สถานที่สอบ	ห้อง E404 อาคารเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ดร.สาธิต พุทธชัยยงค์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมนึก สังข์หนู)

……กรรมการ
(ดร.ปลื้มจิตต์ เตชธรรมรักษ์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ ภาษาประเทศ)

……
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดหลังการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน
นักศึกษา	นายธเนส คงใหญ่
รหัสประจำตัว	124970405001-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สิ่งทอ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมประสงค์ ภาษาประเทศ

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผ้าฝ้ายทอ ลายขัด สีกรมท่าย้อมด้วยสีไดเรคท์ หลังถูกซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้ายี่ห้อ Electrolux รุ่น Wascator FOM71MP LAB และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3XWTW5905 ซึ่งควบคุมการซักด้วยโปรแกรมที่เทียบเคียงกันและกำหนดตัวแปรอื่นให้เหมือนกัน

การศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเครื่องซักทั้งสองแบบไปในแนวทางเดียวกันและผลทดสอบใกล้เคียงกัน แต่จะพบข้อแตกต่างที่เห็นในเบื้องต้นในด้านการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งผ้าที่ผ่านการซักจากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนมีการซีดจางของสีมากกว่าผ้าที่ผ่านการซักจากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

การศึกษาพบว่าจำนวนรอบซักส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของผ้าในด้านการเปลี่ยนแปลงขนาด มวลต่อหน่วยพื้นที่ ความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ความหนา ความแข็งแรงต่อแรงดึงและความแข็งแรงต่อการฉีกขาด เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าหลังซักทำให้มวลต่อหน่วยพื้นที่ จำนวนเส้นด้ายต่อความยาว ความหนา ความแข็งแรงต่อแรงดึง และความแข็งแรงต่อการฉีกขาดเปลี่ยนไปด้วย

คำสำคัญ : เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า / เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน / การทดสอบ

Thesis Title :	A STUDY ON PROPERTIES OF PLAIN COTTON WOVEN FABRIC AFTER WASH BY FRONT LOAD AND TOP LOAD WASHING MACHINE
Student Name :	Mr. Thanate Khongyai
Student ID :	124970405001-4
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Textile Engineering
Academic Year :	2010
Thesis Advisor :	Assistant Professor Dr. Somprasong Parsapratet

ABSTRACT

This is the study of properties of plain cotton woven fabric in navy color (Direct Dyeing) after wash by front load washing machine (Electrolux model Wascator FOM71MP LAB) and top load washing machine (Whirlpool model 3XWTW5905)under installed program of washing machines themselves and controlled the other factors under the same conditions.

From my study, changes of physical properties of washed fabric from different types of washing machines are in the same directions and they have similar results. However, the difference which is preliminary noticed is the color change. Washed cotton fabric will be more fader when washed by top load washing machine than by front load washing machine.

Numbers of washing cycles affected to properties of cotton in terms of dimension, mass per unit area, thread per unit length, thickness, tensile strength, and tearing strength. Fabric dimension is changed; consequently, mass per unit area, thickness, tensile strength, and tearing strength, will also be changed

Keywords: Front Load Washing Machine /Top Load Washing Machine /Testing

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านสถานที่ เครื่องมือ และวัตถุดิบสำหรับการทำวิจัย อีกทั้งได้รับความช่วยเหลือและการแนะแนวทางในการทำวิจัยจากอาจารย์ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้โดยการได้รับความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานหลายฝ่ายด้วยกัน ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมประสงค์ ภาษาประเทศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำปรึกษา และชี้แจงจุดบกพร่องต่างๆในการจัดทำที่เป็นประโยชน์แก่งานวิจัย อีกทั้งต้องขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการทุกท่าน รวมถึงคุณลัฎกา ว่องวิบูลย์พร ผู้จัดการแผนกทดสอบสิ่งทอ คุณชยสรรพ์ จิรชาญชัย ผู้จัดการแผนกตรวจสอบ และคุณสรัญรัช พิมพ์พา เจ้าหน้าที่ทดสอบแผนกทดสอบสิ่งทอ บริษัทอินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอวิสเซส ที่ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้า

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลจากความกรุณาของทุกท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ธเนส คงใหญ่

6 มีนาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ฝ้าย (Cotton)	4
2.2 ผ้าทอ (Woven fabric)	9
2.3 สมบัติทางกายภาพของผ้าทอ (Physical properties of woven fabric)	12
2.4 การทำความสะอาดผ้า (Theory of the washing process)	15
2.5 ผงซักฟอก (Detergent)	20
2.6 เครื่องซักผ้า (Washing machine)	23
2.7 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าภายหลังการซักและทำให้แห้ง	29
2.8 การทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อหน่วยความยาวของผ้าทอ	34
2.9 การทดสอบความหนา	36
2.10 การทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่	38
2.11 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าทอ	39
2.12 การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าทอ	42
2.13 การวัดการเปลี่ยนแปลงสีผ้าด้วยเครื่องวัดสี	47

สารบัญ(ต่อ) หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 51

3.1 การเตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ 52

3.2 การซักผ้าทดสอบ 55

3.3 การทดสอบ (Testing) 63

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 77

4.1 ผลทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดผ้า 77

4.2 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว 79

4.3 ผลทดสอบความหนา 81

4.4 ผลทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่ 82

4.5 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า 83

4.6 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้า 86

4.7 ผลการเปลี่ยนแปลงสี ของผ้า 88

4.8 การวิจารณ์การเปลี่ยนแปลงแปลงสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการซัก 95

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 117

5.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ 117

5.2 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติ 117

5.3 การเปลี่ยนแปลงสี 118

5.4 ข้อเสนอแนะ 118

เอกสารอ้างอิง 119

ภาคผนวก

ก ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบ 121

ข ผลการทดสอบ 134

ค ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ 182

ประวัติผู้เขียน 191

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของผงซักฟอก	21
2.2 ปริมาณของวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ผลิตเครื่องซักผ้า	26
2.3 ระยะทดสอบต่ำสุดสำหรับทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อหน่วยความยาวของผ้าทอ	35
4.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	77
4.2 การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวกว้าง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	77
4.3 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	79
4.4 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	79
4.5 ผลทดสอบความหนาของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	81
4.6 ผลทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	82
4.7 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืดตัวที่จุดขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	83
4.8 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืดตัวที่จุดขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	83
4.9 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	86
4.10 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	86

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.11	ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน	88
4.12	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	95
4.13	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	95
4.14	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	97
4.15	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	97
4.16	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	99
4.17	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	99
4.18	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	101
4.19	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	101
4.20	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	103
4.21	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	103
4.22	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	105
4.23	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	105
4.24	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	107
4.25	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	107

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.26	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	109
4.27	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	109
4.28	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	111
4.29	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	111
4.30	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	113
4.31	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	113
4.32	การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	115
4.33	การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	115

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงภาคตัดขวางของฝ้าย	6
2.2	แสดงภาพตามความยาวของฝ้าย	6
2.3	โครงสร้างผ้าลายขัด	10
2.4	ลักษณะลายทแยงขวา	11
2.5	ลักษณะลายทแยงซ้าย	11
2.6	(A) ลักษณะลายต่วนด้ายพุ่ง 5 ตะกอ (B) ลักษณะลายต่วนด้ายยืน 5ตะกอ	12
2.7	ผ้าระหว่างการฉีกขาด	13
2.8	การพองตัวของเส้นด้ายเนื่องจากการพองของเส้นใย	14
2.9	การพองตัวของเส้นด้าย ในโครงสร้างผ้าทอ	15
2.10	กระบวนการทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก	23
2.11	การทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด	32
2.12	ชิ้นทดสอบรูปทรงคล้ายขากางเกง การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	45
2.13	การยึดชิ้นทดสอบ การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	46
2.14	ตัวอย่างการคำนวณค่าแรงฉีกขาด	47
3.1	ขั้นตอนการวิจัย	51
3.2	ตัวอย่างผ้าทอลายขัด สีกรมท่า ที่ใช้ในการทดลอง	52
3.3	ผงซักฟอกที่ ใช้ซักผ้าเพื่อทดสอบ	52
3.4	ผ้าถ่วงน้ำหนักทำจากผ้าฝ้าย 100 % ขนาด 92 ± 5 เซนติเมตร×92 ± 5 เซนติเมตร	53
3.5	เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า(ถังนอน) ยี่ห้อ Electrolux รุ่น Wascator FOM71MP LAB	53
3.6	เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน(ใบกวน) ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3XWTW5905	54
3.7	การตากแห้งชิ้นงานหลังซัก	54
3.8	ชิ้นทดสอบก่อนการซัก	55
3.9	การเย็บริมกันรุ่ย สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	56
3.10	ชั่งผ้าทดลองรวมผ้าถ่วงน้ำหนัก 2.0 kg สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	56
3.11	ชั่งผงซักฟอกน้ำหนัก 20 g สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	57
3.12	นำผ้าเข้าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	57
3.13	เลือกโปรแกรมซัก 5A (40 °C) สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	57

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	57
3.15	โปรแกรมเริ่มต้นด้วยการเติมน้ำ ของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	58
3.16	ขณะซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	58
3.17	ขณะล้างด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	58
3.18	ขณะปั่นหมาด ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า	59
3.19	การตากผ้าบนราวตาก โดยให้แนวด้ายยืนทิ้งตัวในแนวดิ่งใช้ที่หนีบผ้าหนีบที่ขอบผ้าด้านบนทิ้งไว้จนแห้ง	59
3.20	การเย็บริมกันรุ่ย สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	60
3.21	ชั่งผ้าทดลอง รวมผ้าถ่วงน้ำหนัก 2.0 kg สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	60
3.22	ชั่งผงซักฟอกน้ำหนัก 68 g สำหรับนำไปซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	60
3.23	นำผ้าเข้าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	61
3.24	เลือกระดับน้ำปานกลาง (Medium) 68 ลิตร สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	61
3.25	เลือกโปรแกรมซัก แบบบกติ Normal เวลา 12 นาที สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	61
3.26	เลือกอุณหภูมิน้ำซักอุ่น (Warm) และอุณหภูมิน้ำล้างเย็น (Cold) สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	61
3.27	ขณะซัก ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	62
3.28	ขณะล้าง ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	62
3.29	ขณะปั่นหมาด ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน	62
3.30	การแบ่งตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบ โดยสังเขป	63
3.31	การปรับสภาวะผ้าก่อนการวัดขนาด สำหรับทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด	64
3.32	ชิ้นผ้าสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงขนาด	64
3.33	การกำหนดขนาดผ้า และทำเครื่องหมายแสดงบนผ้า	65
3.34	การวัดขนาดผ้า ก่อนและหลังซัก	65
3.35	การเลาะผ้า เพื่อทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว	67
3.36	เส้นด้ายที่ถูกเลาะจากผ้า ในการทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว	67
3.37	การตัดผ้าเพื่อทดสอบน้ำหนัก	68
3.38	การชั่งผ้าเพื่อทดสอบน้ำหนัก	68

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.39	อุปกรณ์ และ ตัวอย่างการทดสอบความหนา	68
3.40	การวางชิ้นผ้าบนแผ่นอ้างอิง สำหรับการทดสอบความหนา	69
3.41	การทดสอบหาความหนา	69
3.42	เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง	70
3.43	การตั้งโปรแกรมทดสอบ ENISO 13934-1 สำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง	70
3.44	การตั้งค่าตัวแปรก่อนเริ่มทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง	71
3.45	ชิ้นทดสอบขณะถูกทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง	71
3.46	ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง	71
3.47	เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	72
3.48	การตั้งโปรแกรมทดสอบ EN ISO 13937-1 สำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	72
3.49	การตั้งค่าก่อนเริ่มทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	73
3.50	ชิ้นทดสอบขณะถูกทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	73
3.51	ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด	73
3.52	เครื่องวัดสี Spectra flash รุ่น 600 Plus – CT	74
3.53	อุปกรณ์ที่ใช้สอบเทียบ เครื่องวัดสี Spectra flash รุ่น 600 Plus – CT	74
3.54	การวัดสีครั้งที่ 1 กับผ้าชิ้นที่ 1 โดยแนวด้ายยืนตั้งฉากกับแนวระนาบ	75
3.55	การวัดสีครั้งที่ 2 กับผ้าชิ้นที่ 1 โดยแนวด้ายยืนขนานกับแนวระนาบ	75
3.56	การวัดสีครั้งที่ 3 กับผ้าชิ้นที่ 2 โดยแนวด้ายยืนตั้งฉากกับแนวระนาบ	75
3.57	การวัดสีครั้งที่ 4 กับผ้าชิ้นที่ 2 โดยแนวด้ายยืนขนานกับแนวระนาบ	75
3.58	การวัดสีครั้งที่ 5 กับผ้าชิ้นที่ 3 โดยแนวด้ายยืนตั้งฉากกับแนวระนาบ	76
3.59	การวัดสีครั้งที่ 6 กับผ้าชิ้นที่ 3 โดยแนวด้ายยืนขนานกับแนวระนาบ	76
4.1	การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	78
4.2	การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวกว้าง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	78
4.3	ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	80

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.4	ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1 5 10 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	80
4.5	ผลทดสอบความหนา ของผ้า ที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	81
4.6	ผลทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	82
4.7	ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	84
4.8	ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	84
4.9	ผลทดสอบการยืดตัวที่จุดขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	85
4.10	ผลทดสอบการยืดตัวที่จุดขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	85
4.11	ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	87
4.12	ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	87
4.13	การเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน	88
4.14	เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบนถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย4 เท่า	89
4.15	เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 1 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	90
4.16	เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	90
4.17	เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	91
4.18	เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	91

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	92
4.20 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	92
4.20 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	93
4.22 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	93
4.23 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	94
4.24 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ่านการซัก 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า	94
4.25 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	96
4.26 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	96
4.27 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	98
4.28 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	98
4.29 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	100
4.30 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	100
4.31 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	102
4.32 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	102

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.33	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	104
4.34	การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	104
4.35	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	106
4.36	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	106
4.37	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	108
4.38	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	108
4.39	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	110
4.40	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	110
4.41	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	112
4.42	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	112
4.43	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	114
4.44	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	114
4.45	การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	116
4.46	การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	116

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ซม.	เซนติเมตร
มม.	มิลลิเมตร
^{o}C	องศาเซลเซียส
^{o}F	องศาฟาเรนไฮต์
g	กรัม
g/m^2	กรัมต่อตารางเมตร
dm^3	ลูกบาศก์เดซิเมตร
DE หรือ ΔE	ค่าความแตกต่างของสี
Kg	กิโลกรัม
l	ลิตร
N	นิวตัน
mmol	มิลลิโมล
ppm	ส่วนในหนึ่งล้านส่วน
%	เปอร์เซ็นต์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เสื้อผ้าเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่จำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งเปรียบเสมือนผิวหนังชั้นที่ 2 ของ มนุษย์ ที่มีไว้ปกป้องร่างกายจากสภาพแวดล้อมภายนอก และปกคลุมอวัยวะสำคัญของร่างกาย ซึ่งปัจจุบันรูปแบบของเสื้อผ้าก็นับวันจะมีความหลากหลายมากขึ้นตามวัตถุประสงค์การใช้สอยหรือแฟชั่นที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการดูแลรักษาเสื้อผ้าและการทำความสะอาด เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออกจากเสื้อผ้าจึงมีส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้เสื้อผ้าสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น

การทำความสะอาดเสื้อผ้านั้นมีหลายวิธีที่นิยมกัน เช่นการซักล้างด้วยสบู่ หรือผงซักฟอก การซักแห้ง หรือการเช็ดด้วยเคมีที่เหมาะสม ทั้งนี้การเลือกใช้การทำความสะอาดแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของเสื้อผ้า โครงสร้างผ้า การตัดเย็บ และชนิดของเส้นใย ซึ่งวิธีการทำความสะอาดที่นิยมแพร่หลายและสะดวกที่สุดคือการซักด้วยผงซักฟอก เนื่องจากสังคมทุกวันนี้มีสภาวะการแข่งขันที่สูงมากขึ้น ผู้คนมีเวลาว่าง และเวลาพักผ่อนน้อยลง จึงนำสิ่งอำนวยความสะดวกมาใช้งานในชีวิตประจำวันกันมากขึ้น ซึ่งการซักผ้าเองก็เช่นกัน มีการใช้เครื่องซักผ้าที่ทำความสะอาดผ้าได้พร้อมกันครั้งละมากๆมาทดแทนการซักผ้าด้วยมือที่ทั้งเหนื่อยและสิ้นเปลืองเวลา ซึ่ง เครื่องซักผ้าที่นิยมใช้กันในครัวเรือนอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (Front load washing machine) และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (Top load washing machine)

เครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบนี้มีกลไกลในการทำความสะอาดผ้าที่แตกต่างกัน เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน เป็นเครื่องซักผ้าที่ออกแบบให้มีตะกร้าซักด้านใน และท่อด้านนอกอยู่ในแนวตั้ง และมีใบกวนหรือใบพัดตรงกลางของตะกร้าซัก ในการซักต้องการน้ำมากพอที่ทำให้ผ้าลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระ การปั่นซักอาศัยใบกวนหรือใบพัดหมุนพาผ้าเคลื่อนลงที่กลางถังซัก ในลักษณะหมุนซ้ำๆ กันไป ในขณะที่เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้าเป็นเครื่องซักผ้าที่ออกแบบให้มีตะกร้าด้านใน และท่อด้านนอกอยู่ในแนวระนาบ มีการปั่นซักด้วยการหมุนของถังซักไปและกลับร่วมกับแรงโน้มถ่วง ในการซักผ้าจะถูกยกขึ้นด้วยสันที่ผนังถังด้านใน แล้วปล่อยผ้าให้ตกลงมากระแทกกับน้ำ เกิดแรงกระทำระหว่างผ้า น้ำ และ ผงซักฟอก

จากหลักการทำความสะอาดของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบที่แตกต่างกันดังกล่าว จึงทำให้เกิดความสนใจศึกษาการเปลี่ยนสมบัติของผ้าที่ผ่านการซักด้วยเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษา สมบัติทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซักล้าง จากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (ถังนอน)

1.2.2 เพื่อศึกษา สมบัติทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซักล้าง จากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน)

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงสี ระหว่างผ้าที่ผ่านการซักล้างจากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้ากับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิจัยด้วยผ้าฝ้ายทอลายขัดสีกรมท่า ที่ย้อมด้วยสีย้อมประเภทไดเร็คท์

1.3.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน

1.3.3 ศึกษากระบวนการทำความสะอาดผ้าด้วยผงซักฟอก

1.3.4 ศึกษาวิธีการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผ้า ได้แก่ การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด การทดสอบน้ำหนักผ้าต่อพื้นที่ การทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว การทดสอบความหนา การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด และการวัดการเปลี่ยนแปลงสี

1.4 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1.4.1 ในการวิจัยนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับการอนุเคราะห์ เครื่องทดสอบจากห้องปฏิบัติการทดสอบสิ่งทอ จากบริษัทอินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส ซึ่งโดยปกติเครื่องมือทดสอบจะใช้งานกับงานทดสอบในวันทำงานปกติ ผู้วิจัยจำเป็นอย่างยิ่งต้องทดสอบและทดลองในช่วงเวลาหลังเลิกงานของวันทำงานปกติ หรือวันหยุดเพื่อไม่ให้กระทบต่องานของบริษัท ดังนั้นการทดลองนี้จึงมิอาจทำได้กับตัวอย่างหลายแบบ ทำให้ประเภทของตัวอย่างที่นำมาวิจัย มีแต่ผ้าทอลายขัดสีกรมท่าเท่านั้น

1.4.2 เนื่องจากข้อจำกัดด้านงบประมาณ ประกอบกับ ผงซักฟอกอ้างอิงที่ใช้สำหรับการซักเพื่อทดสอบมีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกผงซักฟอกที่เป็นไปตามมาตรฐานของประเทศไทยมาใช้แทน

1.5 ประโยชนที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงสมบัติทางกายภาพและ การเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซักล้าง จากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (ถังนอน)

1.5.2 ทราบถึงสมบัติทางกายภาพและ การเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซักล้าง จากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน)

1.5.3 ทราบถึงผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงสี ระหว่างผ้าที่ผ่านการซักล้างจากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (ถังนอน) กับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2
วรรณกรรมหรืองานที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝ้าย (Cotton) [1]

ฝ้ายเป็นเส้นใยพืชที่มีความสำคัญและมีการใช้งานกว้างขวางมากที่สุด สามารถใช้งานได้หลากหลาย อาจใช้เป็นฝ้ายร้อยละ 100 หรือฝ้ายผสมกับเส้นใยอื่นๆ ได้แทบทุกชนิดในประวัติศาสตร์ที่ผ่านมามนุษย์ได้รู้จักการใช้ประโยชน์จากฝ้ายมานานกว่า 5,000 ปี มีการเพาะปลูกฝ้ายเกือบทั่วทุกแห่งในโลก ยกเว้นบางประเทศที่มีอากาศหนาวเนื่องจากฝ้ายจะไม่เจริญเติบโตในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 70 °F (21°C) ฝ้ายเป็นไม้พุ่มมีความสูงประมาณ 3-6 ฟุต (0.9-1.8) เมตรให้เส้นใยจากเมล็ดหรือปุยฝ้าย เส้นใยที่นำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้ต้องมีความยาวเหมาะสม คือไม่สั้นจนเกินไป โดยเฉพาะบริเวณที่ติดปลายเมล็ดจะค่อนข้างสั้นมาก เรียกว่า Cotton linter นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ประเภทเซลลูโลส เช่น เรยอน

ด้วยความที่ฝ้ายสามารถเจริญเติบโตได้ในหลายพื้นที่ของโลก ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมากทั้งพันธุ์ฝ้าย สภาพภูมิอากาศ ทั้งอาหารในดิน ตลอดจนศัตรูพืช ดังนั้นฝ้ายจึงมีหลายชนิด โดยคุณภาพของเส้นใยฝ้ายขึ้นอยู่กับความขาว ความยาวของเส้นใย ความละเอียด ตลอดจนความแข็งแรง โดยปกติเส้นใยยิ่งยาวมากยิ่งมีความละเอียดสูงและความแข็งแรงมากด้วย การแบ่งชนิดของเส้นใยฝ้ายส่วนมากมักเรียกตามชื่อของประเทศที่ปลูกหรือตามภูมิศาสตร์ ถึงแม้ว่าฝ้ายในโลกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่เรียกกันว่า Upland ก็ตาม แต่ก็ยังมีการเรียกให้ละเอียดขึ้นอีกถึงประเทศที่ผลิต เช่น บราซิล แซอีย์ กรีซ ปากีสถาน รัสเซีย ซีเรีย ตุรกี อูกันดา เป็นต้น ชนิดที่รู้จักกันมากในสหรัฐอเมริกาก็คือ ชนิด Upland, American Pima, Egyptian และ Asiatic

ฝ้ายชนิด Upland เป็นชนิดที่มีปลูกมากที่สุดในสหรัฐอเมริกาถึงกว่าร้อยละ 99 เป็นเส้นใยที่ค่อนข้างขาวแข็งแรงและทึบแสงความยาวประมาณ 7/8 - 1 1/4 นิ้ว (22 - 32 มิลลิเมตร) แบ่งออกเป็น 3 ระดับความยาวคือ สั้น กลาง และยาว ขนาดสั้นคือที่มีความยาวน้อยกว่า 1 นิ้ว (25 มิลลิเมตร) มีปลูกในโอกลาโฮมาและเท็กซัส พันธุ์ที่รู้จักคือพันธุ์ Lankart, GSA, Pay-master และ Tamcot เส้นใยขนาด 1 1/32 -1 3/32 นิ้ว (26-28 มิลลิเมตร) ปลูกในแถบตะวันออกเฉียงใต้แถบ มิสซิสซิปปี้ พื้นที่ราบแถบอริโซนาและแคลิฟอร์เนีย พันธุ์หลักคือ Deltapine และ Stoneville เส้นใยยาว คือชนิดตั้งแต่ 1 1/8 นิ้ว (29 มิลลิเมตร) ขึ้นไปปลูกในพื้นที่ราบสูงแถบตะวันตกเฉียงใต้ เช่น พันธุ์ Acala ส่วนที่ปลูกใน San Joaquin Valley แคลิฟอร์เนีย มีความยาว 1 3/32 - 1 5/32 นิ้ว (28 - 29 มิลลิเมตร) เป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงสูงกว่า Upland ชนิดอื่น ๆ

ชนิด American Pima ปลูกมากในรัฐเท็กซัส นิวเม็กซิโก อริโซนา และ แคลิฟอร์เนียตอนใต้ ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ Pima 5-3 และ Pima 5-4 ความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วง 1 3/8- 1 1/2 นิ้ว (35-39 มิลลิเมตร) เป็นเส้นใยละเอียด มีความมันดีคล้ายไหมแข็งแรง สีน้ำตาลอ่อน นิยมใช้เป็นด้ายเย็บจักร

ชนิด Egyptian พันธุ์ที่เป็นที่รู้จักดี คือ Menoufi และ Giza 68 เป็นเส้นใยสีน้ำตาลอ่อน ละเอียด แข็งแรงมีความยาว 1 1/4 - 1 1/2 นิ้ว (32 -38 มิลลิเมตร) การใช้งานเป็นลักษณะเดียวกับชนิด American Pima นอกจากนั้นยังมีพันธุ์ Giza45 มีความยาวมากขึ้นระหว่าง 1 3/4 - 1 5/8 นิ้ว (35- 41 มิลลิเมตร) เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดและความแข็งแรงมาก

ชนิด Asiatic ปลูกกันในประเทศอินเดีย จีน และแถบตะวันออก ส่วนมากจะเป็นเส้นใยหยาบความยาวน้อยกว่า 1 นิ้ว (25 มิลลิเมตร)

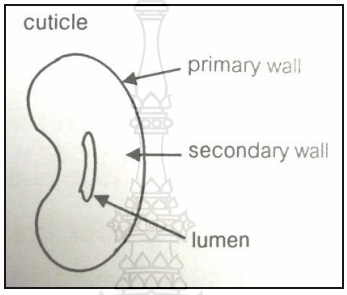
2.1.1 การผลิตฝ้าย [1]

การปลูกฝ้ายสามารถจะทำได้ในพื้นที่ที่มีอากาศอุ่นติดต่อกันเป็นเวลายาวนานเพียงพอ มีความชื้น และแสงแดด ตลอดจนลักษณะดินที่เหมาะสม เมื่อต้นฝ้ายเจริญเติบโตเต็มที่ได้ความสูงประมาณ 3 - 6 ฟุต (1- 2 เมตร) หลังจากที่ดอกเบ่งบานและร่วงไปแล้วก็จะเริ่มปรากฏเป็นปุยฝ้ายเจริญเติบโตขึ้น ภายในปุยฝ้ายมีเมล็ดฝ้ายอยู่ โดยเส้นใยฝ้ายเจริญขึ้นจากเมล็ด กล่าวกันว่าแต่ละเมล็ดให้เส้นใยได้กว่า 20,000 เส้น เมื่อปุยฝ้ายสุกงอมก็จะเบ่งบาน และเปิดออกมองเห็นเส้นใยเป็นปุย พร้อมที่จะทำการเก็บเกี่ยวได้ ปุยฝ้ายที่ได้มานำเข้าสู่กระบวนการแยกเส้นใยฝ้ายหรือการเปิดหีบฝ้าย โดยการนำเข้าเครื่องหีบฝ้ายจนได้เป็นเส้นใยฝ้ายนำไปบรรจุโดยการอัดเป็นมัดสี่เหลี่ยมใหญ่เรียกกันว่า เบล แต่ละเบลมีน้ำหนักถึง 500 ปอนด์ (25 กิโลกรัม) ส่วนที่เป็นเปลือกของเมล็ดฝ้ายก็สามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยเนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนสูง หรือทำเป็นอาหารสัตว์ก็ได้ เนื้อในของเมล็ดฝ้ายเป็นส่วนที่สามารถสกัดเอาน้ำมันไปใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันพืชหรือใช้ในการทำสบู่และเหลือจากการสกัดน้ำมันแล้วยังเป็นอาหารสัตว์ได้อีก ในส่วนของเส้นใยที่ติดปลายเมล็ดเป็นเส้นใยสั้นมากเรียก Cotton linter เป็นวัตถุดิบตั้งต้นของการทำเส้นใยประดิษฐ์ทั้งเรยอน และแอซีเทด

2.1.2 โครงสร้างทางกายภาพของฝ้าย [1]

โครงสร้างของฝ้ายหากมองในรายละเอียดขององค์ประกอบทางเคมีฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสชนิดหนึ่งตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้ได้มีผู้เคยวิเคราะห์มาแล้วพบว่ามีอัตราส่วนของความเป็นผลึกต่อความเป็นอสัณฐานสูงถึงประมาณ 2 ต่อ 1 ทำให้ความสามารถในการยืดตัวดีและดูดซึมความชื้นสูง โดยทางกายภาพฝ้ายเป็นเส้นใยสั้นมีลักษณะภายนอกที่หยาบเป็นหลอดแบน ขวั้นกันเป็นเกลียว และจากกล้องจุลทรรศน์ภาพภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายเม็ดถั่วที่มีช่องกลางกลวงเป็นช่องส่งน้ำ (Lumen) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ภาพภาคตัดขวางของฝ้ายระยะแรกมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U) ผนังเซลล์บางขณะที่ยังอ่อนอยู่ ต่อเมื่อเส้นใยมีอายุมากขึ้นผนังก็เริ่มหนามีลักษณะเป็นรูปถั่วมากขึ้นรูกลางที่เป็นท่อส่งน้ำจะหดเล็กลง ผิวนอกดูคล้ายมีฟิล์มมันเคลือบอยู่ ผนังชั้นแรกหรือ Primary wall เป็นผนังชั้นที่เกิดขึ้นก่อนเป็นชั้นบาง ขณะที่ท่อส่งน้ำตรงกลางใหญ่ดูคล้ายท่อ ต่อมาเมื่อ

เจริญเติบโตมากขึ้นผนังชั้นแรกจะมีความหนาเพิ่มขึ้นขยายจากผิวเข้าสู่ส่วนกลาง การเจริญเติบโตเป็นชั้น ๆ คล้ายวงปีในลำต้น ทำให้ท่อส่งน้ำส่วนกลางถูกเบียดเล็กลง แต่ละชั้นของผนังที่ขยายเข้าไปมีความหนาแตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ อาหารและน้ำ เปลือกที่หนาเพิ่มขึ้นนี้รวมเรียกกันเป็นผนังชั้นสองหรือ Secondary wall แต่ละชั้นที่เจริญเติบโตขึ้นนี้ประกอบไปด้วยเส้นใยละเอียดอันเกิดจากการต่อกันยาวของลูกโซ่โมเลกุลของเซลลูโลสจัดเรียงต่อกัน และลักษณะของการจัดเรียงกันนี่เองที่ทำให้ในบางครั้งมีทิศทางการเรียงที่สลับทิศสวนทางกัน ทำให้เกิดเกลียวฝ้ายขึ้นตามความยาวของเส้นใย



รูปที่ 2.1 แสดงภาคตัดขวางของฝ้าย [1]

2.1.3 เกลียวฝ้าย (Convolutions) [1]

เกลียวฝ้ายหรือการบิดตัวคล้ายริบบิ้น เป็นลักษณะที่แสดงถึงการเจริญเติบโตตามธรรมชาติอย่างเต็มที่แล้วของฝ้าย เมื่อปุยฝ้ายเปิดออกทำให้เส้นใยแห้งตัวลง ส่งผลให้รูส่งน้ำตรงกลางหดตัว ผนังของเส้นใยที่เกิดจากการเจริญเติบโตของลูกโซ่โมเลกุลมีการบิดเปลี่ยนทิศทาง ทำให้เป็นการขวั้นเกลียวที่สวนทางกัน เกิดการบิดงอเหมือนหลอดกาแฟ การบิดงอนี้เป็นการเกิดเกลียวแบบธรรมชาติ ทำให้เส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการเกาะเกี่ยวกัน ปั่นเป็นด้ายได้ง่าย มีความสามารถในการยืดตัวสูง แม้ว่าในขณะเดียวกันอาจมีผลเสียเกิดขึ้นในบริเวณของการบิดเกลียวบ้าง เช่น เกิดการจับฝุ่นหรือสิ่งสกปรกได้ ความแข็งแรงลดลงประมาณร้อยละ 15-30 เมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ๆ เชื่อกันว่าถ้าหากสามารถยืดดึงเส้นใยให้เหยียดตรงออกแล้วจะทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยเพิ่มขึ้นได้

รูปที่ 2.2 แสดงภาพตามความยาวของฝ้าย [1]

2.1.4 สมบัติทางกายภาพ [1]

ลักษณะภายนอก ฝ้ายจากธรรมชาติมีลักษณะคล้ายหลอดแบบบิดขวั้นกันเป็นเกลียว พื้นที่หน้าตัดเป็นเม็ดถั่วตรงกลางเป็นรูซึ่งเกิดจากท่อส่งน้ำตามแกนกลางของเส้นใยนั่นเอง ผิวของเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง

ความยาวของเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นมีความยาวอยู่ในช่วง 1/8- 2 1/2 นิ้ว (3- 63 มิลลิเมตร) โดยทั่วไปฝ้ายยาวมีความแข็งแรงดีกว่าฝ้ายสั้น

สี ปกติฝ้ายมีสีขาว บางชนิดอาจพบเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาล

ความมัน โดยธรรมชาติฝ้ายมีความมันน้อย ยกเว้นกรณีที่ผ่านการทำเมอร์เซอไรส์แล้ว ความมันจะดีขึ้น

ความแข็งแรง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาด มีค่าประมาณ 3.0-5.0 กรัมต่อดีเนียร์ เมื่อเปียกน้ำฝ้ายมีความแข็งแรง เพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 10-20 ฝ้ายที่ผ่านกระบวนการทำเมอร์เซอไรส์แล้วความแข็งแรงจะสูง โดยทั่วไปความแข็งแรงของฝ้ายแปรโดยตรงไปตามความยาวของเส้นใยเมื่อนำมาตีเกลียวเป็นด้าย เส้นใยยาวจะมีจุดสัมผัสและการเกาะกันของเส้นใยมากกว่าเส้นใยสั้น ทำให้เกิดแรงเสียดทานได้มากกว่า ส่งผลให้การทนต่อแรงดึงสูงขึ้น

การยืดตัว ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหมและขนสัตว์ เกลียวฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้มีการยืดตัวที่ดี และนำมาปั่นเป็นด้ายได้ง่าย สามารถยืดตัวได้ประมาณร้อยละ 3 - 7

การคืนตัวจากแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวภายหลังที่ถูกกดทับได้ต่ำ เกิดการยับได้ง่าย ในปัจจุบันมีการตกแต่งสำเร็จหลายวิธีที่จะช่วยให้ปัญหาของการยับลดลงในลักษณะที่เรียกกันว่า Wrinkle-free

การดูดซึมความชื้นที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 70°F (21°C) และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ฝ้ายมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้สูงถึงร้อยละ 7 -10 และความแข็งแรงของฝ้ายสูงขึ้นเมื่อเปียก

ความร้อน ฝ้ายทนต่อความร้อนได้ดี อุณหภูมิที่ใช้ในการรีดอาจสูงถึง 400-425 ° F (204-218 °C)ในระยะเวลาสั้น ๆ ฝ้ายเริ่มไหม้และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 475 °F (246 °C) และถ้าสูงกว่านั้นอาจถูกทำลายได้ สามารถซักได้ด้วยน้ำร้อนระดับ 212°F (100 °C) และอบแห้งได้ 160 - 200 °F (93-71 °C)

ความถ่วงจำเพาะ 1.5

2.1.5 สมบัติทางเคมีของฝ้าย [1]

กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย แต่ถ้าเป็นกรดประเภทกรดกำมะถันหรือกรดไฮโดรคลอริกจะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว และถ้าถูกกรดไนตริก ทำปฏิกิริยาได้เซลลูโลสไนเทรดมีสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

ฝ้ายทนต่อสารละลายด่างได้ดี แม้ด่างแก่ที่ใช้เป็นสบู่ในการซักล้างก็ไม่มีผลต่อสมบัติของฝ้าย นอกจากนั้นแล้วด่างที่เป็นสารเคมีหลักในการทำเมอร์เซอไรส์กลับทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

สารละลายอินทรีย์ ฝ้ายสามารถซักแห้งได้เนื่องจากมีความทนทานต่อสารละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดีมาก

สารซักฟอกโดยทั่วไปที่มีขายในตลาดชนิดที่ไม่แก่มากนัก สามารถใช้ซักฟอกฝ้ายได้ แต่ต้องระวังเรื่องของความเข้มข้นและระยะเวลา ประกอบกับภายหลังการซักฟอกแล้วควรทำการล้างน้ำสะอาดออกให้หมด สารซักฟอกประเภทออกซิไดซ์ที่แก่ เช่น โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีผลทำให้ฝ้ายเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นสภาพที่เรียกว่า ออกซีเซลลูโลส (Oxycellulose) ที่มีสมบัติอ่อนแอกว่าฝ้ายปกติ ขาดง่ายเมื่อเปียก และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

ราและแมลง ปกติผ้าฝ้ายเกิดราได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างมาจากการลงแป้งทำให้เป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของรา ปัญหานี้แก้ได้โดยการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายภายหลัง สำหรับแมลงก็เช่นเดียวกันเป็นปัญหาสืบเนื่องจากแป้งที่ตกค้างในฝ้ายมากกว่าสืบเนื่องจากเส้นใยฝ้ายเอง

แสง ฝ้ายถูกแสงแดดทำให้เกิดการออกซิไดซ์เป็นออกซีเซลลูโลสเปลี่ยนเป็นเหลืองและเสื่อมคุณภาพลง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้งานฝ้ายไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง

การย้อมสี สามารถรับสีย้อมได้หลายชนิด เช่น สีรีแอคทีฟ สีแวท นอกจากนั้นอาจเป็นสีไดเรคท์และสีเบสิก

2.1.6 การใช้ประโยชน์จากฝ้ายและการดูแลรักษา [1]

ผ้าฝ้ายมีความเหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์หลายด้าน ทั้งการทำเป็นเส้นใยในผ้าเครื่องใช้ในบ้าน งานอุตสาหกรรม สำหรับการใช้ทำเสื้อผ้ามีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เนื่องจากผ้าฝ้ายให้ความสบายในการสวมใส่หลายประการ เช่น เป็นตัวนำความร้อนที่ดีจึงมาสะสมความร้อน ดูดความเปียกชื้นได้ดีและระเหยไปได้เร็ว ผ้าจึงดูดซับความเปียกชื้นได้อยู่เรื่อยๆ คล้ายไส้ตะเกียง ดูดซับน้ำมัน คุณสมบัตินี้เรียกว่า Wickability ฝ้ายไม่สะสมประจุไฟฟ้าสถิต จึงเหมาะสมจะสวมในขณะอากาศเย็นและมีความชื้นต่ำ

ผ้าฝ้ายถึงแม้จะยับง่าย แต่ก็แก้ไขโดยการตกแต่งสำเร็จให้ทนยับได้ โดยวิธี Durable press หรือผสมเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยที่มีความเหนียวและไม่หดหรือยับง่าย คือพอลิเอสเทอร์ การผสมมักจะใช้ปริมาณเส้นใยทั้งสองต่างกันเช่น พอลิเอสเทอร์ร้อยละ 65 ฝ้ายร้อยละ 35 หรือ พอลิเอสเทอร์

ร้อยละ 50 ฝ้ายร้อยละ 50 นอกจากนี้การตกแต่งสำเร็จที่ช่วยให้ฝ้ายมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้นได้แก่ การตกแต่งด้วยการชุบด่าง (Mercerization) เพื่อทำให้ฝ้ายมีความเหนียว ความมันดูดสีย้อมได้ดี การตกแต่งเพื่อให้ผ้าไม่หด โดยวิธีการดึงผ้าให้ตึงเคลื่อนผ่านลูกกลิ้งร้อน (Compressive shrinkage) ตัวอย่างของผ้าฝ้ายที่ใช้ทำประโยชน์ด้านต่างๆ มีดังนี้

ผ้าฝ้ายบาง น้ำหนักเบา เช่น ผ้ามัสลิน (Muslin) ผ้าแก้วออร์แกนดี (Ogandy) ผ้าบาติส (Batiste) เหมาะใช้ทำเสื้อผ้าเด็กอ่อน ผ้าเช็ดหน้า ตกแต่งหรือตัดเป็นเสื้อผ้าสตรีตามแบบที่เหมาะสม

ผ้าฝ้ายหนาปานกลาง เช่น ผ้าปอปลิน (Poplin) ผ้าทาฟเฟต้า (Taffeta) ผ้าฝ้ายพิมพ์ลายตาราง (Percale) ผ้าออกซ์ฟอร์ด (Oxford) ผ้าสำลี (Flannel) เหมาะสำหรับใช้ทำเสื้อผ้า เช่น เสื้อเชิร์ต เสื้อตัวเดียว เสื้อคลุม เสื้อนอน เครื่องใช้ในบ้าน ปลอกหมอนผ้าปูที่นอน

ผ้าฝ้ายหนามาก เช่น เสิร์จ (Serge) การ์บาดีน (Gabardine) เหมาะสำหรับตัดกางเกง กระโปรง สูท เครื่องแบบ ผ้าขนหนู (Terry) เหมาะที่จะใช้ทำผ้าเช็ดตัว ผ้าเช็ดหน้า เสื้อกันหนาว เสื้อคลุม ผ้ากำมะหยี่ (Velvet, Velveteen) ใช้ตัดเสื้อผ้าที่สวยงามหรูหรา ผ้าเดนิ่ม (Denim) หรือที่เรียกกันว่าผ้ายีน ใช้ตัดกางเกง กระโปรง เสื้อแจ็กเกต ผ้ากำมะหยี่ลูกฟูก ใช้ตัดกางเกง เสื้อแจ๊กเกต ผ้าใบ (Canvas) ใช้ทำเต็นท์ เป็นต้น

ผ้าฝ้ายมีความแข็งแรง โดยเฉพาะเมื่อเปียกน้ำ จึงซักได้ทั้งในน้ำและซักแห้ง สารซักฟอกและสารฟอกขาวได้ทุกชนิด ฝ้ายชอบดูดซับน้ำ จึงดูดซับรอยเปื้อนที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อน้ำระเหยไปก็จะพบคราบรอยเปื้อนติดอยู่บนผ้า หากการซักฟอกธรรมดายังไม่สามารถกำจัดรอยเปื้อนได้ก็ควรกำจัดรอยเปื้อนด้วยสารลบรอยเปื้อนที่เหมาะสม ผ้าฝ้ายยับง่าย หดตัวเมื่อซักน้ำแต่ถ้าได้รับการตกแต่งสำเร็จ หรือทำเป็นผ้าใยผสมจะลดปัญหานี้ไปได้ ฝ้ายทนต่อแสงแดดหรือความร้อนที่ใช้ทำให้ผ้าแห้งได้ แต่ถ้าตากแดดตลอดเวลาจะทำให้เป็นสีเหลืองและลดความแข็งแรงลง การซักและตากผ้าฝ้ายควรให้แห้งสนิท หากยังชื้นแล้วนำไปเก็บไว้จะเกิดราและมีกลิ่นอับเกิดขึ้นได้ การรีดผ้าฝ้ายให้เรียบจะต้องรีดด้วยอุณหภูมิสูงขณะที่ผ้าชื้นโดยทั่วผืน

2.2 ผ้าทอ (Woven Fabric) [2]

ผ้าทอ หมายถึง ผ้าที่ผลิตจากเส้นด้าย 2 ชุด หรือมากกว่ามาขัดสานกัน โดยที่เส้นด้ายขนานไปตามความยาวของผืนผ้า เรียกว่า ด้ายยืน (Warp yarn) และเส้นด้ายที่ขนานไปตามความกว้างของผืนผ้าเรียกว่า ด้ายพุ่ง (Weft or Filling yarn)

โดยส่วนใหญ่ผ้าทอจะประกอบด้วยเส้นด้าย 2 ชุด คือ ด้ายยืน 1 ชุด และด้ายพุ่ง 1 ชุด ขัดสานกันเป็นมุมฉากซึ่งกันและกัน โครงสร้างลายทอพื้นฐาน มีอยู่ 3 แบบ คือ

ลายขัด (Plain weave)

ลายทแยง (Twill weave)

ลายต่วน (Satin weave)

สัญลักษณ์การขึ้นหรือลงของด้ายยืนและด้ายพุ่ง

หมายถึง ด้ายยืนขึ้น ด้ายพุ่งลง

หมายถึง ด้ายพุ่งขึ้น ด้ายยืนลง

2.2.1 ลายขัด (Plain weave) [2]

เป็นโครงสร้างผ้าที่ง่ายที่สุด โดยที่ด้ายยืนเส้นแรกจะข้ามด้ายพุ่งเส้นแรกและลอดใต้เส้นที่สอง ในขณะเดียวกันด้ายยืนเส้นที่สองจะลอดใต้ด้ายพุ่งเส้นแรกและข้ามด้ายพุ่งเส้นที่สอง ลักษณะการข้ามและลอดของด้ายยืนและด้ายพุ่งจะสลับกันไปตลอด

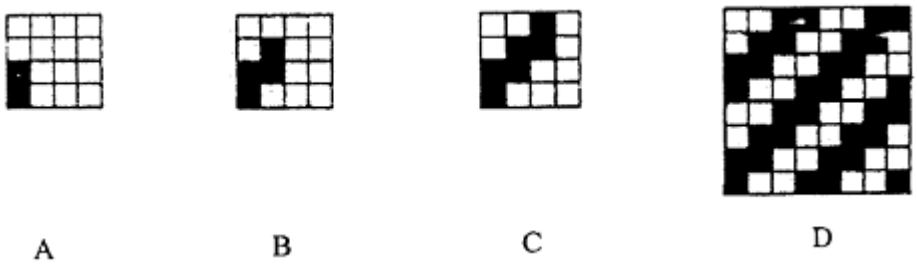
ใน 1 ลายซ้ำของผ้าขัดประกอบด้วยด้ายยืน 2 เส้น และด้ายพุ่ง 2 เส้น ผ้าลายขัดนี้จะมีจุดขัดกันของด้ายยืนและด้ายพุ่ง มากกว่าลายผ้าชนิดอื่น ๆ จึงทำให้ผ้ามีความแข็งแรงสูง

รูปที่ 2.3 โครงสร้างผ้าลายขัด [2]

2.2.2 ลายทแยง (Twill weave) [2]

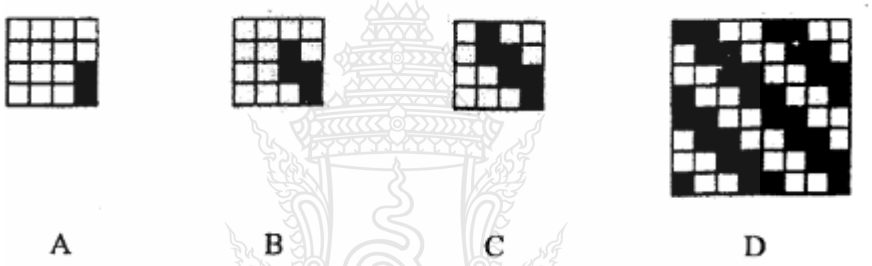
เป็นลายทอที่มีลักษณะทแยง โดยการลอยข้ามเหลื่อมกันขึ้นไปของด้ายยืนหรือด้ายพุ่งอย่างต่อเนื่อง แนวทแยงจะมีทิศทางไปทางซ้ายหรือขวาก็ได้ ถ้าเป็นแนวทแยงทางซ้าย เรียกว่า S Twill ถ้าเป็นแนวทแยงขวา เรียกว่า Z twill

จากรูปที่ 2.4 ใน 1 ลายซ้ำ ประกอบด้วยด้ายยืน 4 เส้นและด้ายพุ่ง 4 เส้น ลักษณะการลอยข้ามของด้ายยืนเส้นที่ 1 (รูปA)จะข้ามด้ายพุ่ง 2 เส้น ลอด 2 เส้น รูป B-C แสดงถึงการทแยงของด้ายยืน ส่วนรูปD แสดงถึง 1 ลายซ้ำของลายสองสมดุลแบบขึ้น 2 ลง 2 ทแยงขวา ซึ่งสามารถเขียนแทนได้ด้วย 2 /2 Z twill



รูปที่ 2.4 ลักษณะลายทแยงขวา [2]

ส่วนการเขียนลายทอทแยงซ้าย (S twill) มีหลักการเช่นเดียวกับการทแยงขวา เพียงแต่ทิศทางการทแยงต่างกันเท่านั้น ดังรูปที่ 2.5(A-D) เป็นลายสองสมดุลแบบ 2 /2 S twill



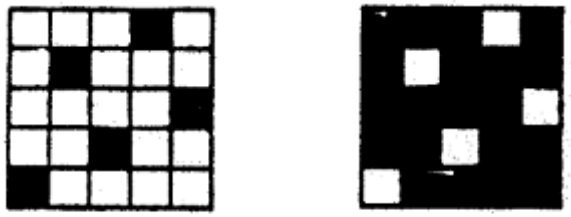
รูปที่ 2.5 ลักษณะลายทแยงซ้าย [2]

2.2.3 ลายต่วน (Satin weave) [2]

เป็นลายทอที่มีการลอยข้ามของเส้นด้ายยืนหรือด้ายพุ่งมากกว่าลายขัดและลายทแยง ดังนั้น จุดขัดกันของเส้นด้ายจึงมีน้อย ซึ่งมีผลทำให้เส้นด้ายสามารถเรียงติดกันได้มาก ลักษณะผ้าทอด้วยลายต่วนจึงมีความมันเงา

ผ้าลายต่วนที่ทอจากเส้นด้ายใยสังเคราะห์ เรียกว่า Satin ส่วนคำว่า Sateen จะใช้เรียกผ้าลายต่วนที่ทอจากเส้นด้ายฝ้าย ลายต่วนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการลอยข้ามของเส้นด้าย คือ ต่วนด้ายยืน (Warp flush) เป็นลายต่วนที่มีด้ายยืนลอยข้ามปรากฏบนหน้าผ้ามากกว่าด้ายพุ่ง ต่วนด้ายพุ่ง (Filling flush) เป็นลายต่วนที่มีด้ายพุ่งลอยข้ามปรากฏบนหน้าผ้ามากกว่าด้ายยืน

สำหรับการเรียกชื่อลายต่วนทั้งด้ายยืนและด้ายพุ่ง ตามลักษณะการทอนั้นจะเรียกชื่อจำนวนตะกอที่ใช้ เช่น ต่วน 5 ตะกอ หมายถึง ใน 1 ลายซ้ำจะมีด้ายยืน 5 เส้น และด้ายพุ่ง 5 เส้น และใช้ 5 ตะกอในการทอ เป็นต้น



รูปที่ 2.6 (A) ลักษณะลายต่วนด้ายพุ่ง 5 ตะกอ [2]
(B) ลักษณะลายต่วนด้ายยืน 5 ตะกอ [2]

2.3 สมบัติทางกายภาพของผ้าทอ (Physical properties of woven fabric)

2.3.1 ความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า (Tensile strength) [3]

สิ่งทอจำเป็นต้องมีสมบัติตามต้องการและเหมาะสมต่อการใช้งาน สำหรับการนำสิ่งทอมาทำเป็นเสื้อผ้าอย่างน้อยต้องมีความแข็งแรงที่เพียงพอ เนื่องจากในการใช้งานผ้าอาจเกิดการขาดได้เมื่อถูกแรงดึงจากการถูกกระชาก ถูกฉีกหรือการดันทะลุ การทดสอบโดยห้องปฏิบัติการเพื่อหาความแข็งแรงของผ้าต่อแรงกระทำต่างๆ จึงมีความจำเป็นซึ่งโดยทั่วไปจะทำการทดสอบกับผ้าก่อนจะใช้งาน

เมื่อผ้าถูกใช้งานในสภาวะที่หลากหลาย รวมทั้งการทำความสะอาดด้วยวิธีการต่างๆ การถูกแสง หรือสารเคมีอื่น ทำให้ผ้ามีคุณภาพลดลง ดังนั้นความแข็งแรงในระดับที่เหมาะสม จึงแสดงให้เห็นว่าเสื้อผ้า หรือวัสดุที่นำมาทำเสื้อผ้านั้นมีสมบัติที่เหมาะสมและสมเหตุผลต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน

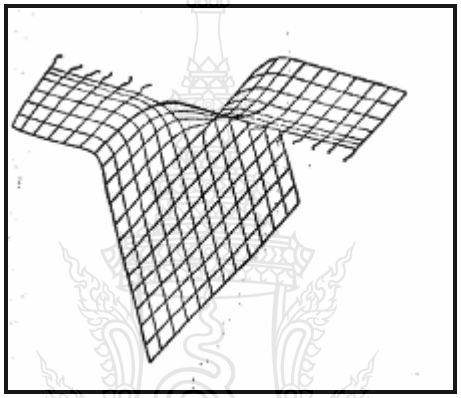
ความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า (Tensile strength) เป็นความแข็งแรงของผ้าต่อแรงกระทำในแนวด้ายยืนหรือแนวด้ายพุ่งของผ้า ซึ่งมีผลมาจากโครงสร้างของผ้าหรือสารตกแต่งบนผ้า ซึ่งความแข็งแรงต่อแรงดึงมักถูกใช้เป็นข้อกำหนดพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะกำหนดตามวัตถุประสงค์การใช้งานของผลิตภัณฑ์ต่างๆ การทดสอบกับวัตถุดิบใหม่ๆก็เช่นกันจึงถูกกำหนดด้วยข้อกำหนดนี้ ถ้าความแข็งแรงต่อแรงดึงของผลิตภัณฑ์นั้นลดลงจากเดิมแสดงให้เห็นว่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เส้นใย หรือการตกแต่งในวัสดุนั้น

โดยปกติเส้นด้ายยืนมักมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นด้ายพุ่งเนื่องจากมีความถี่เส้นด้ายแนวยืนมากกว่าหรือมีจำนวนเกลียวมากกว่าเพื่อทำให้มีความแข็งแรงเพียงพอในขณะทอ ความแข็งแรงต่อการดึงของผ้านิยมกำหนดแยกสำหรับแต่ละแนวเส้นด้าย แต่ในบางโอกาสก็ใช้ข้อกำหนดขั้นต่ำเพียงค่าเดียวสำหรับกำหนดการยอมรับในการซื้อขายผ้าทั้งชิ้น

ผลจากการทดสอบความแข็งแรงของผ้า อาจนำมาใช้คำนวณเพื่อหาความแข็งแรงของเส้นด้ายในผ้า ซึ่งพบว่าแรงของเส้นด้ายที่คำนวณได้นั้นอาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงประมาณร้อยละ 20 เนื่องมาจากในการทดสอบความแข็งแรงของผ้านั้นแต่ละเส้นในผ้าจะช่วยสนับสนุนให้เกิดการยึดเกาะของเส้นใยและทำให้เส้นด้ายแข็งแรงขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนกับผ้าที่ทำจากด้ายเส้นใยสั้น

ปัจจัยอีกอย่างที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายและความแข็งแรงของผ้ามาจากการทอ ผ้าที่มีโครงสร้างแน่นและมีเส้นด้ายอยู่ชิดกันเช่น ผ้าทอลายขัด ผ้าทอลายทแยงทั่วไปและผ้าทอเสื่อ (Matt) จะมีความแข็งแรงมากกว่าผ้าโครงสร้างหลวมๆ เช่น ซาติน

2.3.2 ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (Tearing strength) [3]



รูปที่ 2.7 ผ้าระหว่างการฉีกขาด [3]

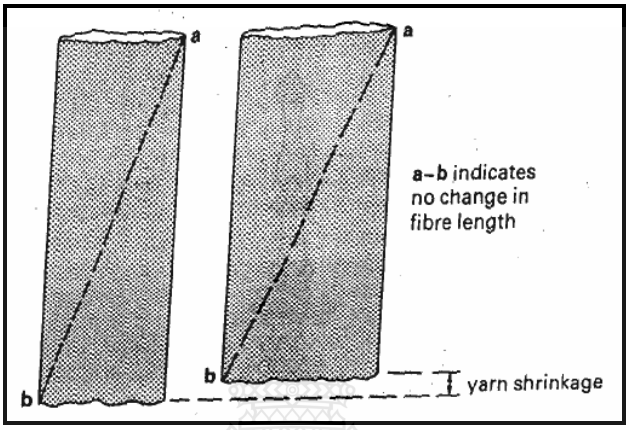
จากรูปที่ 2.7 พบว่า ผ้าจะถูกฉีกขาดด้วยแรงกระทำต่อเส้นด้ายทีละเส้น ปกติความแข็งแรงต่อแรงฉีกของผ้าจะน้อยกว่าความแข็งแรงต่อแรงดึงซึ่งมีการทดสอบโดยใช้แรงกระทำต่อเส้นด้ายหลายเส้นด้วยกัน

การฉีกขาดของผ้าถ้าเส้นด้ายมีการเคลื่อนที่ได้ง่ายทำให้เกิดการรวมตัวของเส้นด้ายเข้าด้วยกันและเกิดการสนับสนุนไปยังเส้นใยข้างเคียง ดังนั้นผ้าที่มีเส้นด้ายเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่าจะมีความแข็งแรงต่อการฉีกขาดที่สูงกว่า ผ้าทอลายขัดที่มีโครงสร้างที่แน่นการเคลื่อนที่ของเส้นด้ายต่ำจะมีความแข็งแรงต่อการฉีกขาดต่ำ ในขณะที่โครงสร้างลายทแยง ซาตินและซาตีนซึ่งโครงสร้างมีเส้นด้ายที่ลอยข้ามกันยาวกว่า จะเกิดการเคลื่อนที่ของเส้นด้ายง่ายกว่าจึงมีความแข็งแรงต่อการฉีกสูงกว่า

การตกแต่งด้วยเรซิ่นสังเคราะห์หรือแป้งจะทำให้เกิดแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างเส้นด้ายซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ของเส้นด้ายในผืนผ้าลดลง ส่งผลให้ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดลดลง ในขณะที่สารตกแต่งประเภทสารหล่อลื่นช่วยเพิ่มความแข็งแรงต่อการฉีกขาดได้ ในขณะที่เส้นด้ายที่ทำจากเส้นใยที่ยืดตัวได้ง่าย เช่น ขนสัตว์ หรือ ไนลอนมีความยืดหยุ่นและงอตัวได้ดีภายใต้แรงกระทำ จึงเกิดการกระจายแรงไปยังเส้นด้ายข้างเคียงทำให้มีความแข็งแรงต่อการฉีกขาดที่ดี

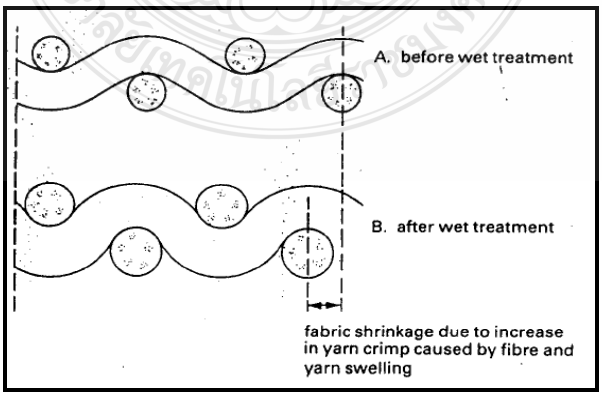
2.3.3 การหดตัวของผ้าเนื่องจากการพองของเส้นใย (Shrinkage due to fiber swell) [3]

การพองตัวของเส้นใยจากการดูดซึมน้ำ จะทำให้ขนาดของเส้นใยโตขึ้น แต่ในบางกรณีเส้นใยจะยาวขึ้นจะพบว่าเส้นใยที่ดูดซึมน้ำได้น้อยมีแนวโน้มในการพองตัวน้อยกว่าเส้นใยที่ดูดซึมน้ำได้ดี การพองตัวของเส้นใยเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผ้าหดระหว่างการซักซึ่งจะพบว่าเส้นใยที่มีการพองตัวที่ดีจะมีการหดมากกว่าดูได้ จากรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การพองตัวของเส้นด้ายเนื่องจากการพองของเส้นใย [3]

ถ้าแช่เส้นด้ายฝ้ายหรือวิสคอสในน้ำ เส้นใยและเส้นด้ายจะพองใหญ่ขึ้นทำให้ความยาวของเส้นใยเปลี่ยนไปดังนั้นขนาดของเส้นด้ายจะโตขึ้นและความยาวของเส้นด้ายจะลดลง และจากการเปรียบเทียบการหดตัวของเส้นด้ายเกลียวหลวมและเส้นด้ายเกลียวแน่น พบว่าเส้นด้ายเกลียวแน่น มีการพองและหดของเส้นด้ายมากกว่าเนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเส้นใยภายในเส้นด้ายน้อย ในขณะที่เส้นด้ายมีเกลียวหลวม จะเกิดการพองของเส้นใยขึ้นภายในช่องว่างระหว่างเส้นใยก่อนที่จะเกิดการพองตัว และหดตัวของเส้นด้าย



รูปที่ 2.9 การพองตัวของเส้นด้าย โครงสร้างผ้าทอ [3]

เมื่อลองพิจารณาในภาวะที่ผ้าเปียกและผ้าแห้งตามรูปที่ 2.9 พบว่าเส้นด้ายจะพองตัวตามชนิดของเส้นใยที่ใช้และจำนวนการเข้าเกลียว แรงที่เกิดจากการพองตัวของเส้นใยจะทำให้เส้นด้ายงอและเกิดการยึดเกาะกันมากขึ้นส่งผลทำให้รอยหยิกของเส้นด้ายเพิ่มขึ้นผ้าจึงหดและหนาขึ้น

กรณีของเส้นใยวิสคอส การหดตัวเนื่องจากการพองเกิดขึ้นมาก เพื่อลดการหดตัวของผ้าที่เกิดจากการพองตัวของเส้นใยโดยใช้สารตกแต่งที่ทำให้การดูดซึมน้ำของผ้าลดลง ด้วยเหตุผลนี้การใช้เรซิ่นสังเคราะห์จึงถูกนำมาใช้กับเส้นใยวิสคอสและฝ้ายเพื่อลดการดูดซึมน้ำของเส้นใยจึงทำให้การหดของเส้นด้ายและผ้าลดลง

2.4 การทำความสะอาดผ้า (Theory of the washing process) [4]

การซักผ้าและการทำความสะอาดผ้าเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกันระหว่างกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางกายภาพ การซักผ้าสามารถกำจัดสิ่งสกปรกออกด้วยน้ำหรือสารละลายของผงซักฟอก ซึ่งกระบวนการซักผ้านั้นเริ่มต้นจากสิ่งสกปรกถูกทำให้หลุดออกจากผ้า (Substrate) จากนั้นสารในผงซักฟอกมีหน้าที่ทำให้สิ่งสกปรกกระจายตัวและคงตัวอยู่ในสารละลาย และสุดท้ายสิ่งสกปรกต้องไม่ย้อนกลับเข้าไปติดผ้าได้อีก

องค์ประกอบหลักที่อยู่ในกระบวนการซักผ้าได้แก่ น้ำ สิ่งสกปรก สิ่งทอ อุปกรณ์ซักผ้า และ ผงซักฟอก ซึ่งประสิทธิภาพของการซักจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับสมบัติของสิ่งทอ ชนิดของสิ่งสกปรก คุณภาพของน้ำ ผงซักฟอก และ เทคนิคในการทำความสะอาด ซึ่งได้แก่ปริมาณและชนิด ของแรงกระทำเชิงกล เวลา และอุณหภูมิ

2.4.1 อิทธิพลของน้ำ [4]

น้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายให้กับผงซักฟอก นอกจากนั้นยังเป็นตัวกลางที่ช่วยพาให้สิ่งสกปรกกระจายตัวและอยู่ในรูปของสารแขวนลอย อย่างไรก็ตามกระบวนการซักผ้าจะเริ่มต้นตั้งแต่สิ่งสกปรกเริ่มเปียกน้ำ แต่เนื่องจากน้ำนั้นมีแรงตึงผิว (Surface Tension) ที่สูง มากถึง 72 mN/m การเปียกของสิ่งสกปรกจะทำได้ดี และมีประสิทธิภพสูงขึ้น โดยใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในผงซักฟอก

ความกระด้างของน้ำเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสำคัญมากต่อกระบวนการซักผ้าความกระด้างของน้ำถูกวัดในรูปของปริมาณ แคลเซี่ยม (Calcium) และ แมกนีเซี่ยม (Magnesium) ที่อยู่ในน้ำ ในหน่วย มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/l) ซึ่งในแต่ละภูมิภาคของโลก มีปริมาณความกระด้างของน้ำที่แตกต่างกัน เช่น ประเทศออสเตรเลีย (เมลเบิร์น10-26 ppm , ซิดนีย์ 39.4 - 60.1 ppm) ,ประเทศแคนนาดา (มอนทริออล 116 ppm , โตรอนโต 121 ppm)ประเทศอังกฤษ (มากกว่า 200 ppm) ,รัฐเวลล์ (0-200 ppm) [5] สำหรับประเทศไทยน้ำประปามีความกระด้างไม่เกิน 300 ppm

น้ำที่มีคุณภาพต่ำจะมีผลต่อกระบวนการซักผ้า และการทำงานของเครื่องซักผ้า ปริมาณของ แคลเซี่ยม และ แมกนีเซี่ยม มีผลโดยตรงต่อความกระด้างของน้ำ ซึ่งส่งผลให้เกิดการตกตะกอนทั้งในรูปของ คาร์บอเนต (Carbonate) และทำปฏิกิริยากับสารที่อยู่ในผงซักฟอกเกิดเป็นสารประกอบตกค้างหลงเหลืออยู่ภายหลังการซัก และยังเป็นตัวทำให้เกิด ตะกรัน (Scale) ในเครื่องซักผ้าได้ ซึ่งตะกรันนี้จะไปขัดขวางการทำหน้าที่ของขดลวดความร้อน และส่วนประกอบอื่นๆ ของเครื่อง นอกจากนี้ในที่มีปริมาณแคลเซี่ยมสูงทำให้การขจัดสิ่งสกปรกที่เป็นสารพิกเมท์ออกได้ยาก นอกจากแคลเซี่ยมแล้วสารอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ ได้แก่ เหล็ก หรือทองแดง ก็ส่งผลต่อการซักผ้า เช่น เหล็ก จะเป็นตัวเร่งทำให้การแตกตัวของสารฟอกขาวเร็วขึ้น เป็นต้น

2.4.2 ชนิดของสิ่งสกปรก (Type of soils) [4]

สิ่งสกปรก (Soil) อาจจำแนกตามแหล่งที่มา เช่น ฝุ่นจากอากาศ สิ่งสกปรกจากร่างกายมนุษย์ เครื่องสำอาง สิ่งสกปรกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน แต่การจำแนกชนิดของ สิ่งสกปรกที่นิยมกันจะจำแนกตามชนิดของสิ่งสกปรกดังนี้

ก. สารที่ละลายน้ำ (Water soluble material) เช่น เกลืออนินทรีย์ น้ำตาล ยูเรีย เหงื่อ

ข. พิกเมนท์ (Pigment) เช่น ออกไซด์ของโลหะ คาร์บอเนต ซิลิเกต ซากพืช ถ่าน

ค. ไขมัน (Fat) เช่น ไขมันสัตว์ ไขมันผัก ซีบัม น้ำมันแร่ ขี้ผึ้ง

ง. โปรตีน (Protein) เช่น เลือด ไข่ นม สะเก็ดผิวหนัง

จ. คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) เช่น แป้ง

ฉ. สีที่ฟอกออกได้ (Bleachable color) เช่น ผลไม้ ผัก ไวน์ กาแฟ ชา

การกำจัดสิ่งสกปรกออกระหว่างกระบวนการซัก ทำได้ด้วยการเพิ่มกระบวนการทางกล ได้แก่เวลาในการซัก อุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการซักขึ้นอยู่กับการทำปฏิกิริยาร่วมระหว่างผิวหน้าของผ้า (Substrate surface) สิ่งสกปรก และสารประกอบของผงซักฟอก (Detergent component)

สิ่งสกปรกที่ทำความสะอาดได้ยากได้แก่ พิกเมนท์ เช่น ถ่านดำ ออกไซด์ของโลหะ คาร์บอเนต ซิลิเกต สิ่งสกปรกอีกรูปแบบที่ ส่งปัญหาต่อกระบวนการซัก ประกอบด้วยไขมันที่มีปริมาณ ไฮโดรคาร์บอนสูง โปรตีนสังเคราะห์ และสีย้อม ซึ่งสารเหล่านี้จะอยู่ในเส้นใยผ้าในรูปของสิ่งสกปรกแบบผสม (Mixed soils)

การนำสิ่งสกปรกออกจากผิวของเส้นใยผ้า สามารถใช้ปฏิกิริยาร่วมหรือไม่ก็ได้ กระบวนการรีดอกซ์ เป็นปฏิกิริยาฟอกขาวในสารที่สามารถออกซิไดซ์ออกได้ เช่น สีธรรมชาติจากชา ไวน์ น้ำผลไม้ ในขณะที่เอนไซม์ เป็นสารที่ใช้เป็นตัวกำจัดสิ่งสกปรกที่เป็น โปรตีน

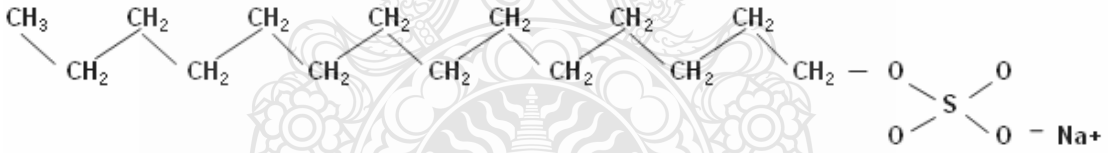
2.4.3 อิทธิพลของเส้นใยสิ่งทอ (Influence of textile fiber type) [4]

ความสามารถของผงซักฟอกในการกำจัดสิ่งสกปรกไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารในผงซักฟอกเพียงประการเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุสิ่งทอด้วย เส้นใยสิ่งทอที่มี แคลเซี่ยม สูงที่ผิวของเส้นใย เช่น ฝ้ายจะมีพฤติกรรมที่แตกต่างจากเส้นใยสังเคราะห์ ที่ มี แคลเซี่ยม ที่ผิวของเส้นใยต่ำกว่าชนิดของเส้นใยมีผลต่อปริมาณของความชอบหรือไม่ชอบน้ำ ของเส้นใย (Hydrophobic /Hydrophilic) ความสามารถในการเปียกและการหลุดออกของสิ่งสกปรก

2.4.4 สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) [6]

สารลดแรงตึงผิว คือคำที่ใช้กับสารที่เป็น Surface active agent หมายถึงสารที่สามารถแรงตึงผิวของเหลวได้โดยใช้เพียงความเข้มข้นต่ำ เช่น ชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารลดแรงตึงที่ดี จะสามารถลดแรงตึงผิวของน้ำได้จาก 72 dyes/cm ลงเป็น 30 dyes/cm โดยใช้ความเข้มข้นเพียงร้อยละ 0.1

โดยทั่วไปสารลดแรงตึงผิว จะมีส่วนที่ทำหน้าที่สำคัญของส่วนในโมเลกุลคือ ส่วนที่เป็นหมู่เคมีที่ไม่ดึงดูดน้ำ (Hydrophobic group) แต่ดึงดูดน้ำมันได้ดี (Oleophillic group) และส่วนที่เป็นหมู่เคมีที่ดึงดูดน้ำได้ดี (Hydrophillic group) แต่ไม่ดึงดูดน้ำมัน (Oleophobic group) ดังตัวอย่างแสดงโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว



ใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทนสารลดแรงตึงผิวในส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนของโมเลกุล ซึ่งเป็นหมู่เคมีที่ไม่มีประจุจะเป็นส่วนที่เป็น Hydrophobic group และส่วนที่เป็น $–SO_4$-Na+ จะเป็นส่วนที่เป็นเป็น Hydrophillic group

เมื่อละลายสารลดแรงตึงผิวลงในน้ำ โมเลกุลจะกระจายตัวไปอยู่ที่ผิวน้ำ โดยส่วนที่เป็นไฮโดรฟิลิกจะอยู่ในน้ำ ส่วนไฮโดรโฟบิกจะยื่นออกไปจากผิวน้ำ ถ้ามีความเข้มข้นมากโมเลกุลก็จะเรียงตัวอยู่ที่ผิวมากขึ้น ปริมาณหรือความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวที่ไม่สามารถจะทำให้แรงตึงผิวของน้ำลดลงไปได้อีก เรียกว่า Critical micelle concentration และเมื่อไม่มีที่ว่างที่ผิวน้ำอีก โมเลกุลจะอยู่ภายในน้ำ โดยรวมตัวกัน เป็นกลุ่มโมเลกุลเล็กๆที่เรียกว่า ไมเซล (Micelle) ซึ่งอาจมีลักษณะกลม

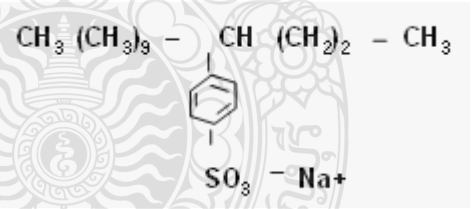
(Spherical) หรือเป็นชั้น (Lamellar) ไมเซลมีความสำคัญในการทำให้เกิด Detergency หรือคุณสมบัติในการกำจัดสิ่งสกปรกในสารซักฟอก (Detergent) และทำให้เกิดแตกตัว (Emulsification) และการละลาย (Solubilization) สารลดแรงตึงผิวแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดคือ สารลดแรงตึงผิวชนิดแอนอิออนิก (Anionic surfactants) สารลดแรงตึงผิวชนิดแคทอิออนิก (Cationic surfactants) สารลดแรงตึงผิวชนิดแอมโฟเทอริก (Amphoteric surfactants) สารลดแรงตึงผิวชนิดนอนอิออนิก (Nonionic surfactants)

ก. สารลดแรงตึงผิวชนิดแอนอิออนิก

เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวในหมู่ธาตุส่วนใหญ่ของโมเลกุลที่มี ประจุลบ (Anion) และโลหะอิออนบวก หมู่ที่มีประจุลบจะทำเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวในหมู่ธาตุส่วนใหญ่ของโมเลกุลที่มี ประจุลบ (Anion) หน้าที่ลดแรงตึงผิว Anionic surfactants แบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

1) Carboxylates เป็นเซอร์แฟคแตนท์ที่เกิดจากปฏิกิริยา Saponificantion ของความเป็นกรดไขมันกับด่าง ตัวอย่างเช่น $C_{17}H_{35}$ COONa (Sodium stearate) เป็นเซอร์แฟคแตนท์ในสบู่

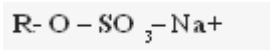
2) Sulfonates เป็นเซอร์แฟคแตนท์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด สูตรทั่วไปคือ RSO_3Na สำหรับ R คือ หมู่ไฮโดรคาร์บอน ชนิดที่ใช้ในสารซักฟอกควรเป็นชนิดที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ (Biodegradable hydrocarbon) ตัวอย่างเช่น ที่ใช้เป็นเซอร์แฟคแตนท์ในผงซักฟอก คือ



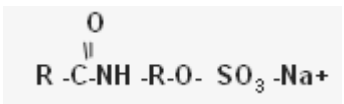
Linear alkylbenzene sulfonate (LAS)

3) Sulfates และ Sulfated products เป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีหมู่ $–SO_4–$ จับอยู่กับคาร์บอนอะตอมของหมู่ไฮโดรคาร์บอน มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีกว่าชนิด Sulfonate แต่จะถูกไฮโดรไลส์ได้ง่ายกว่า ตัวอย่าง เช่น สาร

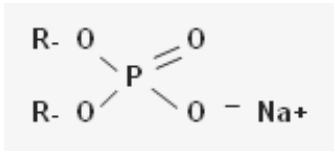
Alkyl Sulfate



Sulfate Ankylamide



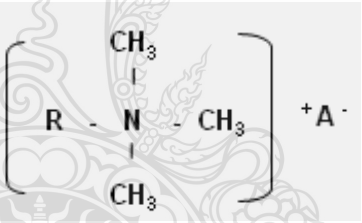
4) Phosphate Ester เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ทำหน้าที่เป็นสารช่วยให้เปียก (Wetting agent) ช่วยให้แตกตัว (Emulsifying agent) เช่น สาร



Dialkyl Phosphate Ester

ข. สารลดแรงตึงผิวชนิด แคทอิออนิก

เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวในหมู่ธาตุส่วนใหญ่ของโมเลกุลที่มี ประจุบวก (Cation) และทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดแคทอิออนิก สารนี้ทำหน้าที่เป็นสารลดการสะสมประจุไฟฟ้าสถิต ทำให้ผ้านุ่ม บางชนิดใช้ในการตกแต่งผ้าเพื่อทำให้มีคุณสมบัติป้องกันน้ำ ป้องกันแมลง หรือแบคทีเรีย ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชนิดที่ทำให้ผ้านุ่ม เช่น เกลือควอเทอร์เนรีแอมโมเนียม (Quaternary Ammonium salt)



Alkyl Trimethyl Ammonium salt

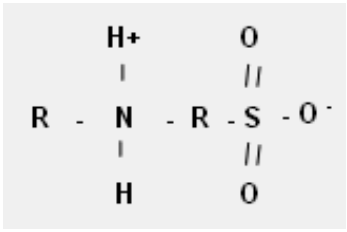
R อาจเป็น Alkyl , Cetyl , Lauryl ,Stearyl เป็นต้น

A อาจเป็น Cl^- ,$CH_3SO_4^-$

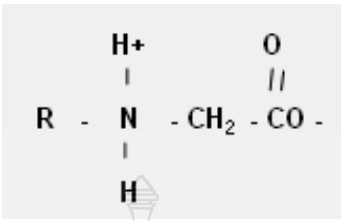
ค. สารลดแรงตึงผิวชนิด แอมโฟเทอริก

เป็นสารที่มีหมู่ธาตุที่ซึ่งทำหน้าทีลดแรงตึงผิว เป็นหมู่ธาตุที่มีประจุบวกและหมู่ธาตุที่มีประจุลบอยู่ในโมเลกุล สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้จะถูกนำไปใช้หลายด้าน เช่น สารซักฟอก สารทำให้ไขมันแตกตัว สารช่วยให้เปียก สารทำให้นุ่ม สารทำให้เกิดฟอง สารปรับสภาพผม โดยเลือกชนิดที่เหมาะสมกับหน้าที่ ตัวอย่างสารที่เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิด แอมโฟเทอริก เช่น

Alkyl Amine Sulfonate



Alkyl Glycine

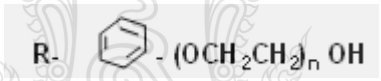


ง. สารลดแรงตึงผิวชนิดนอนอิออนิก

เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่ไม่มีประจุในโมเลกุล มีความสามารถในการละลายได้และ ทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวได้นั้น เนื่องมาจาก ออกซิเจนในโมเลกุลจะยึดจับกับน้ำโดยพันธะโฮโดรเจน

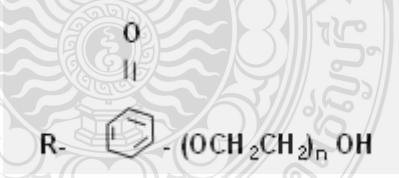
สารลดแรงตึงผิวนี้จะเป็นสารประกอบ Polyoxyethylene surfactant ตัวอย่าง เช่น

Ethoxylated alkyl phenol



สารประเภทนี้ถูกใช้เป็นสารซักฟอกสิ่งทอ สารทำให้แตกตัว (Emulsifier) เช่น

Carboxylic Ester



ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารทำให้ฟองคงตัว (Foam stabilizer) และช่วยทำให้เกิดความสะอาด จึงถูกนำไปใช้เป็นส่วนประกอบหลักของผงซักฟอก และสารซักฟอกในการซักแห้ง (Dry cleaning detergent)

2.5 ผงซักฟอก (Detergent) [7]

ผงซักฟอก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีสารลดแรงตึงผิวชนิดสังเคราะห์และ/หรือชนิดธรรมชาติเป็นส่วนประกอบหลัก สำหรับใช้ซักผ้า ผงซักฟอก แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดซักฟอกด้วยมือ ชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า ชนิดซักฟอกด้วยมือหรือเครื่องซักผ้า

2.5.1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี [7]

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของผงซักฟอก

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		ชนิดซักด้วยมือ	ชนิดซักด้วยมือหรือด้วยเครื่องซักผ้า	ชนิดซักเครื่องซักผ้า
1	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำให้เป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร	ไม่เกิน 10.5		ไม่เกิน 11.0
2	สารที่ละลายได้ในเอทานอล ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 18.0		ไม่น้อยกว่า 5.0
3	สารลดความกระด้างของน้ำ (คำนวณเป็นแคลเซียมที่ทำปฏิกิริยา) มิลลิกรัมต่อกรัม	27 ถึง 136		27 ถึง 198
4	ฟอสเฟตทั้งหมด (คำนวณเป็น P_2O_5) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 20.0		ไม่เกิน 28.0
5	ด่างทั้งหมด (คำนวณเป็น Na_2O) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 1.1		ไม่น้อยกว่า 1.1
6	โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 0.2		ไม่น้อยกว่า 0.2
7	สารเพิ่มความสดใส	ต้องมี		ต้องมี
8	ความสามารถในการซักฟอกเทียบกับผงซักฟอกอ้างอิงร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 80		ไม่น้อยกว่า 80
9	ความสามารถในการรักษาความขาวเทียบกับผงซักฟอกอ้างอิงร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่น้อยกว่า 80		ไม่น้อยกว่า 80

2.5.2 ส่วนประกอบหลัก [7]

สารลดแรงตึงผิว(Surface-active agent or surfactant) หมายถึง สารซึ่งเมื่อละลายในน้ำแล้วจะช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ ซึ่งเป็นสารเคมีประเภท แอนไอออนิก (Anionic) แคตไอออนิก (Cationic) หรือนอนไอออนิก (Nonionic) ประเภทใดประเภทหนึ่งหรือผสมกัน ในกรณีที่เป็นสารเคมีประเภทแอนไอออนิกต้องไม่เป็นแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนตที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง (Branched alkylbenzene sulphonate)

สารลดความกระด้างของน้ำ (Sequestering builder) หมายถึง สารที่ลดความกระด้างของน้ำ ช่วยให้สารลดแรงตึงผิวสามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น โซเดียมไทรพอลิฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate) เกลือของกรดไนทริโลไทรแอซีติก (Nitrilotriacetic acid, NTA) เกลือของกรดเอทิลีนไดแอมีนเททระแอซีติก (Ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) กรดซิทริกและอนุพันธ์ของกรดซิทริก (Citric acid and derivatives) ซีโอไลต์ (Zeolite) สารใดสารหนึ่งหรือผสมกัน

สารรักษาระดับความเป็นด่าง (Alkaline builder) หมายถึง สารที่รักษาระดับความเป็นด่างให้คงที่ตลอดช่วงการใช้งาน เช่น โซเดียมซิลิเคต (Sodium silicate) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) โซเดียมเซสควิคาร์บอเนต (Sodium sesquicarbonate) สารใดสารหนึ่งหรือผสมกัน

สารกันคราบคืน (Anti-soil redeposition agent) หมายถึง สารที่ช่วยไม่ให้คราบหรือสิ่งสกปรกที่หลุดออกไปแล้วกลับมาจับผ้าอีกขณะซัก เช่น โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethylcellulose)

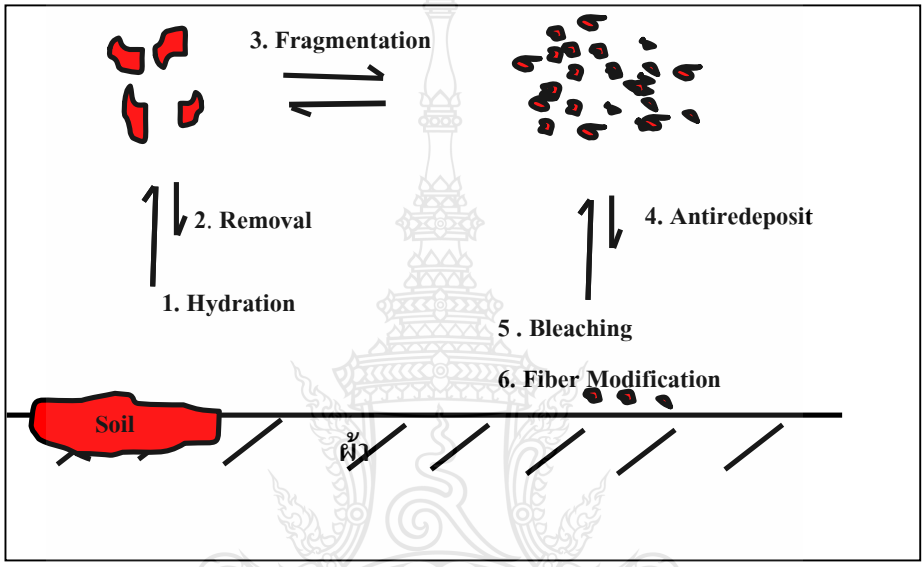
สารเพิ่มความสดใส (Optical brightening agent or optical brightener) หมายถึง สารที่สามารถดูดแสงอัลตราไวโอเลต แล้วให้แสงที่ทำให้ผ้าดูสดใสยิ่งขึ้น เช่น ไทโนพัล ดีเอ็มเอส (Tinopal DMS)

2.5.3 ส่วนประกอบที่อาจมีได้ [7]

โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulphate) สารเพิ่มฟอง (Suds booster) สารลดฟอง (Suds depressor) สารฟอก (Oxygen bleach) สารฟอกต้นตอ (Bleach precursor)สารคงสภาพสำหรับสารฟอกต้นตอ (Stabilizer for bleach precursor) สารช่วยการละลาย (Hydro trope) สารกันหมอง (Anti-tarnishing agent) แอนติออกซิแดนต์ (Anti-oxidant) เอนไซม์ (Enzyme) สารช่วยขับสิ่งสกปรก (Soil releasing agent) สารต้านจุลินทรีย์ (Anti-microbial compound) สารละมุน (Mildness additive) สารคงสภาพการเก็บรักษา (Storage stabilizer) สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Fabric softening agent) สารกันไฟฟ้าสถิต (Anti-static agent) สารกันการกัดกร่อน (Anti-corrosion agent)

2.5.4 กระบวนการทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก (Detergency mechanism) [8]

จุดประสงค์หลักของสารทำความสะอาด ก็เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและ สิ่งแปลกปลอมอื่นๆออกจากผ้า และในขณะเดียวกันต้องไม่ทำให้ส่วนประกอบ (Material) ของผ้า เช่น สีย้อม หลุดออกไปในระหว่างการซัก ความท้าทายนี้เองทำให้จำเป็น ต้องลดสภาวะการซักลงให้เสร็จสิ้นในเวลาสั้นด้วยสูตรผสมที่ให้ผลการซักที่ดี และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งกระบวนการในการซักผ้านั้นจะเกิดขึ้นใน 6 ขั้นตอน คือ



รูปที่ 2.10 กระบวนการทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก

ก. การเปียกของสิ่งสกปรก (Hydration of soils)

ข. การหลุดออกของสิ่งสกปรก (Removal of soil) จากผ้าโดยการกระทำเชิงกลและทางเคมี

ค. การแตกตัวของสิ่งสกปรก (Fragmentation) เป็นชิ้น อนุภาคขนาดเล็กแขวนลอย หรือละลายอยู่ในน้ำละลายด้วยสารเคมีต่างๆของผงซักฟอก

ง. การป้องกันการคืนกลับของคราบสิ่งสงปรก (Preventive of the reposition) หรือสีที่หลุดออกไป กลับมายังผ้าและผ้าที่ถูกซักด้วยกัน

จ. การฟอกสิ่งสกปรกที่เหลือ (Bleaching of residual) หรือ สิ่งสกปรกที่คืนกลับมาเพื่อเพิ่มความสะอาด

ฉ. การปรับสภาพเส้นใย (Fiber modification) เพื่อเพิ่มความพึงพอใจให้กับผู้บริโภคด้วยสารต่างๆ เช่น สารเพิ่มความขาว น้ำหอม สารช่วยขับสิ่งสกปรกสำหรับล้างทำความสะอาดครั้งต่อไป หรือสารช่วยทำให้ผ้านุ่ม

2.6 เครื่องซักผ้า (Washing machine) [9]

เครื่องซักผ้าไฟฟ้า เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อำนวยความสะดวกสบายให้แก่แม่บ้าน ทำให้งานซักผ้าง่ายขึ้นประหยัดแรงงานและเวลา โดยเฉพาะเครื่องซักผ้าแบบอัตโนมัติ นั้นแม่บ้านเพียงแต่นำผ้าใส่ถังซัก กดปุ่มบังคับ เครื่องจะเริ่มทำงานตั้งแต่นำน้ำเข้าเครื่องแล้วซักจนเสร็จกระบวนการ แล้วปั่นสะบัดผ้าพอหมาด

2.6.1 ประเภทของเครื่องซักผ้า [9] [10]

ก. เครื่องซักผ้าแบ่งตามโครงสร้างการทำงานเป็น 3 แบบ

1) เครื่องซักผ้าแบบใบพัด (Impeller-type washing machine) หมายถึง เครื่องซักผ้าที่น้ำในถังซักท่วมผ้าทั้งหมด และแรงกระทำเชิงกลเกิดขึ้นจากใบพัดหมุนรอบแกนอย่างต่อเนื่อง หรืออาจหมุนกลับ หลังจากหมุนครบรอบหลายรอบ โดยที่จุดสูงสุดของใบพัดนี้จะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุด

2) เครื่องซักผ้าแบบใบกวน (Agitator-type washing machine) หมายถึง เครื่องซักผ้าที่น้ำในถังซักท่วมผ้าทั้งหมดและแรงกระทำเชิงกลเกิดขึ้นจากใบกวนหมุนกลับไปกลับมารอบแกนตั้ง โดยทั่วไปส่วนของใบกวนจะอยู่สูงเหนือระดับน้ำสูงสุด

3) เครื่องซักผ้าแบบถังนอน (Horizontal drum type washing machine) หมายถึง เครื่องซักผ้าที่ถังซักเป็นแบบถังนอน น้ำในถังซักท่วมผ้าเพียงบางส่วน และแรงกระทำเชิงกลเกิดขึ้นจากถังซักหมุนอย่างต่อเนื่อง หรือหมุนกลับไปกลับมาเป็นช่วงๆ

ข. เครื่องซักผ้าอาจแบ่งตามระบบควบคุม ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ [9]

1) เครื่องซักผ้าควบคุมด้วยมือ (Manual electric washing machine) หมายถึง เครื่องซักผ้าที่ต้องใช้มือเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานระหว่างการซัก การล้าง และการปั่นสลัดน้ำ

2) เครื่องซักผ้ากึ่งอัตโนมัติ (Automatic electric washing machine) หมายถึง เครื่องซักผ้าที่การเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานระหว่างการซักกับการล้าง หรือระหว่างการล้างกับการปั่นสลัดน้ำเป็นไปโดยอัตโนมัติ

3) เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ (Full automatic electric washing machine) หมายถึง เครื่องซักผ้าที่การเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานระหว่างการซัก การล้าง และการปั่น สลัดน้ำเป็นไปโดยอัตโนมัติไม่ต้องใช้มือเปลี่ยนแต่อย่างใด เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ สามารถซักและปั่นภายในตัว ซึ่งถังแบ่งออกเป็น 2 แบบ

เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (Top load washing machine) เป็นเครื่องซักผ้าที่ออกแบบให้มีตะกร้าซักด้านใน และท่อด้านนอกอยู่ในแนวตั้ง และมีใบกวนอยู่ตรงกลางของตะกร้าซัก ใช้การใส่ผ้าที่ด้านบนเครื่องซัก ต้องการน้ำมากพอที่ทำให้ผ้าลอยอยู่ในน้ำอย่างอิสระ การปั่นซักอาศัยใบกวนหมุนพาผ้าเคลื่อนลงที่กลางถังซัก แล้วพาออกด้านนอก และขึ้นด้านบน ในลักษณะหมุนซ้ำๆ กันไปเครื่องซักผ้าประเภทนี้ไม่เหมาะกับของที่มีขนาดใหญ่ เช่น หมอน

เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า(Front load washing machine) เป็นเครื่องซักผ้าที่ออกแบบให้มีตะกร้า ด้านใน และท่อด้านนอกอยู่ในแนวระนาบ ใส่ผ้าผ่านกระจกด้านหน้าเครื่อง มีการปั่นซักในลักษณะไปและกลับด้วยการหมุนของถังซักและแรงโน้มถ่วง ผ้าจะถูกยกขึ้นด้วยใบกั้นที่ผนังถังด้านใน แล้วผ้าจะถูกปล่อยให้ตกลงมาเกิดแรงกระทำระหว่างผ้า น้ำ และผงซักฟอก เครื่องซักผ้าประเภทนี้ใช้น้ำ และผงซักฟอกเพียงเล็กน้อยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของการซักทำให้เกิดฟองมากอยู่แล้ว

2.6.2 วัสดุประกอบของเครื่องซักผ้า [10]

วัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบของเครื่องซักผ้ามีดังนี้

ก. เหล็กกล้า (Steel) และเหล็ก (Ferrous materials) ซึ่งจัดเป็นส่วนประกอบหลัก ที่สำคัญที่ใช้ประกอบเป็นถังซัก (Drum) ทำโครงตู้ (Outer casing) แผ่นพื้น และแผ่นด้านบน จากนั้นมีการชุบเคลือบสารอินาเมล เพื่อป้องกันพื้นผิว ทำให้มีความทนทานมากขึ้น

ข. เหล็กไร้สนิม เป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการทำถังซักชั้นใน โดยเฉพาะเครื่องซักผ้าแบบถังนอน

ค. โลหะ เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง ใช้ประกอบเป็นปั๊มน้ำ มอเตอร์ สายไฟ

ง. คอนกรีตใช้ประกอบอยู่ด้านบนของถังทำให้น้ำหนักสมดุ กันสะเทือนในขณะปั่น

จ. พลาสติก ใช้ประกอบเป็นช่องใส่ผงซักฟอก (Detergent dispenser) ฝาปิด ใบพัด ตัวควบคุมการทำงาน (Operating control) และส่วนประกอบที่เป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ พลาสติกที่ใช้เป็นพลาสติกทนต่าง ๆ เช่น พอลิโพรพิลีน ในปัจจุบันมีการนำไฟเบอร์กลาสเสริมกับ พอลิโพรพิลีน ในถังซักของเครื่องซักผ้าแบบถังนอน

ฉ. ยาง ใช้ในส่วนประกอบของเครื่องที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง โดยเฉพาะวงแหวนสำหรับอัดในข้อต่อ (ประเก็น) ที่อยู่รอบๆ ประตูเครื่อง ปลอกรัดท่อ ปลอกของส่วนต่อเชื่อม (Hose connectors) และยางอุดกันน้ำ ข้อเสียของยางคือจะเสื่อมตามกาลเวลา โดยเฉพาะถ้าสัมผัสกับน้ำมัน

ช. แก้ว ใช้ทำประตูกระจกเครื่องซักผ้า

ซ. ไม้กระดานอัด (Wood board) เคลือบฟอร์เมก้าด้านบน ใช้ทำฝาบนเครื่องซักผ้า

ปริมาณของวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ผลิตเครื่องซักผ้า ขึ้นกับชนิดของเครื่องซักผ้า ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเครื่องซักผ้าแบบมาตรฐานที่ผลิตในประเทศอังกฤษ มีการใช้ชิ้นส่วนและวัตถุดิบดังนี้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณของวัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ผลิตเครื่องซักผ้า [10]

วัตถุดิบ	ปริมาณของวัตถุดิบ ร้อยละ
เหล็กหล่อ (Cast iron)	11
เหล็กกล้า	7
เหล็กชุบสังกะสี (Galvanized)	28
เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel)	10
อะลูมิเนียม	3
ทองแดง	1
พลาสติก	5
ยาง	3
แก้ว	2
ไม้	4
คอนกรีต	22
อื่นๆ	3

2.6.3 องค์ประกอบการทำงานของเครื่องซักผ้าอัตโนมัติ [10]

สามารถแบ่งส่วนประกอบของเครื่องซักผ้าอัตโนมัติที่เกี่ยวข้องได้ 3 ระบบ ดังนี้คือ ระบบไฟฟ้า (Electric components) ระบบน้ำ (Water system components) และ ระบบทางกล (Mechanical System components)

ก. ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า [9]

1) ไทเมอร์ (Timer) เป็นตัวควบคุมและบังคับการทำงานของเครื่องให้เป็นไปตามโปรแกรมที่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทด และคอนเทค ในขณะเครื่องทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายในบ้าน จะหมุนและส่งกำลังไปยังเฟืองทด จากเฟืองทดจะส่งต่อไปตามแกนเพื่อไปบังคับให้คอนเทคตัดต่ออุปกรณ์ ซึ่งส่วนประกอบทางไฟฟ้าให้เป็นไปตามโปรแกรม

2) วาล์วแมกเนต (Value magnet) เป็นอุปกรณ์ควบคุมเครื่องในการทำงานข้ามโปรแกรมหรือยกเลิกการทำงาน เมื่อต้องการให้เครื่องทำงานข้ามโปรแกรมหรือหยุดวาล์วแมกเนตก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด ซึ่งเป็นผลให้วาล์วเกิดมีสนามแม่เหล็กดึงดูดคันบังคับขึ้นมาและจะผลักเฟืองทดขึ้นมา ดังนั้นแกนที่ส่งกำลังไปยังคอนแทคจะหมุนด้วยความเร็วสูงกว่าปกติประมาณ 48 วินาทีต่อรอบ (ความเร็วปกติ 30 นาทีต่อรอบ) ซึ่งทำให้เครื่องสามารถข้ามโปรแกรมหรือหยุดการทำงานได้

3) เพรสเซอร์สวิทซ์ (Pressure switch) ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายน้ำเข้าเครื่องในขณะที่เครื่องทำงานน้ำจะไหลเข้าถังซัก จนน้ำเข้าปริมาณตามกำหนดของเครื่องจะเกิดมีแรงดันภายในท่อซึ่งต่อเข้าเพรสเซอร์สวิทซ์ดันให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่และไปดันคอนแทคให้ตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านโซลินอยล์ที่อยู่ในฟิลวาล์ว ทำให้น้ำถูกฟิลวาล์วปิดไม่ให้เข้าเครื่อง

4) ปุ่มเลือกโปรแกรมการทำงาน (Program selector) ปุ่มนี้จะติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าปัดของเครื่อง ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งสามารถเลือกกดปุ่มควบคุมให้เหมาะสมกับผ้าที่จะซัก เครื่องจะทำงานตามโปรแกรมที่กด เช่น กดปุ่มซักผ้าเนื้อบาง ผ้าเนื้อหนา ทำงานข้ามโปรแกรม ผ้าสกปรกมาก สกปรกปานกลาง สกปรกน้อย หรือสลัดน้ำเพียงอย่างเดียว และนอกจากนี้ที่หน้าปัดยังมีปุ่มปรับความดังของเสียงออก ปรับระดับน้ำภายในถัง

5) ฟิลวาล์ว (Fill values) ทำหน้าที่เปิดปิดน้ำเข้าเครื่อง โดยการควบคุมของเพรสเซอร์สวิทซ์ ประกอบด้วยขดลวดโซลินอยด์และพลันเจอร์ที่ทำหน้าที่เปิด-ปิดน้ำ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้า โซลินอยด์จะทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น ดึงดูดพลันเจอร์ถอยกลับ เกิดช่องว่างซึ่งทำให้น้ำสามารถไหลผ่านฟิลวาล์วไปได้ แต่ถ้าไม่มีกระแสไฟฟ้าพลันเจอร์จะเคลื่อนลงมาปิดมิให้น้ำไหลผ่านฟิลวาล์ว

6) เซฟตี้สวิทซ์ (Safety switch) ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์ของเครื่องเมื่อการแกว่งของถังผิดปกติ ในการแกว่งผิดปกติจะไปดันแกนของเซฟตี้สวิทซ์ ซึ่งมีผลทำให้ตัดการทำงานของมอเตอร์ให้หยุดหมุนทันที และนอกจากนี้เซฟตี้สวิทซ์ยังหยุดการทำงานเมื่อฝาถังซักเปิดขณะเครื่องทำงาน

7) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor) มอเตอร์ที่ใช้กับเครื่องซักผ้าจะเป็นตัวต้นกำลังที่ทำให้เครื่องซักผ้าสามารถทำงานได้ ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้จะต้องให้แรงในขณะเริ่มหมุนสูงมากและในบางครั้งจะต้องทำงานในระดับความเร็วที่แตกต่างกัน จึงเลือกใช้คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เป็นแบบ 2 ระดับความเร็ว (Two speed motor)

ข. ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับระบบน้ำ [10]

1) วาล์วผสมน้ำ (Water inlet mixing value) จะทำหน้าที่ผสมน้ำระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็นหรืออาจต้องจ่ายน้ำร้อนหรือน้ำเย็นเข้าเครื่องตามโปรแกรม วาล์วผสมน้ำจะรับน้ำจากท่อน้ำร้อนและท่อน้ำเย็นที่อยู่ภายในบ้านและแยกเป็น 3 ท่อเพื่อจ่ายเข้าเครื่องโดยท่อทางออกของแต่ละท่อจะมีโซลินอยด์วาล์วเป็นตัวควบคุมน้ำในแต่ละท่อ โซลินอยด์วาล์วจะถูกควบคุมโดยไทเมอร์เพื่อให้การจ่ายน้ำเป็นไปตามโปรแกรม

2) วาล์วสองทาง (Two-way value) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมน้ำยาซักฟอกเข้าเครื่องและปล่อยน้ำที่ใช้แล้วออกจากเครื่องลงสู่ท่อน้ำทิ้ง

3) ฟิลเตอร์ (Filter) อุปกรณ์กรองน้ำที่จะเข้าภายในเครื่องให้สะอาด ซึ่งประกอบด้วยตะแกรงโลหะที่มีรูเล็ก ๆ จำนวนมาก จะทำหน้าที่เป็นตัวกรองสิ่งสกปรกที่ผสมมากับน้ำไม่ให้ผ่านเข้าไปในเครื่องได้

4) ปั๊มน้ำ (Water pump) ทำหน้าที่ดูดและจ่ายน้ำเข้าเครื่องตามโปรแกรมการทำงานเป็นปั๊มที่ไม่มีมอเตอร์ของตัวเอง ต้องอาศัยแรงจากมอเตอร์เครื่องซักผ้าเป็นตัวฉุดให้ทำงานโดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลัง เครื่องซักผ้าบางเครื่องไม่มีปั๊มน้ำ อาศัยแรงดันจากน้ำที่อยู่ภายในท่อที่ต่อเข้าเครื่องเป็นตัวจ่ายน้ำเข้าแทน

ค. ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับระบบทางกล [10]

1) ชุดกลไกทางกล (Gear case assembly) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับการสั่งงานตามโปรแกรมจากไทเมอร์ ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถทำให้เกิดการหมุนซ้ายขวาของใบพัดซักและหมุนถังซักในโปรแกรมซักหรือปั่นสลัดน้ำเพื่อให้ผ้าแห้ง

2) ชุดเบรค (Brake assembly) จะติดตั้งรวมอยู่ในชุดกลไกทางกลโดยจะทำหน้าที่หยุดถังซักในกรณีที่ หมุนปุ่มควบคุมในตำแหน่งที่เครื่องหยุดการทำงาน หรือสิ้นสุดการทำงานตามโปรแกรมและเมื่อเปิดฝาถังซัก

2.7 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าภายหลังการซักและทำให้แห้ง

2.7.1 ขอบข่าย [11] [12]

วิธีทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้า ภายหลังการซักและทำให้แห้งตามวิธีที่กำหนด

2.7.2 หลักการทดสอบ [11] [12]

ปรับภาวะชิ้นทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน ทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบและวัดขนาดก่อนนำไปซักและทำให้แห้งตามภาวะที่กำหนด นำชิ้นทดสอบมาปรับภาวะในบรรยากาศมาตรฐานและวัดขนาดชิ้นทดสอบอีกครั้ง คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงขนาดภายหลังการซักและทำให้แห้ง

2.7.3 สารซักฟอก [11] [13]

ในการทดสอบใช้สารเคมีดังนี้

ก. ผงซักฟอกหลัก แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ

1) ผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 1 ผงซักฟอกไม่มีสารฟอสเฟต (Non - phosphate detergent) ไม่มีสารเรืองแสงและเอนไซม์ (AATCC 1993 reference detergent WOB) ใช้กับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนเท่านั้นส่วนประกอบระบุ แสดงไว้ในตารางที่ ก6 ในภาคผนวก ก

2) ผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 2 ผงซักฟอกไม่มีสารฟอสเฟต ไม่มีสารเรืองแสงและเอนไซม์ (ECE reference detergent 98) ใช้กับเครื่องซักผ้าเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน ส่วนประกอบระบุ แสดงไว้ในตารางที่ ก7 ในภาคผนวก ก

3) ผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 3 ผงซักฟอกไม่มีสารฟอสเฟต มีสารเรืองแสง แต่ไม่มีเอนไซม์ ใช้กับเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน ส่วนประกอบระบุ แสดงไว้ในตารางที่ ก8 ในภาคผนวก ก

4) ผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่4 ผงซักฟอกไม่มีสารฟอสเฟต มีสารเรืองแสงและเอนไซม์ (IEC reference detergent A) ใช้กับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน ส่วนประกอบระบุ แสดงไว้ในตารางที่ ก9 ในภาคผนวก ก

ข. โซเดียมเพอร์บอเรตเททระไฮเดรต

ค. สารกระตุ้นการฟอกขาว เททระแอซีทิลเอทิลีนไดเอมีน

ง. น้ำที่มีความกระด้าง คำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่เกินร้อยละ20

2.7.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ [11] [13]

ก. เครื่องซักผ้าอัตโนมัติใส่ผ้าด้านหน้าแบบถังนอน (Front loading horizontal type washing machine) ซึ่งสามารถเปิดบรรจุด้านหน้า ถังซักหมุนกลับไปกลับมาในแนวราบ และทำงานได้ตามภาวะที่ระบุในตารางที่ ก1 ในภาคผนวก ก

ข. เครื่องซักผ้าอัตโนมัติใส่ผ้าด้านบนแบบแบบใบกวน (Top loading agitator type washing machine) ซึ่งทำงานได้ตามภาวะดังต่อไปนี้

1) เครื่องซักที่มีถังซักถังในที่มีรูทั่วถังอย่างเป็นระเบียบ(Inner perforated basket) เส้นผ่านศูนย์กลาง 50$\pm$ 5 เซนติเมตร และลึก 30$\pm$ 5 เซนติเมตร

2) ตัวอย่างภาวะของการซักที่เลือกได้ตามตารางที่ ก2 ในภาคผนวก ก และตัวอย่างการปรับตั้งเครื่องซักผ้าขณะเดินเครื่องเปล่า ตามตารางที่ ก3 ในภาคผนวก ก.

ค. เครื่องอบผ้าแบบถังหมุน (Rotary tumble type) ที่ใช้กับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ซึ่งทำงานได้ตามภาวะดังต่อไปนี้

1) อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส

2) อัตราเร่งหนีศูนย์กลางรอบนอก (Peripheral centrifugal acceleration) 0.6- 0.9

3) ความจุของถัง 80 ลิตร ถึง 120 ลิตร

4) ถังอบที่หมุนกลับได้

5) เส้นผ่านศูนย์กลางของถัง ไม่น้อยกว่า 55 เซนติเมตร

6) สัน (Lifting vane) ยื่นจากผนังด้านในของถังอบ จำนวนอย่างน้อย 3 อัน อาจเป็นชิ้นเดียวกับถังหรือเป็นส่วนประกอบก็ได้ โดยสันแต่ละอันมีความยาวเท่าความลึกของถัง มีฐานกว้าง 4 ถึง 6 เซนติเมตร ปลายเรียวขึ้นตามแนวดิ่ง สูง 4 ถึง 8 เซนติเมตร และที่ปลายสุดกว้าง 1 ถึง 2 เซนติเมตร

7) กำลังความร้อน (Heating input) ไม่เกิน 3.5 กิโลวัตต์

8) ช่วงปล่อยให้เย็น (Cool-down) อย่างน้อย เป็นเวลา 5 นาที

ง. เครื่องอบผ้าแบบถังหมุน ที่ใช้กับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ประกอบด้วยตะกร้ารูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 75 ±5 เซนติเมตร และลึกไม่น้อยกว่า 40±5 เซนติเมตร

จ. ชิ้นผ้าเพิ่มน้ำหนัก (Ballast) สำหรับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าให้เลือกใช้ผ้าเพิ่มน้ำหนักข้อใดข้อหนึ่ง ดังนี้

1) ผ้าถักพอลิเอสเทอร์ร้อยละ 100 ทำจากเส้นใยฟิลาเมนท์แบบเทกซ์เจอร์ไรซ์ (Texturized filament) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 2 0± 4 เซนติเมตร ×20±4 เซนติเมตร น้ำหนักต่อพื้นที่ 310 ± 20 กรัมต่อตารางเมตร วางซ้อนกัน 4 ชั้น เย็บริมผ้า (Overlooked) ทั้ง 4 ด้าน และเย็บย้ำมุมผ้าโดยแต่ละชิ้นหนัก 50± 5 กรัม

2) ผ้าฝ้ายร้อยละ 100 ที่ผ่านการฟอกขาว ที่เย็บริมผ้าแล้ว หรือผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ร้อยละ 50 และฝ้ายร้อยละ 50 เป็นผ้าทอลายขัด มีน้ำหนักต่อพื้นที่ 155± 5 กรัมต่อตารางเมตร ขนาด 92 ±5 เซนติเมตร × 92 ± 5 เซนติเมตร

ฉ. ชิ้นผ้าเพิ่มน้ำหนัก (Ballast) สำหรับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนใช้ผ้าเพิ่มน้ำหนักผ้าฝ้ายร้อยละ 100 ที่ผ่านการฟอกขาว ที่เย็บริมผ้าแล้ว หรือผ้าใยผสมพอลิเอสเทอร์ร้อยละ 50 และฝ้ายร้อยละ50 เป็นผ้าทอลายขัด มีน้ำหนักต่อพื้นที่ 155± 5 กรัมต่อตารางเมตร ขนาด 92 ± 5 เซนติเมตร × 92± 5 เซนติเมตร

ช. เครื่องอัดเรียบ (Electrically heated flat-bed press) ถ้าใช้ (วิธีการอัดให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง

ซ. อุปกรณ์ตากผ้า สำหรับการทำให้แห้งโดยวิธีแขวนราว หรือวิธีแขวนตากโดยไม่บิด

ฌ. ตะแกรงตากผ้า ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือพลาสติก ขนาดตาข่ายประมาณ 16 ช่องต่อนิ้ว

ญ. ไม้บรรทัด ตลับเมตร หรือ สายวัด ที่อ่านค่าได้ละเอียดเป็นมิลลิเมตร และมีความยาวมากกว่าขนาดชิ้นทดสอบที่วัด

ฎ. วัสดุสำหรับใช้ทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบ เช่น หมึกที่ซักไม่ออก ด้ายเย็บขนาดเล็กที่มีสีตัดกับสีของชิ้นทดสอบ ลวดเผาร้อนสำหรับเจาะรูเล็กๆ บนผ้า (ใช้ได้กับผ้าเทอร์โมพลาสติกเท่านั้น)

ฏ. โต๊ะทดสอบ มีพื้นราบและเรียบขนาดใหญ่กว่าชิ้นทดสอบ

2.7.5 ภาวะทดสอบ [11] [14]

ปรับภาวะชิ้นทดสอบ (Condition) ในบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอ ที่อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65± 4 และทำการการวัดระยะบนชิ้นทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน

2.7.6 การเตรียมชิ้นทดสอบผ้าผืน (Fabric) [11] [14]

ก. การเลือกชิ้นทดสอบ ผ้าผืน เลือกชิ้นทดสอบเพื่อให้เป็นตัวแทนของตัวอย่างตลอดหน้าผ้า โดยเลือกตัดจากบริเวณผ้าที่ไม่มีรอยยับขนานกับแนวยาวและแนวกว้างของผ้า และต้องตัดห่างจากริมผ้าไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของความกว้างหน้าผ้า และไม่อยู่ในระยะ 1 เมตร จากปลายสุดทั้งสองด้านของม้วนผ้าหรือของตัวอย่างนั้นควรเลือกชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้เส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งคนละชุดกัน โดยระบุทิศทางตามยาวบนชิ้นทดสอบก่อนตัดตัวอย่าง

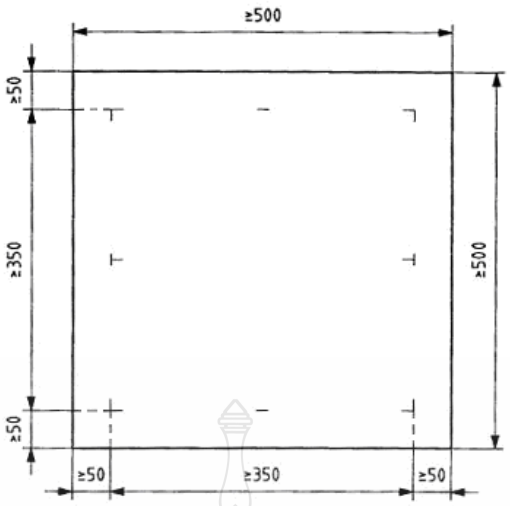
ข. ผ้าถักที่เป็นวงหรือถุง (Tubular knitted fabrics) ให้ตัดออกเป็นชิ้นทดสอบชั้นเดียวให้หลีกเลี่ยงรอยพับรอยยับ

ค. ขนาดชิ้นทดสอบ ตัดชิ้นทดสอบขนาดไม่น้อยกว่า 500 x 500 มิลลิเมตร โดยให้รอยตัดขนานกับแนวยาวและ แนวกว้างของผืนผ้า กรณีผ้ากว้างน้อยกว่า 650 มิลลิเมตร ให้ใช้ขนาดชิ้นทดสอบตลอดหน้าผ้า และการวัดให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง ถ้าเส้นด้ายของผ้าตัวอย่างลุ่ยง่ายขณะทดสอบ ให้เย็บพันกันลุ่ยด้วยด้ายที่มีขนาดคงตัว

ง. ปรับภาวะชิ้นทดสอบตามที่กำหนดในบรรยากาศมาตรฐาน ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จนชิ้นทดสอบมีมวลคงที่

จ. การทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบ วางชิ้นทดสอบบนโต๊ะทดสอบให้เรียบและระวังไม่ให้เอียง ทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบตามแนวยาวและแนวกว้างแนวละ 3 คู่ โดยเครื่องหมายแต่ละคู่ห่างกันอย่างน้อย 350 มิลลิเมตร และห่างจากริมของชิ้นทดสอบอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบด้วยหมึกที่ซักไม่ออก หรือใช้ด้ายเย็บที่มีสีตัดกับชิ้นทดสอบเย็บลงบนชิ้นทดสอบ ดังรูปที่ 2.11

ฉ. การวัดระยะ วางชิ้นทดสอบบนโต๊ะทดสอบ จัดผ้าให้เรียบโดยต้องไม่ทำให้ผ้ายืด วางไม้บรรทัดบนชิ้นทดสอบโดยไม่ให้ชิ้นทดสอบเสียรูปทรง วัดและบันทึกระยะระหว่างเครื่องหมายแต่ละคู่ให้ได้ค่าละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.11 การทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด [14]

2.7.7 การซักชิ้นทดสอบ[11] [13]

ก. เลือกวิธีการซักตามตารางที่ ก7 ในภาคผนวก ก สำหรับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และ ตารางที่ ก8 ในภาคผนวก ก .สำหรับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

ข. กรณีทำให้แห้งด้วยวิธีถังหมุน (Tumble dry) ให้ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นก่อนการซัก

ค. บรรจุชิ้นทดสอบที่จะซักลงในเครื่องซักผ้า แล้วบรรจุชิ้นผ้าเพิ่มน้ำหนัก ลงไปให้ได้น้ำหนักรวมขณะแห้ง (Air-dry) ตามที่กำหนดในวิธีการซักที่เลือกใช้ในการซัก แต่ละครั้งน้ำหนักชิ้นทดสอบต้องไม่เกินกว่าครึ่งหนึ่งของน้ำหนักรวม เติมผงซักฟอก ให้เพียงพอที่จะทำให้มีฟองสูงไม่เกิน 3 ± 0.5 เซนติเมตร ในตอนสุดท้ายของรอบการซัก

ง. สำหรับเครื่องซักผ้าบรรจุด้านบนแบบใบกวน ก่อนการบรรจุชิ้นทดสอบและชิ้นผ้าเพิ่มน้ำหนักให้เติมน้ำที่มีอุณหภูมิตามวิธีการซักที่เลือกใช้และผงซักฟอกอ้างอิงของ AATCC 66 ± 1 กรัม หรือผงซักฟอกอ้างอิงของ IEC หรือ ECE ด้วยปริมาณที่เหมาะสมให้เพียงพอที่จะทำให้มีระดับฟองสูง ไม่เกิน $3 + 0.5$ เซนติเมตร ในตอนสุดท้ายของรอบการซัก

จ. ผสมส่วนผสมของผงซักฟอกข้างต้นก่อนนำไปใช้ ละลายส่วนผสมขั้นต้น (Pre-dissolve) เพื่อให้ได้ระดับข้นเหลว ด้วยสัดส่วนดังนี้

1) ผงซักฟอกหลัก (IEC หรือ ECE) 77 ส่วน

2) โซเดียมเพอร์บอเรตเททระไฮเดรต 20 ส่วน

3) สารกระตุ้นการฟอกขาว เททระแอซีทิลเอทิลีนไดเอมีน 3 ส่วน

4) ละลายผงซักฟอกและโซเดียมเพอร์บอเรตในน้ำก๊อก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ทำให้สารละลายเย็นลงถึง 30 องศาเซลเซียส เติมสารกระตุ้นการฟอกขาวก่อนใส่สารละลายที่ได้ลงในเครื่องซักผ้า

ฉ. หลังจากการปั่นสลัดน้ำครั้งสุดท้ายเสร็จแล้ว นำผ้าออกจากถังซักอย่างระมัดระวังไม่ดึงหรือบิดชิ้นทดสอบ แล้วทำให้แห้งตามวิธีใดวิธีหนึ่งใน

ช. กรณีที่ต้องการทำให้แห้งด้วยวิธีแขวนตากโดยไม่บิด ต้องหยุดเครื่องซักผ้าก่อนจะถึงการปั่นสลัดน้ำครั้งสุดท้าย แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากถังซักอย่างระมัดระวังไม่ดึงหรือบิดชิ้นทดสอบ

2.7.8 วิธีทำให้แห้ง [11] [13]

ก. วิธีแขวนราว (Line dry) แขวนชิ้นทดสอบที่ผ่านการปั่นสลัดน้ำครั้งสุดท้ายแล้วโดยให้แนวด้ายยืนของผ้าทอหรือแนวห่วงตามยาว (Wale) ของผ้าถักอยู่ในแนวดิ่ง ปล่อยให้ชิ้นทดสอบแห้งในห้องที่มีอุณหภูมิปกติและไม่มีลมพัด

ข. วิธีแขวนตากโดยไม่บิด (Drip dry) นำชิ้นทดสอบออกจากถังซักโดยไม่ต้องปั่นสลัดน้ำออก แล้วทำให้แห้งโดยการแขวนให้แนวด้ายยืนของผ้าทอหรือแนวห่วงตามยาวของผ้าถักอยู่ในแนวดิ่ง ปล่อยให้ชิ้นทดสอบแห้งในห้องที่มีอุณหภูมิปกติและไม่มีลมพัด

ค. วิธีตากราบ (Flat dry) คลี่ชิ้นทดสอบและวางบนตะแกรงตากผ้า จัดผ้าให้เรียบโดยต้องระวังไม่ให้ผ้ายืดหรือย้วย แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

ง. วิธีอัดเรียบ (Flat press) คลี่ชิ้นทดสอบและวางบนแท่นของเครื่องอัดเรียบโดยไม่ให้มีรอยย่น แล้วนาบแท่นอัดลงบนชิ้นทดสอบเป็นระยะเวลาสั้นๆ ครั้งเดียวหรือหลายครั้งจนกว่าชิ้นทดสอบจะแห้ง อุณหภูมิของแท่นอัดต้องปรับให้เหมาะสมกับชนิดของผ้าที่จะทดสอบ บันทึกอุณหภูมิและแรงกดที่ใช้

จ. วิธีถังหมุน (Tumble dry)

1) วางชิ้นทดสอบและชิ้นผ้าเพิ่มน้ำหนักลงในเครื่องอบผ้าแบบถังหมุนทันทีที่เสร็จสิ้นการซักและการปั่นสลัดน้ำครั้งสุดท้าย

2) ถ้าต้องการวัดอุณหภูมิของผ้าขณะอบผ้า ให้ติดแถบแสดงอุณหภูมิ (Thermo labels) ที่ชิ้นทดสอบ ซึ่งแถบวัดนี้สามารถวัดอุณหภูมิได้ 40 - 90 องศาเซลเซียส

3) การตั้งระดับความร้อนที่เหมาะสม ทำโดยอบผ้าที่ระดับความร้อนปกติ (High) เป็นเวลา (Test cycle time) ตามความเหมาะสม

4) ภายหลังการซักและทำให้ชิ้นทดสอบหรือตัวอย่างทดสอบแห้งแล้ว ให้นำไปปรับภาวะก่อนการวัดขนาด

2.7.9 การคำนวณ [11] [12]

ก. คำนวณการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นทดสอบทั้งในแนวยาวและแนวกว้างของผืนผ้า

$$\text{การเปลี่ยนแปลงขนาด ร้อยละ} = \frac{(Xt - Xo) \times 100}{Xo}$$

เมื่อ Xt คือ ระยะระหว่างเครื่องหมายก่อนการซัก เป็นมิลลิเมตร

Xo คือ ระยะระหว่างเครื่องหมายหลังการซักและทำให้แห้ง เป็นมิลลิเมตร

ข. คำนวณค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงขนาดให้ค่าละเอียดถึง ร้อยละ 0.5

ค. แสดงเครื่องหมายลบ (-) แทนการหดตัว และเครื่องหมายบวก (+) แทนการขยายตัว

2.8 การทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาวของผ้าทอ [15] [16]

28.1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้ เป็นวิธีทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อเซนติเมตรของผ้าโดยวิธีการเลาะเส้นด้ายจากผ้าและนับ (Dissection) เหมาะสำหรับผ้าทอทุกชนิด ผ้าทอที่มีเส้นด้ายทับซ้อนกัน (Folded structures) และผ้าที่มีลายทอทับซับซ้อน

28.2 หลักการทดสอบ

เตรียมชิ้นผ้าให้มีขนาดเท่ากับระยะทดสอบต่ำสุดตามตารางที่ 2.3 เลาะเส้นด้ายจากผ้าให้มีความยาวประมาณ 1 - 2 เซนติเมตร แล้วนับความถี่เส้นด้าย

28.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

ตัวหนีบยึด (Clamp) สำหรับจับยึดเข็มสั้นๆ 2 อัน ให้อยู่ในแนวขนานกัน โดยปลายเข็มทั้งสองห่างกันเท่ากับระยะทดสอบต่ำสุด ในกรณีที่ไม่มีตัวหนีบยึดให้ใช้เข็มแยกเส้นด้าย 2 อัน และไม้บรรทัดเหล็ก

28.4 ภาวะทดสอบ

ปรับภาวะชิ้นทดสอบ ในบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง และทำการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน

28.5 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบจากผ้าตัวอย่าง โดยสุ่มจากบริเวณต่างๆ เพื่อให้เป็นตัวแทนของผ้าตัวอย่าง โดยมีเส้นด้ายไม่ซ้ำกัน อย่างน้อย 5 ชิ้น ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องมีเส้นด้ายอย่างน้อย 100 เส้น มีความยาวมากกว่าระยะทดสอบต่ำสุด 0.4 เซนติเมตร ถึง 0.6 เซนติเมตร และมีความกว้างเพียงพอเพื่อให้จับถือได้อย่างสะดวก ในการตัดชิ้นทดสอบต้องระวังไม่ให้การเรียงตัวของเส้นด้ายเสียหาย โดยเฉพาะผ้าทอที่มีโครงสร้างหลวม

28.6 การทดสอบ

ก. ระยะทดสอบต่ำสุด (minimum measuring distance) ให้เป็นไปตามที่กำหนด

ตารางที่ 2.3 ระยะทดสอบต่ำสุดสำหรับทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อหน่วยความยาวของผ้าทอ

ความถี่เส้นด้าย ต่อเซนติเมตร	ระยะทดสอบต่ำสุด เซนติเมตร	ความถี่เส้นด้ายต่อ ชิ้นทดสอบ	ความแม่นยำ เป็นร้อยละ นับให้ละเอียดถึง 0.5 เส้น
ต่ำกว่า 10	10	ต่ำกว่า 100	มากกว่า 0.5
10 ถึง 25	5	50 ถึง 125	1.0 ถึง 0.4
25 ถึง 40	3	75 ถึง 120	0.7 ถึง 0.4
มากกว่า 40	2	มากกว่า 80	ต่ำกว่า 0.6

ข. สำหรับผ้าหน้าแคบที่มีความกว้างเต็มหน้าผ้า ไม่เกิน 10 เซนติเมตร ให้ใช้ผ้าทั้งชิ้นในการทดสอบ โดยให้นับความถี่ความถี่เส้นด้ายยืนทุกเส้นรวมริมผ้า และรายงานผลการทดสอบเป็นความถี่เส้นด้ายยืนต่อความกว้างเต็มหน้าผ้า

ค. สำหรับผ้าที่มีลายผ้าซึ่งมีความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของเส้นด้ายแตกต่างกันเป็นช่วงกว้าง ให้เลือกชิ้นทดสอบที่มี ลายทออย่างน้อยหนึ่งรอบลายทอ (One weave repeat)

ง. การเลาะเส้นด้ายจากผ้าและนับ ใช้เข็มของตัวหนีบยึด แทงทะลุชิ้นทดสอบ ให้ห่างจากริมของชิ้นทดสอบแต่ละด้าน 0.2 - 0.3 เซนติเมตร

จ. เลาะเส้นด้ายเส้นสั้นเส้นด้ายที่อยู่ในแนวที่ทำการนับจำนวน ที่อยู่นอกเข็มทั้งสองออก

ฉ. เลาะเส้นด้ายที่เหลืออยู่ระหว่างเข็มทั้งสองและนับ สำหรับเส้นด้ายที่ถูกเข็มปักตรึงให้นับเป็นครึ่งเส้น อาจใช้ปากคีบปลายแหลมช่วยในการเลาะเพื่อความสะดวก และให้นับเป็นกลุ่มทีละสิบเส้นให้ทดสอบความถี่เส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร และความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตรอย่างน้อยแนวละ 5 ค่า

28.7 การคำนวณ

ก. คำนวณความถี่เส้นด้ายต่อเซนติเมตร จากตำแหน่งต่างๆ ที่นับ

ข. คำนวณค่าเฉลี่ยของความถี่เส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตร

ค. คำนวณความถี่เส้นด้ายต่อตารางเซนติเมตร จากผลบวกของค่าเฉลี่ยของความถี่เส้นด้ายยืนต่อเซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อเซนติเมตร

2.9 การทดสอบความหนา [17] [18]

2.9.1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้ เป็นวิธีทดสอบความหนาของผ้าและผลิตภัณฑ์สิ่งทอเมื่ออยู่ใต้แรงกดที่กำหนด

วิธีการทดสอบนี้ ไม่ใช้ทดสอบกับสิ่งทอสำหรับปูพื้น ผ้านอนวูเวน (Nonwovens) สิ่งทอทางธรณี (Geotextiles) และผ้าเคลือบ

2.9.2 บทนิยาม

ความหนาของสิ่งทอ หมายถึง ระยะตั้งฉากระหว่างแผ่นอ้างอิง (Reference plate) กับแป้นกดวงกลม (Circular pressure feet) ที่กดบนสิ่งทอโดยใช้แรงกด ไม่เกิน 1 กิโลพาสคัล

2.9.3 หลักการทดสอบ

วางชิ้นทดสอบบนแผ่นอ้างอิง ใช้แป้นกดวงกลมกดบนชิ้นทดสอบ ในแนวขนานกันด้วยแรงกดตามที่กำหนด วัดระยะห่างระหว่างแผ่นอ้างอิงกับแป้นกดวงกลมในแนวตั้งฉาก ค่าที่ได้เป็นความหนาของตัวอย่าง

2.9.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดความหนา มีส่วนประกอบดังนี้

ก. แป้นกดวงกลม ควรใช้แป้นกดวงกลมที่มี พื้นที่ 2000 ± 20 ตารางมิลลิเมตร หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.5 ± 0.2 มิลลิเมตร แป้นกดวงกลมต้องเปลี่ยนขนาดได้ เพื่อให้มีพื้นที่เหมาะสมกับชนิดของตัวอย่างที่จะทดสอบ

ข. แผ่นอ้างอิงมีผิวหน้าด้านบนเรียบ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของแป้นกดวงกลมอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร

ค. อุปกรณ์เลื่อนแป้นกดวงกลม ใช้เลื่อนแป้นกดวงกลมในทิศทางตั้งฉากกับผิวด้านบนของแผ่นอ้างอิง เพื่อให้หน้าของแป้นกดวงกลม อยู่ในแนวนอนและขนานกับผิวด้านบนของแผ่นอ้างอิง ให้แรงกดบนชิ้นทดสอบซึ่งวางอยู่บนแผ่นอ้างอิงเป็น 1 ± 0.01 กิโลพาสคัลและ 0.1 ± 0.001 กิโลพาสคัล

ง. มาตรวัดความหนา (Thickness gauge) อ่านค่าได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตรใช้อ่านค่าระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าของแป้นกดวงกลม

จ. นาฬิกาจับเวลา

2.9.5 ภาวะทดสอบ

ปรับภาวะตัวอย่างทดสอบ (Condition) ในบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอ ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 65$\pm$4 ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง ในสภาพคลายตัว (Relaxed state) และทำการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน

2.9.6 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ก. เลือกพื้นที่ทดสอบบนผืนผ้าตัวอย่าง ตามรูปที่ ก1 ในภาคผนวก ก. ให้ห่างจากริมผ้าอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร และไม่มีรอยยับ

ข. สำหรับผ้าที่ไม่คงรูปทรง เช่น ผ้าถักบางชนิด หรือผ้ามีความกว้างมากและไม่สามารถจับหรือถือโดยไม่บิดเบี้ยว ให้ตัดเป็นชิ้นทดสอบจากพื้นที่ส่วนต่างๆ ของผ้าตัวอย่าง

2.9.7 การทดสอบ

ก. ทำความสะอาดแป้นกดวงกลม และแผ่นอ้างอิง ตรวจสอบแกนของแป้นกดวงกลมให้เคลื่อนที่ได้สะดวก เลื่อนแป้นกดวงกลมบนแผ่นอ้างอิง โดยมีแรงกดที่เหมาะสมตามที่กำหนด ตั้งมาตรวัดความหนาอ่านที่ศูนย์ ควรใช้แรงกด 1$\pm$ 0.01 กิโลพาสคัล

ข. ยกแป้นกดวงกลมขึ้น วางผ้าตัวอย่างบริเวณที่จะทดสอบหรือชิ้นทดสอบบนแผ่นอ้างอิง โดยปราศจากแรงดึงและไม่บิดเบี้ยว

ค. เลื่อนแป้นกดวงกลมลงบนชิ้นทดสอบอย่างเบาๆ อ่านค่าความหนาของผ้าตัวอย่างหรือชิ้นทดสอบจาก มาตรวัดความหนาหลังจากวางแป้นกดวงกลม 30$\pm$ 5 วินาที

ง. หาความหนาของผ้าตัวอย่างจากพื้นที่บริเวณต่างๆ ของผืนผ้าตัวอย่าง อย่างน้อย5 ตำแหน่ง หรือชิ้นทดสอบอย่างน้อย 5 ชิ้น ตามรูปที่ ก1 ในภาคผนวก ก.

2.9.8 การคำนวณ

ก. คำนวณความหนาเฉลี่ยที่วัดได้ ให้มีค่าละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

ข. คำนวณสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) ของค่าความหนาเป็นร้อยละ ให้ละเอียดถึง ร้อยละ 0.1

2.10 การทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่ [19] [20]

2.10.1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาน้ำหนักต่อพื้นที่ สำหรับตัวอย่างที่ตัดจากชิ้นผ้า ใช้กับผ้าทอ รวมทั้ง ผ้ายืด (Stretch fabrics)

2.10.2 หลักการทดสอบ

ปรับภาวะชิ้นผ้าตัวอย่างภายใต้บรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบจนกระทั่งอยู่ในภาวะสมดุล ตัดชิ้นทดสอบตามขนาดที่กำหนด ชั่งหามวล แล้วคำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่

2.10.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

ก. เครื่องชั่ง มีความแม่น $\pm$ 0.001 กรัม

ข. เครื่องตัดตัวอย่าง มีความแม่น ร้อยละ 1 ใช้ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด 10 เซนติเมตร $\times$ 10 เซนติเมตร หรือ เครื่องตัดวงกลม (Circular cutter) ที่ตัดชิ้นทดสอบให้มีพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร

2.10.4 ภาวะทดสอบ

ปรับภาวะชิ้นทดสอบขั้นต้น ที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 25 จนชิ้นทดสอบอยู่ในภาวะสมดุล

ปรับภาวะชิ้นทดสอบ ในบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอ ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65$\pm$4 และดำเนินการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน

2.10.5 ขนาดชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบจากชิ้นผ้า ให้มีขนาดประมาณ 15 เซนติเมตร $\times$ 15 เซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น เว้นแต่ระบุเป็นอย่างอื่น โดยสุ่มตัดจากบริเวณต่างๆของชิ้นผ้าที่ไม่มีรอยยับ รอยพับ และห่างจากริมผ้าประมาณ 150 มิลลิเมตร โดยมีเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งไม่ซ้ำกัน ในกรณีที่ชิ้นผ้ามีลายทอ ขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้น้ำหนักต่อพื้นที่ ในบริเวณต่างๆของลายทอ มีค่าต่างกัน ให้เลือกตัดชิ้นทดสอบให้ครอบคลุมลายทอ ได้ครบทั้งหมด

2.10.6 วิธีทดสอบ

ก. ปรับภาวะชิ้นทดสอบขั้นต้น แล้วปรับภาวะชิ้นทดสอบ โดยไม่มีแรงใดๆ กระทำต่อชิ้นทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

ข. ตัดชิ้นทดสอบทีละชิ้น โดยวางบนโต๊ะพื้นราบ วางเครื่องตัดวงกลม บริเวณกึ่งกลางของชิ้นทดสอบแล้ววางเครื่องตัดตัวอย่าง

ค. ตัดชิ้นทดสอบเป็นวงกลม มีพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตรจำนวน 5 ชิ้น

ง. ชั่งชิ้นทดสอบโดยใช้เครื่องชั่ง และต้องไม่มีเส้นด้ายหลุดออก

2.10.7 การคำนวณ

ก. คำนวณน้ำหนักต่อพื้นที่ ของชิ้นผ้าจากมวลของชิ้นทดสอบ จากสูตร

$$m_{\text{ua}} = m \times 100$$

เมื่อ

m_{ua} คือ น้ำหนักต่อพื้นที่ เป็นกรัมต่อตารางเมตร

m คือ มวลของชิ้นทดสอบ เป็นกรัม

ข. หาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อพื้นที่ จากค่าที่คำนวณได้ 5 ค่า ปัดเศษให้มีค่าละเอียดถึง 1 กรัม

2.11 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าทอ [21] [22]

2.11.1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้กำหนดวิธีหาแรงดึงสูงสุดโดยวิธีแกรบ (Grab test) สำหรับใช้กับผ้าทอ แต่ไม่ใช้กับผ้าถัก ผ้าทอแบบยืดหยุ่น สิ่งทอทางธรณี ผ้านอนวูฟเวน ผ้าเคลือบ ผ้าทอใยแก้ว ผ้าทอที่ทำจากเส้นใยคาร์บอน หรือเส้นด้ายเทปพอลิโอเลฟิน

วิธีทดสอบนี้เป็นการวัดแรงดึงสูงสุดของชิ้นทดสอบ ในสภาพแห้งที่อยู่ในภาวะสมดุลภายใต้บรรยากาศมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบและในสภาพเปียก โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตรายืดคงที่ (CRE)

2.11.2 นิยาม

ก. เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตรายืดคงที่ หมายถึง เครื่องทดสอบแรงดึงที่มีตัวยึดจับ (Jaws) ตัวหนึ่งอยู่กับที่และอีกตัวหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ตลอดการทดสอบ และระบบการทดสอบทั้งหมดต้องไม่เปลี่ยนทิศทาง

ข. การทดสอบด้วยวิธีดึงแบบแกรบ (Grab test) หมายถึง การทดสอบแรงดึง โดยการที่ตัวยึดจับของเครื่องทดสอบแรงดึงจับหรือยึดชิ้นทดสอบเฉพาะบริเวณส่วนกลางของชิ้นทดสอบเท่านั้น

ค. แรงดึงสูงสุด (Maximum force) หมายถึง แรงสูงสุดที่ถูกบันทึกไว้ขณะที่ทำการทดสอบแรงดึงภายใต้ภาวะที่กำหนดจนชิ้นทดสอบขาด

ง. ระยะทดสอบ (Gauge length) หมายถึง ระยะห่างระหว่างตำแหน่งยึดจับสองตำแหน่งของเครื่องทดสอบ

2.11.3 หลักการทดสอบ

ยึดจับชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามที่กำหนด ด้วยตัวยึดจับของเครื่องทดสอบที่บริเวณแนวส่วนกลางของด้านกว้างชิ้นทดสอบ ดึงด้วยความเร็วคงที่จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด และบันทึกค่าแรงดึงสูงสุด

2.11.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

ก. เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตรายืดคงที่ เป็นเครื่องทดสอบแรงดึงที่มีการระบุหรือบันทึกค่าแรงดึงที่ทำให้ชิ้นทดสอบยืดจนขาด และระยะยืดของชิ้นทดสอบที่แรงดึงขาด ความผิดพลาด ของค่าแรงดึงสูงสุด ต้องไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 1 และมีลักษณะ ดังนี้

1) ถ้าการบันทึกค่าแรงดึง ได้มาจากซอฟต์แวร์ ต้องบันทึกข้อมูลได้อย่างน้อย 8 ค่าต่อวินาที

2) ต้องให้อัตราเร็วของระยะยืดคงที่ ที่ 50 มิลลิเมตรต่อนาทีโดยมีความแม่น (Accuracy) $\pm$ ร้อยละ10

3) ตั้งค่าระยะทดสอบที่ 100$\pm$ 1 มิลลิเมตร หรือ 75 $\pm$ 1 มิลลิเมตร

4) อุปกรณ์ยึดจับของเครื่องต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้กึ่งกลางของตัวยึดจับทั้ง 2 ตัว อยู่ตรงกับแนวแรงดึงที่ให้ขอบด้านหน้าของตัวยึดจับต้องตั้งฉากกับแนวแรง และผิวหน้าสำหรับยึดจับต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน

5) ตัวยึดจับ ต้องยึดชิ้นทดสอบได้โดยไม่ลื่นหลุดและไม่ทำให้ชิ้นทดสอบขาดหรือมีความแข็งแรงลดลง

6) ผิวหน้าของตัวยึดจับต้องเรียบและแบน ยกเว้นในกรณีที่ไม่สามารถยึดชิ้นทดสอบด้วยตัวยึดจับผิวหน้าเรียบ ให้ใช้ตัวยึดจับที่มีผิวเป็นร่อง เพื่อป้องกันการลื่น หรือใช้วัสดุอื่นช่วยในการยึด เช่น กระดาษ หนัง พลาสติก หรือยาง

7) พื้นที่ที่ใช้ยึดจับชิ้นทดสอบมีขนาด 25$\pm$ 1 มิลลิเมตร $\times$ 25$\pm$ 1 มิลลิเมตร เลือกทำได้ 2 วิธี คือ

8) ตัวยึดจับด้านหลังมีขนาด 25 มิลลิเมตร $\times$ 40 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย(ขนาดที่เหมาะสมคือ 25 $\times$ 50 มิลลิเมตร) วางให้ด้านที่กว้างกว่าตั้งฉากกับแนวแรงดึง ส่วนตัวยึดจับด้านหน้าที่มีขนาดเท่ากับตัวยึดจับด้านหลัง โดยหมุนตัวยึดจับให้ตั้งฉากกับตัวยึดจับด้านหลัง เพื่อให้ด้านที่กว้างกว่าขนานกับแนวแรงดึง ตามรูปที่ ก3 ในภาคผนวก ก

9) ตัวยึดจับด้านหลังมีขนาด 25 มิลลิเมตร $\times$ 40 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย (ขนาดที่เหมาะสมคือ 50 มิลลิเมตร) วางให้ด้านที่กว้างกว่าตั้งฉากกับแนวแรงดึง ส่วนตัวยึดจับด้านหน้ามีขนาด 25 มิลลิเมตร$\times$25 มิลลิเมตร ตามรูปที่ ก3 ในภาคผนวก ก.

ข. อุปกรณ์ตัดชิ้นทดสอบ

2.11.5 ภาวะทดสอบ

ปรับภาวะชิ้นทดสอบขั้นต้น ที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 25 จนชิ้นทดสอบอยู่ในภาวะสมดุล

ปรับภาวะชิ้นทดสอบ ภายใต้บรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอ ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 $\pm$4 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือจนชิ้นทดสอบอยู่ในภาวะสมดุล

2.11.6 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ก. ตัวอย่างทดสอบแต่ละชิ้นให้นำมาเตรียมชิ้นทดสอบ 2 ชุด คือ ชิ้นทดสอบจากแนวด้ายยืน 1 ชุด และ ชิ้นทดสอบจากแนวด้ายพุ่ง 1 ชุด หรือแนวขนานกับเครื่องจักรและแนวขวางเครื่องจักร รูปแบบการตัดชิ้นทดสอบตามรูปที่ ก2 ในภาคผนวก ก.โดยตัดชิ้นทดสอบห่างจากริมผ้าอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร อาจทำการเลาะเส้นด้ายเพื่อให้เห็นแนวเส้นด้ายชัดเจนและเตรียมชิ้นทดสอบให้ตรงแนวเส้นด้าย ชิ้นทดสอบในแนวเส้นด้ายยืนต้องมีเส้นด้ายยืนที่ไม่ซ้ำกัน และชิ้นทดสอบในแนวเส้นด้ายพุ่งต้องมีเส้นด้ายพุ่งที่ไม่ซ้ำกัน ชิ้นทดสอบแต่ละชุดมีจำนวนไม่น้อยกว่า 5 ชิ้น

ข. ขนาดของชิ้นทดสอบ มีความกว้าง 100 $\pm$ 2 มิลลิเมตร และมีความยาวเพียงพอเมื่อยึดด้วยตัวยึดจับแล้วมีระยะทดสอบ 100 มิลลิเมตร ขีดเส้นตรงตามแนวยาวของชิ้นทดสอบ โดยห่างจากริมผ้าด้านหนึ่งเป็นระยะ 38 มิลลิเมตร

2.11.7 การทดสอบ

ก. ระยะทดสอบ ให้ตั้งระยะทดสอบที่เครื่องทดสอบแรงดึงที่ 100 $\pm$ 1 มิลลิเมตร หรือหากมีการตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง ให้ใช้ระยะทดสอบ 75$\pm$ 1 มิลลิเมตร ได้

ข. อัตราเร็วของระยะยืด (Rate of extension) ตั้งอัตราเร็วของระยะยืดของเครื่องทดสอบแรงดึงที่ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

ค. การยึดชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ ก4 ในภาคผนวก ก. ยึดชิ้นทดสอบให้อยู่กึ่งกลางขอบหน้าของตัวยึดจับ โดยให้เส้นกึ่งกลางแนวยาวของชิ้นทดสอบตรงกับกึ่งกลางของขอบด้านหน้าของตัวยึดจับ และอยู่ในแนวตั้งฉากกับขอบของตัวยึดจับโดยให้ขอบด้านหนึ่งของตัวยึดจับตรงกับเส้นตรงที่ขีดไว้

ง. หลังจากปิดตัวยึดจับด้านบนแล้ว ปล่อยให้ชิ้นทดสอบห้อยลงด้วยน้ำหนักของตัวเอง ในขณะที่ปรับตำแหน่งของชิ้นทดสอบในตัวยึดจับล่าง โดยไม่ให้มีแรงใดๆกระทำต่อชิ้นทดสอบ แล้วปิดตัวยึดจับด้านล่าง

จ. เดินเครื่องดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด และบันทึกค่าแรงดึงสูงสุด หน่วยเป็นนิวตัน และทำการทดสอบทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งของผ้า อย่างน้อยแนวละ 5 ชิ้น

ฉ. ให้บันทึกผลทดสอบ หากมีการขาดบริเวณตัวยึดจับ (Jaw breaks) ดังนี้

1) ถ้าการขาดของชิ้นทดสอบเกิดขึ้นในช่วง 5 มิลลิเมตร จากแนวยึดจับ ให้บันทึกว่าเป็น “การขาดบริเวณตัวยึดจับ และเมื่อทดสอบครบ 5 ชิ้นแล้ว

2) ถ้าค่าแรงดึงของการขาดบริเวณตัวยึดจับสูงกว่าค่าต่ำสุดของแรงดึงของการขาดแบบปกติ ให้ใช้ค่าแรงดึงของการขาดบริเวณตัวยึดจับนี้ได้ แต่ถ้าต่ำกว่าค่าต่ำสุดของการขาดแบบปกติ ไม่ให้ใช้ผลนั้น และให้ทำการทดสอบชิ้นทดสอบใหม่เพื่อให้ได้ผลแรงดึงของการขาดปกติครบ 5 ชิ้น

3) ถ้าผลการทดสอบที่ได้เกิดการขาดบริเวณตัวยึดจับทุกชิ้น ไม่มีการขาดแบบปกติ ให้รายงานผลการทดสอบแยกเป็นแต่ละชิ้นทดสอบโดยไม่ต้องหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation) หรือค่าขีดจำกัดความเชื่อมั่น (Confidence limits)

4) การรายงานผลที่เกิดจากการขาดบริเวณตัวยึดจับ ขึ้นกับการตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง

2.11.8 การคำนวณ

ก. คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าแรงดึงสูงสุดของแนวเส้นด้ายยืน และแนวเส้นด้ายพุ่งเป็นนิวตัน โดยใช้วิธีปัดเศษค่าที่ คำนวณได้ ดังนี้

ข. ถ้าคำนวณได้น้อยกว่า 100 นิวตัน ปัดเศษให้มีค่าละเอียดถึง 1 นิวตัน

ค. ถ้าคำนวณได้ตั้งแต่ 100 นิวตัน ถึง น้อยกว่า 1 000 นิวตัน ปัดเศษให้มีค่าละเอียดถึง 10 นิวตัน

ง. ถ้าคำนวณได้ตั้งแต่ 1 000 นิวตัน ปัดเศษให้มีค่าละเอียดถึง 100 นิวตัน

จ. ในกรณีที่ต้องการ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน ต้องมีค่าละเอียดถึงร้อยละ 0.1 ที่ขีดจำกัดความเชื่อมั่นที่ระดับร้อยละ 95 เป็นนิวตัน โดยปัดเศษเหมือนกับค่าเฉลี่ย

2.12 การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าทอ [23] [24]

2.12.1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้กำหนดวิธีทดสอบแรงฉีกขาดของผ้าทอ อาจใช้กับผ้านอนวูฟเวนบางชนิดที่มีลักษณะเหมือนผ้าทอ

วิธีทดสอบนี้ไม่เหมาะกับผ้าถัก ผ้าทอแบบยืดหยุ่น ผ้าที่มีสมบัติทางกายภาพแต่ละแนวเส้นด้ายแตกต่างกันมาก หรือผ้าที่มีโครงสร้างหลวมซึ่งมีการฉีกที่เปลี่ยนจากแนวเส้นด้ายหนึ่งไปอีกแนวเส้นด้ายหนึ่งระหว่างการฉีกขาดของผ้า

วิธีทดสอบนี้กำหนดวิธีหาแรงฉีกขาดผ้าที่ตัดเป็นรูปคล้ายขากางเกง (Trouser-shape legs) โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตรายืดคงที่ (CRE) วัดแรงที่ใช้ในการฉีกขาดผ้าซึ่งมีรอยตัดนำไว้ให้ขาดต่อ โดยที่แรงอยู่ในแนวขนานกับรอยตัด และผ้าขาดในแนวแรง

2.12.2 นิยาม

1) แรงฉีกขาด (Tear force) หมายถึง แรงที่ต้องใช้เพื่อทำให้ผ้าทอที่มีรอยตัดนำตามที่กำหนดไว้เกิดการฉีกขาด

2) แรงฉีกขาดของเส้นด้ายยืน (Tear force across warp) หมายถึง แรงฉีกที่ทำให้เส้นด้ายยืนขาด

3) แรงฉีกขาดของเส้นด้ายพุ่ง (Tear force across weft) หมายถึง แรงฉีกที่ทำให้เส้นด้ายพุ่งขาด

4) พีค (Peak) หมายถึง จุดบนกราฟระหว่างแรงดึงกับระยะยืด ที่เปลี่ยนค่าความชันจากบวก (เพิ่มขึ้น) เป็นลบ (ลดลง) อย่างน้อยร้อยละ10

5) ระยะฉีกขาด (Length of tear) หมายถึง ระยะที่วัดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดของการฉีกขาด

6) ชิ้นทดสอบรูปทรงคล้ายขากางเกง (Trouser shaped test specimen) หมายถึง ชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตัดตรงกึ่งกลางของด้านสั้นด้านหนึ่งให้เป็นรอยแยก ทำให้มีลักษณะคล้ายขากางเกง 2 ขา สำหรับยึดจับด้วยตัวหนีบยึด (Clamp) ตามรูปที่ 2.12 และ 2.13

2.12.3 หลักการทดสอบ

ตัดกึ่งกลางด้านสั้นด้านหนึ่งของชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำให้อยู่ในรูปทรงคล้ายขากางเกง ใช้ที่ตัวหนีบยึดของเครื่องทดสอบแรงดึง จับที่ปลายทั้งสองของชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วให้อยู่ในแนวตรงและดึงชิ้นทดสอบให้ฉีกขาดตามแนวที่ตัด บันทึกค่าแรงฉีกขาดที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาดต่อจากรอยตัดตั้งต้นเป็นระยะทางที่กำหนด คำนวณค่าแรงฉีกขาดจากพีคของแรง (Force peaks)

2.12.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

ก. เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตรายืดคงที่ มีดังนี้

1) อัตราเร็วของระยะยืดคงที่ ที่ 100 $\pm$ 10 มิลลิเมตรต่อนาที

2) ตั้งค่าระยะทดสอบที่ 100 $\pm$ 1 มิลลิเมตร

3) อุปกรณ์ หรือวิธีการระบุ หรือบันทึกค่าแรงดึง ที่ทำให้ชิ้นทดสอบฉีกในระหว่างการทดสอบ

4) ความคลาดเคลื่อน ของค่าแรงดึงสูงสุดต้องไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 1 และความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่างตัวยึดจับ ต้องไม่เกิน $\pm$ 1 มิลลิเมตร

5) ถ้าการบันทึกค่าแรงดึงและระยะยืด ซอฟต์แวร์ ต้องบันทึกข้อมูลได้อย่างน้อย 8 ค่าต่อวินาที

ข. อุปกรณ์หนีบยึด

1) อุปกรณ์หนีบยึดของเครื่องต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้กึ่งกลางของตัวยึดจับ (Jaws) ทั้ง 2 ตัว อยู่ตรงกับแนวแรงดึง ขอบด้านหน้าของตัวยึดจับต้องตั้งฉากกับแนวแรงดึง และผิวหน้าสำหรับยึดจับต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน ตัวยึดจับต้องยึดชิ้นทดสอบได้โดยไม่ลื่นหลุด และไม่ทำให้ชิ้นทดสอบขาดหรือมีความแข็งแรงลดลง

2) ตัวยึดจับ ควรมีความกว้าง 75 มิลลิเมตร หรือต้องไม่น้อยกว่าความกว้างของชิ้นทดสอบ

3) อุปกรณ์ตัดชิ้นทดสอบ อาจเป็นเครื่องเจาะผ้า (Hollow punch) หรือแบบตัดชิ้นทดสอบ สำหรับตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาด ตามรูปที่ 2.12

2.12.5 ภาวะทดสอบ

ปรับภาวะชิ้นทดสอบขั้นต้น ที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 25 จนชิ้นทดสอบอยู่ในภาวะสมดุล

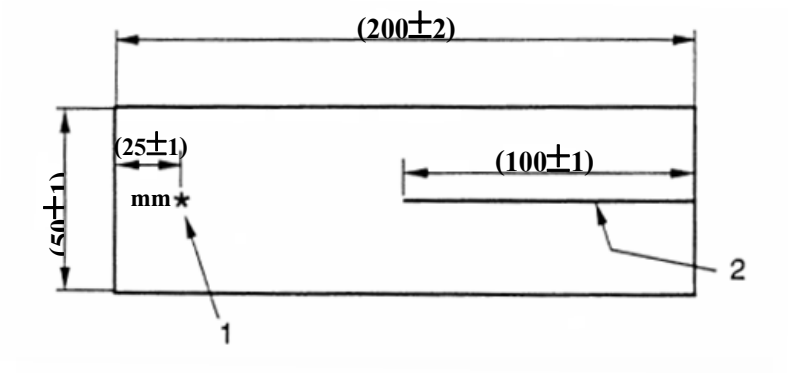
ปรับภาวะชิ้นทดสอบ ในบรรยากาศมาตรฐานสำหรับการทดสอบสิ่งทอ ที่อุณหภูมิ 20$\pm$2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 65$\pm$ 4 ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง โดยไม่มีแรงใดๆ กระทำต่อชิ้นทดสอบ และทำการทดสอบในบรรยากาศมาตรฐาน

2.12.6 การเตรียมชิ้นทดสอบ

สำหรับผ้าทอ ให้นำตัวอย่างทดสอบแต่ละชิ้นมาเตรียมชิ้นทดสอบ 2 ชุด จากแนวเส้นด้ายยืน และจากแนวเส้นด้ายพุ่ง ตามรูปแบบการตัดชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ ก6 ในภาคผนวก ก โดยให้ตัดชิ้นทดสอบห่างจากริมผ้าอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบในแนวเส้นด้ายยืนต้องมีเส้นด้ายยืนที่ไม่ซ้ำกัน และชิ้นทดสอบในแนวเส้นด้ายพุ่งต้องมีเส้นด้ายพุ่งที่ไม่ซ้ำกัน ชิ้นทดสอบแต่ละชุดมีจำนวนไม่น้อยกว่า 5 ชิ้น หรือมากกว่าถ้าต้องการ

2.12.7 ขนาดชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบ ตามรูปที่ 2.12 ขนาดยาว 200$\pm$ 2 มิลลิเมตร และกว้าง 50 $\pm$1 มิลลิเมตร แล้วตัดตรงกึ่งกลางของด้านกว้างด้านหนึ่งให้เป็นรอยแยกยาว 100 $\pm$ 1 มิลลิเมตร ทำเครื่องหมายที่ด้านกว้างอีกด้านหนึ่งห่างจากริมในแนวกึ่งกลาง 25$\pm$1 มิลลิเมตร สำหรับทำเครื่องหมายจุดสุดท้ายของการฉีก



1. เครื่องหมายจุดสุดท้ายของการฉีก
2. รอยตัด

รูปที่ 2.12 ชิ้นทดสอบรูปทรงคล้ายขากางเกง การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด [23]

2.12.8 การตัดชิ้นทดสอบ

สำหรับผ้าทอ ให้ตัดชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ด้านยาวขนานกับแนวเส้นด้ายยืนหรือแนวเส้นด้ายพุ่งของผ้าตัวอย่างทดสอบ เมื่อด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับแนวเส้นด้ายยืน ทิศทางของการฉีกคือการฉีกเส้นด้ายพุ่ง และเมื่อด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับแนวเส้นด้ายพุ่ง ทิศทางของการฉีกคือการฉีกเส้นด้ายยืน

2.12.9 การทดสอบ

ก. ตั้งระยะทดสอบที่เครื่องทดสอบแรงดึงที่ 100 มิลลิเมตร

ข. ตั้งอัตราเร็วของระยะยืดที่เครื่องทดสอบแรงดึงที่ 100 มิลลิเมตรต่อนาที

ค. ยึดปลายชิ้นทดสอบที่ตัดแล้วแต่ละข้างด้วยตัวยึดจับแต่ละอันโดยให้รอยตัดอยู่ตรงกันในแนวกึ่งกลางของตัวยึดจับ ส่วนปลายชิ้นทดสอบด้านที่ไม่ได้ตัดให้ปล่อยอย่างอิสระตามรูปที่ 2.13 ตำแหน่งของปลายชิ้นทดสอบทั้งสองข้างในตัวยึดจับต้องเหมาะสมเพื่อให้การฉีกเริ่มในแนวขนาน กับรอยตัด และอยู่ในแนวของแรงฉีกขาด ขณะที่เริ่มการฉีกไม่ควรให้ชิ้นทดสอบตึงจากการมีแรงดึงเริ่มต้น (Pretension)

ง. เริ่มทดสอบโดยให้ตัวยึดจับเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 100±1 มิลลิเมตรต่อนาที ฉีกชิ้นทดสอบจนถึงจุดที่ทำเครื่องหมายไว้ใกล้ปลายชิ้นทดสอบ

จ. บันทึกแรงฉีกขาด หน่วยเป็นนิวตัน ในกรณีที่ต้องการกราฟของการฉีกให้บันทึกการเคลื่อนที่ของ ตัวยึดจับ หรือระยะการฉีกขาดโดยใช้อุปกรณ์บันทึก และคำนวณแรงฉีกขาดจากการประเมินค่าพีค

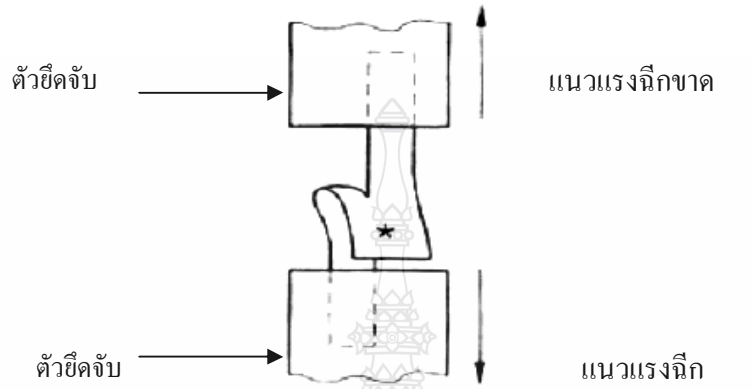
ฉ. สังเกตว่าการฉีกเกิดตลอดชิ้นทดสอบตามแนวแรงหรือไม่ และมีเส้นด้ายลื่นหลุดแทนการฉีกขาดบนผ้าหรือไม่ ผลทดสอบที่ใช้ได้ต้องมีลักษณะต่อไปนี้

1) ไม่มีเส้นด้ายลื่นหลุดออกจากผ้า

2) ไม่มีการลื่นหลุดในตัวยึดจับ

3) การฉีกขาดเกิดโดยสมบูรณ์และขาดตามทิศทางของแรงฉีก

ช. ถ้ามีผลการทดสอบที่ใช้ไม่ได้ตั้งแต่ 3 ชิ้นจาก 5 ชิ้น แสดงว่าวิธีการทดสอบนี้ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ทดสอบตัวอย่างนั้น



รูปที่ 2.13 การยึดชิ้นทดสอบ การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีก[23]

2.12.10 การคำนวณและการแสดงผล

การคำนวณ ค่าแรงฉีกขาดทำได้ 2 วิธี คือ คำนวณด้วยมือและคำนวณโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งการคำนวณทั้งสองวิธีอาจให้ผลไม่เหมือนกันและไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

ก. การคำนวณด้วยมือ

1) แบ่งกราฟของพีคที่บันทึกได้เป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน โดยเริ่มจากพีคแรกจนถึงพีคสุดท้าย ตามรูปที่ 2.14 ในการคำนวณค่าเฉลี่ยจะไม่ใช้ส่วนแรก แต่ให้ใช้ 3 ส่วนที่เหลือ โดยให้ทำเครื่องหมายที่พีคสูงสุด 2 พีคและพีคต่ำสุด 2 พีคของแต่ละส่วน จะได้พีคทั้งหมด 12 พีค พีคที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณคือพีคที่มีแรงเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างน้อยร้อยละ 10

2) คำนวณค่าเฉลี่ยแรงฉีกขาดของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นจากค่าทั้ง 12 พีคเป็นนิวตัน

3) สำหรับการประเมินด้วยมือให้เลือกใช้พีคได้เพียง 12 พีค เพื่อไม่ให้เสียเวลามากเกินไป แต่การคำนวณด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยจากทุกพีค

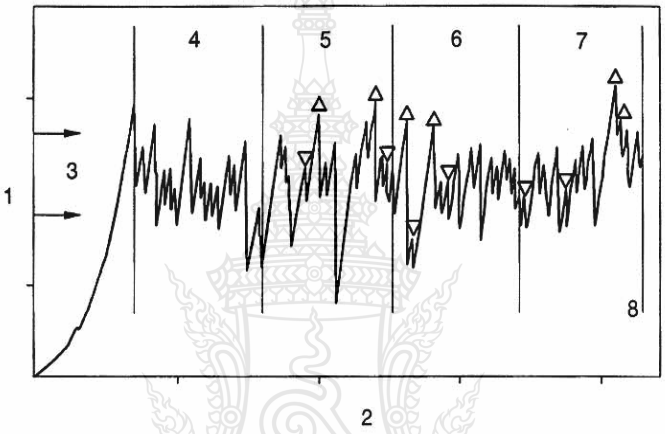
4) คำนวณค่าเฉลี่ยแรงฉีกขาดของผ้าตัวอย่างแต่ละแนว จากค่าเฉลี่ยแรงฉีกขาดของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น และปัดเศษให้มีตัวเลขที่มีนัยสำคัญ 2

ข. การคำนวณโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1) แบ่งระยะการฉีกขาดที่บันทึกได้เป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน โดยเริ่มจากพีคแรกจนถึงพีคสุดท้าย ไม่ใช้ส่วนแรก แต่ใช้ทุกพีคที่อยู่ใน3 ส่วนที่เหลือ โดยพีคที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณคือพีคที่มีแรงเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างน้อยร้อยละ10

2) คำนวณค่าเฉลี่ยแรงฉีกขาดของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นจากทุกพีค เป็นนิวตัน

3) คำนวณค่าเฉลี่ยแรงฉีกขาดของผ้าตัวอย่างแต่ละแนว จากค่าเฉลี่ยแรงฉีกขาดของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น และปัดเศษให้มีตัวเลขที่มีนัยสำคัญ 2 ตำแหน่ง



1. แรง
2. ระยะการฉีกขาด
3. ช่วงพีคปานกลาง โดยประมาณ
4. ส่วนที่ไม่นำมาใช้ในการคำนวณ
5. ส่วนที่ 1 สำหรับการคำนวณ
6. ส่วนที่ 2 สำหรับการคำนวณ
7. ส่วนที่ 3 สำหรับการคำนวณ
8. จุดสุดท้ายของการฉีก

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการคำนวณค่าแรงฉีกขาด [23]

2.13 การวัดการเปลี่ยนแปลงสีผ้าด้วยเครื่องวัดสี [25]

2.13.1 ขอบข่าย [25]

วิธีการทดสอบนี้ เป็นวิธีการของเครื่องเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ได้ถูกปรับสภาพ (Untreated) และคำนวณผลการวัดในรูปของการเปลี่ยนสี

2.13.2 หลักการ [25]

สีของชิ้นทดสอบที่ต้องการหาค่าความคงทนของสี และชิ้นงานที่ไม่ได้ทดสอบ (Untreated) ถูกวัดด้วยเครื่องวัดสี หาค่า CIE Coordinate ค่าความสว่าง (Lightness: L *) ค่าความสดใสของสี (Croma: C^*_{ab}) และ ค่าเฉดสี (Hue: h^*_{ab}) ของชิ้นงานทั้งสอง นำค่าที่ได้มาคำนวณ ค่าความแตกต่างของความสว่าง (ΔL) ค่าความแตกต่างของความสดใสของสี (ΔC^*_{ab}) ค่าความแตกต่างของมุมสี (ΔH^*_{ab}) และ แปลงค่าได้ในรูปของการเปลี่ยนสี

2.13.3 อุปกรณ์ [25]

มาตรวัดแสงแบบแถบคลื่น (Spectrophotometer) หรือ มาตรวัดสี (Colorimeter) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสง (Illuminant) ในการเห็นสี (Viewing condition) ของการวัดการสะท้อนแสง เป็นไปตามข้อกำหนดใน CIE public 15.2 ข้อ 1.4

2.13.4 ชิ้นตัวอย่างทดสอบ [25]

ตัดชิ้นทดสอบ เพื่อให้เป็นตัวแทนของผ้าตัวอย่างจาก ชิ้นทดสอบที่ต้องการหาค่าความคงทนของสี และชิ้นงานที่เลือกบริเวณที่ไม่มีตำหนิ ในขนาดที่เหมาะสมกับตัวจับยึด (Holder) ของ เครื่องวัดสี นำชิ้นงานที่ได้ 1 ชั้นมารองหลังด้วยกระดาษสีขาวทึบแสงที่ไม่มีสารเรืองแสง

หมายเหตุ วิธีทางเลือกอาจนำชิ้นงานที่ไม่ได้ทดสอบรองด้านหลังชิ้นงานที่เลือกจนทึบแสง ใช้แทนกระดาษสีขาวขาวทึบแสงที่ไม่มีสารเรืองแสงได้

2.13.5 วิธีการทดสอบ [25]

นำชิ้นงานอ้างอิง (ชิ้นงานที่ไม่ได้ทดสอบ) ที่เตรียมไว้ ใส่ชิ้นงานเทียบเข้าตัวยึดจับของเครื่องวัด ทำการวัดค่าสี ได้ค่า Tristimulus Value โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D65 มุมมองการวัด 10 ° คำนวณค่า CIE LAB ค่าความสว่าง (Lightness: L *) ค่าความสดใสของสี (Croma :C^*_{ab}) และเฉดสี (Hue: h^*_{ab})

2.13.6 การคำนวณค่า CIE [25]

ก. คำนวณ CIE LAB ค่าความสว่าง (Lightness : L *) ค่าสีแดง หรือสีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน (b*) ค่าความสดใสของสี (Croma :C^*_{ab}) และ เฉดสี (Hue : h^*_{ab}) ค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Value : XYZ)

$$L^* = 116\,(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \qquad \text{ถ้า } Y/Y_n > 0.008856$$

หรือ

$$L^* = 903.3(Y/Y_n) \qquad \text{ถ้า } Y/Y_n \le 0.008856$$

$$a^* = 500\,[\,f(X/X_n) - f\,(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 500\,[f\,(Y/Y_n) - f\,(Z/Z_n)]$$

เมื่อ

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \qquad \text{ถ้า } X/X_n > 0.008856$$

หรือ

$$f(X/X_n) = 7.787\,(X/X_n) + 16/116 \qquad \text{ถ้า } X/X_n \le 0.008856$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \qquad \text{ถ้า } Y/Y_n > 0.008856$$

หรือ

$$f(Y/Y_n) = 7.787\,(Y/Y_n) + 16/116 \qquad \text{ถ้า } Y/Y_n \le 0.008856$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \qquad \text{ถ้า } Z/Z_n > 0.008856$$

หรือ

$f(Z/Z_n) = 7.787\ (Z/Z_n) + 16/116$ ถ้า $Z/Z_n \leq 0.008856$

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

$h^*_{ab} =$ arctan (b*/a*) คำนวณเป็นมุม 0 ถึง 360 องศา โดยที่ แกนบวกของ a* เป็น 0 องศา ในขณะที่แกนบวกของ b* เป็น 90 องศา

ข. วัดชิ้นงานทดสอบ ในลักษณะเดียวกับ ข้อ ก คำนวณค่า CIE LAB ค่าความสว่าง (Lightness : L *) ค่าความสดใสของสี (Croma .C^*_{ab}) และ เฉดสี (Hue : h^*_{ab})

2.13.7 การคำนวณหาค่าการเปลี่ยนสี [26]

คำนวณ ค่าความแตกต่างของความสว่าง (ΔL) ค่าความแตกต่างของความสดใสของสี (ΔC^*_{ab}) ค่าความแตกต่างของเฉดสี (ΔH^*_{ab}) ระหว่างชิ้นงานอ้างอิงและชิ้นงานทดสอบ

คำนวณ ค่าการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE_F) ด้วยสูตรดังนี้

$\Delta E_F = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*_F)^2 + (\Delta H^*_F)^2]^{1/2}$

$\Delta H_F = \Delta H_K[(1 - (C_M / 1000)^2]$

$\Delta C_F = \Delta C_K[(20 - (C_M / 1000)^2]$

$\Delta H_K = \Delta H^*_{ab} - D$

$\Delta C_K = \Delta C^*_{ab} - D$

$D = (\Delta C^*_{ab} . \Delta C_m . e^{-x}) / 100$

$C_M = (C^*_{ab\,S} - C^*_{ab\,R}) / 2$

$x = [(h_M - 280) / 30]^2$ ถ้า $|h_M - 280| \leq 180$

$x = [(360 - |h_M - 280|) / 30]^2$ ถ้า $|h_M - 280| > 180$

$h_M = (h^*_{ab\,S} + h^*_{ab\,R}) / 2$ ถ้า $|h^*_{ab\,S} - h^*_{ab\,R}| \leq 180$

$h_M = (h^*_{ab\,S} + h^*_{ab\,R}) / 2 + 180$ ถ้า $|h^*_{ab\,S} - h^*_{ab\,R}| > 180$ และ $|h^*_{ab\,S} - h^*_{ab\,R}| < 360$

$h_M = (h^*_{ab\,S} + h^*_{ab\,R}) / 2 - 180$ ถ้า $|h^*_{ab\,S} - h^*_{ab\,R}| > 180$ และ $|h^*_{ab\,S} - h^*_{ab\,R}| \geq 360$

เมื่อ

ตัวห้อย S แสดง ชิ้นงานหลังทดสอบ

ตัวห้อย R แสดง ชิ้นงานอ้างอิง

ตัวห้อย M แสดง ค่าแก้ของค่าความสว่าง ของชิ้นงานอ้างอิงและ ชิ้นงานหลังทดสอบ

ตัวห้อย K แสดง ค่าแก้ของค่าความสดใสของสี และ เฉดสี

ตัวห้อย F แสดง ใช้เป็นค่าแสดงสีพิเศษ ซึ่งใช้แตกต่างจากค่าการวัดสีแบบ CIELAB แบบปกติ

$L^*_{ab\,S}$ $C^*_{ab\,S}$ $h^*_{ab\,S}$ = ค่าความสว่าง ค่าความสดใสของสี และ เฉดสีของชิ้นงานทดสอบ

$L^*_{ab\,R}$ $C^*_{ab\,R}$ $h^*_{ab\,R}$ = ค่าความสว่าง ค่าความสดใสของสี และ เฉดสีของชิ้นงานอ้างอิง

(ΔL) (ΔC^*_{ab}) (ΔH^*_{ab}) คำนวณ ค่าความแตกต่างของความสว่างค่าความแตกต่างของความสดใสของสีค่าความแตกต่างของมุมสี [25]

$$\Delta L = L^*_S - L^*_R$$

$$\Delta a^* = a^*_S - a^*_R$$

$$\Delta b^* = b^*_S - b^*_R$$

$$\Delta C^*_{ab} = \Delta C^*_{ab\,S} - \Delta C^*_{ab\,R}$$

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta H^*_{ab} = pq\,[(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2]^{1/2}$$

เมื่อ

$p = 1$ ถ้า $m \geq 0$

หรือ

$p = -1$ ถ้า $m \geq 0$

และ

$q = 1$ ถ้า $|m| < 180$

หรือ

$q = -1$ ถ้า $|m| < 180$

เมื่อ

$$m = h_{ab\,S} - h_{ab\,R}$$

$$\Delta H^*_{ab} = t\,[2(C^*_{ab\,S}\,\Delta C^*_{ab\,R} - a^*_S a^*_R - b^*_S b^*_R)]^{1/2}$$

เมื่อ

$t = 1$ ถ้า $a^*_S B^*_R \leq a^*_R a^*_S$

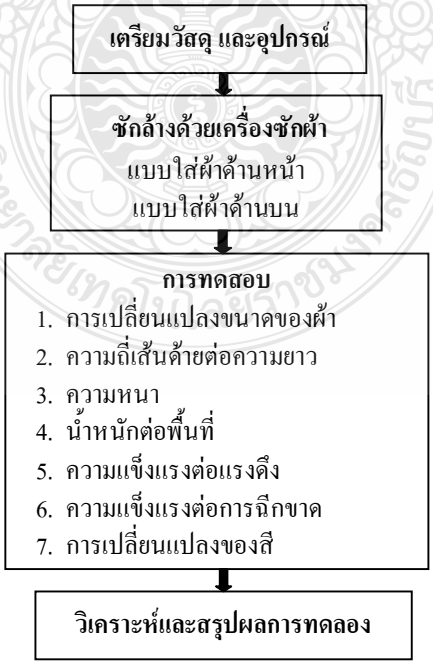
หรือ

$t = -1$ ถ้า $a^*_S B^*_R > a^*_R a^*_S$

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยแบบการทดลอง (Experimental process) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของผ้าภายหลังผ่านการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ในวิทยานิพนธ์ได้ออกแบบการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล ดังนี้

1. เตรียมวัสดุและอุปกรณ์
2. การซักล้างด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน
3. การทดสอบผ้าก่อนซักและผ้าที่ถูกซัก ในจำนวนรอบต่างๆ
    1) การเปลี่ยนแปลงขนาด
    2) ความถี่เส้นด้ายต่อความยาว
    3) ความหนา
    4) น้ำหนักต่อพื้นที่
    5) ความแข็งแรงต่อแรงดึง
    6) ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด
    7) การเปลี่ยนแปลงของสี
4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

ก. ผ้าตัวอย่าง เลือก

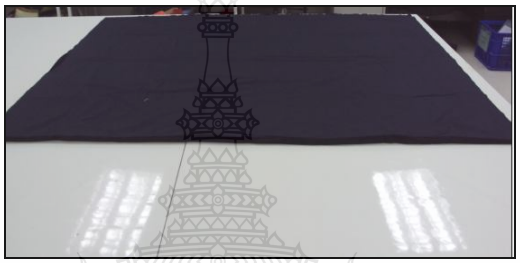
1) เส้นใยฝ้าย 100 %

2) โครงสร้างทอลายขัด มีความถี่ด้ายยืน 54 เส้น/เซนติเมตร ความถี่เส้นด้ายพุ่ง 28 เส้น/เซนติเมตร

3) เบอร์ด้ายยืน 14.2 เท็กซ์ เบอร์ด้ายพุ่ง 14.5 เท็กซ์

4) สีกรมท่า ย้อมด้วยสีย้อมประเภทไดเร็คท์

5) ขนาด หน้าผ้า 150 เซนติเมตร



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างผ้าทอลายขัดสีกรมท่าที่ใช้ในการทดลอง

ข. ผงซักฟอก (Detergent) [7]

ที่ใช้ในการทดสอบใช้ เป็นไปตามาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.78 /2549 กำหนดความเข้มข้นของผงซักฟอก 1.0 กรัมต่อลิตร ดังนี้

1) ใช้ผงซักฟอก 20 กรัม สำหรับ เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ที่ใช้น้ำซัก 20 ลิตร

2) ใช้ผงซักฟอก 68 กรัม สำหรับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ที่ใช้น้ำซัก 68 ลิตร

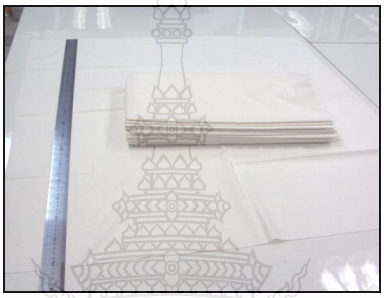
รูปที่ 3.3 ผงซักฟอกที่ ใช้ซักผ้าเพื่อทดสอบ

ค. น้ำที่ใช้ในการซัก (Water) [13]

เป็นน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการกรองสีและกลิ่น และควบคุมให้มีความกระด้าง อยู่ไม่เกิน 20 ppm สอดคล้องกับข้อกำหนด ของเครื่องซักผ้าที่ใช้ซักเพื่อทดสอบ ตามมาตรฐาน ISO 6330: 2000

ง. ผ้าถ่วงน้ำหนัก (Wash Load) [13]

ใช้ผ้าฝ้ายร้อยละ 100 ที่ผ่านการฟอกขาว ที่เย็บริมผ้าแล้วเป็นผ้าทอลายขัด (plain weave) มีมวลต่อหน่วยพื้นที่ 155 $\pm$5 กรัมต่อตารางเมตร ขนาด 92$\pm$ 5 เซนติเมตร $\times$92$\pm$ 5 เซนติเมตร ปริมาณผ้าที่ใช้ในการซักแต่ละครั้งอยู่ที่ 2.0 $\pm$ 0.1 kg.



รูปที่ 3.4 ผ้าถ่วงน้ำหนัก ทำจากผ้าฝ้ายร้อยละ 100 ขนาด 92 $\pm$ 5 เซนติเมตร $\times$ 92 $\pm$ 5 เซนติเมตร

จ. เครื่องซักผ้า[13]

1) ใช้เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (ถังนอน) ยี่ห้อElectrolux รุ่น Wascator/FOM71MP LAB ขนาดความจุ 5 กิโลกรัม ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด ของเครื่องซักผ้าที่ใช้ซักเพื่อทดสอบ ตามมาตรฐาน ISO 6330

รูปที่ 3.5 เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า(ถังนอน) ยี่ห้อ Electrolux รุ่น Wascator/FOM71MP LAB

2) ใช้เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน) ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3XWTW5905 ขนาดความจุ 10.5 กิโลกรัมซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด ของเครื่องซักผ้าที่ใช้ซักเพื่อทดสอดคล้องตามมาตรฐาน ISO 6330

รูปที่ 3.6 เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน) ยี่ห้อ Whirlpool รุ่น 3XWTW5905

ฉ. โปรแกรมการซัก [26]

เลือกโปรแกรมการซักให้สอดคล้องกับ มาตรฐาน Care label (ISO 3758:2005) สำหรับการซักผ้า โปรแกรม แบบปกติ (Normal process)

1) โปรแกรม 5Aที่ 40 ° C สำหรับเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

2) โปรแกรม 6B ที่ 40 ° C สำหรับเครื่องซักผ้านอน

ช. จำนวนรอบการซัก

เลือกที่ทดสอบเปรียบหลังการซักที่ 1 5 10 20 และ 50 รอบ

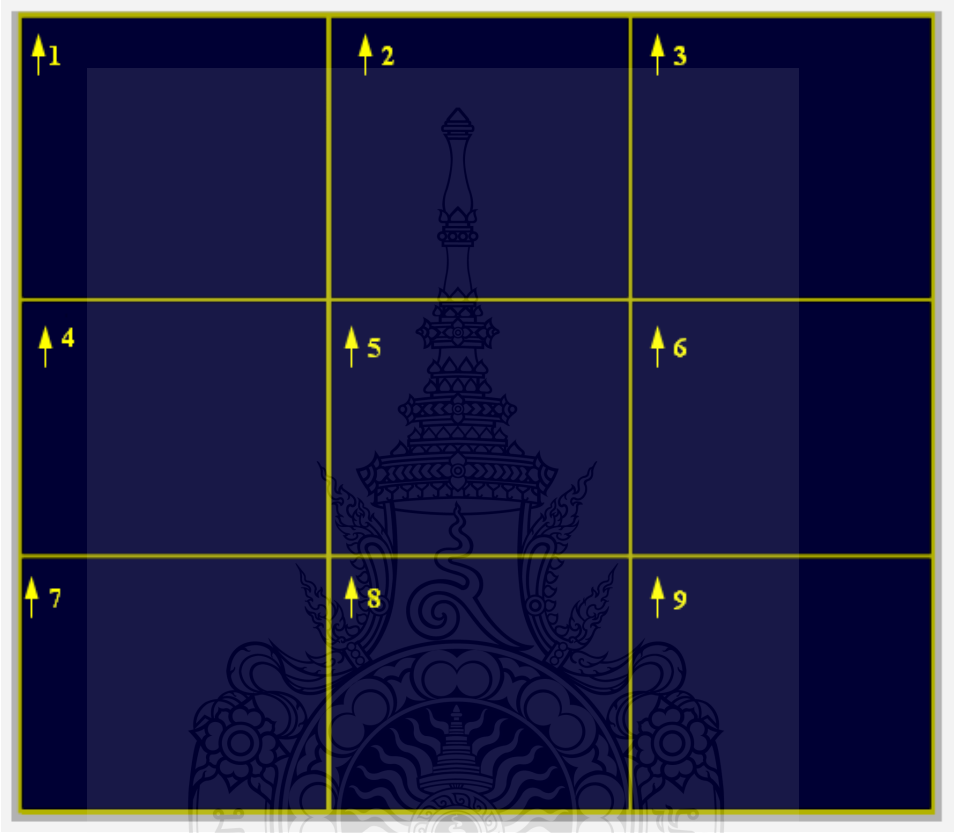
ซ. การทำแห้ง (Drying) [13]

ภายหลังการซักแต่ละรอบ ใช้การทำแห้ง ด้วยวิธี แขวนตาก (Line dry) โดยให้แนวด้ายยืนขนานกับแนวดิ่ง ใช้ตัวหนีบที่ขอบผ้าด้านบน ทิ้งไว้จนแห้ง

รูปที่ 3.7 การตากแห้งชิ้นงานหลังซัก

3.2 การซักผ้า ทดสอบ

แบ่ง ผ้าแต่ละชิ้น ขนาด 50×50 cm ทำการแบ่งผ้าแต่ละชิ้นเป็น 9 ชิ้น ดังรูปที่ 3.8 กำหนดตำแหน่งผ้าตัดแบ่ง เป็น 1, 2 ,3 ,4, 5 ,6 ,7, 8 และ 9 นำแต่ละชิ้นมาเย็บริมเพื่อกันหลุดลุ่ยระหว่างซัก โดยเขียนตัวเลขกำหนด ชิ้นผ้า แนวเส้นด้ายยืนและหน้าผ้า



รูปที่ 3.8 ชิ้นทดสอบก่อนการซัก

ก่อนทำการซัก นำผ้าชิ้นที่ 8 ของผ้าที่ตรียมไว้แต่ละชุดมาเตรียมผ้าเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดผ้า ข้อ 3.3.1 ข้อย่อยที่ ก. ข. และ ค.

3.2.1 การซักผ้าด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

1) นำผ้าที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2 มาซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้าดังรูปที 3.9 ถึง รูปที่ 3.18

2) นำผ้าออกจากเครื่องและตากผ้าบนราวตาก โดยให้แนวด้ายยืนทิ้งตัวในแนวดิ่ง ใช้ที่หนีบผ้า หนีบที่ขอบผ้าด้านบนทิ้งไว้จนแห้ง รูปที่ 3.19

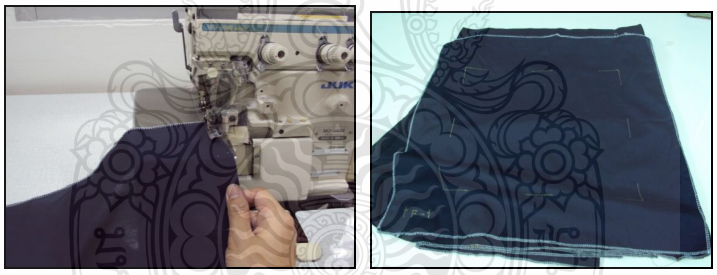
3) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 1 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 4 รอบ จนครบ 5 รอบ

4) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 5 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 5 รอบจนครบ 10 รอบ

5) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 10 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 10 รอบจนครบ 20 รอบ

6) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 20 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 30 รอบจนครบ 50 รอบ

7) นำผ้าที่ซักออกจะได้ผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 50 รอบ



รูปที่ 3.9 การเย็บริมกันรุ่ย สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.10 ชั่งผ้าทดลองรวมผ้าถ่วงน้ำหนัก 2.0 kg สำหรับซัก
ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.11 ชั่งผงซักฟอกน้ำหนัก 20 g สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.12 นำผ้าเข้าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.13 เลือกโปรแกรมซัก 5A (40 °C) สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.14 กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.15 โปรแกรมเริ่มต้นด้วยการเติมน้ำ ของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.16 ขณะซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.17 ขณะล้างด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.18 ขณะปั่นหมาดด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

รูปที่ 3.19 การตากผ้าบนราวตาก โดยให้แนวด้ายยืนทิ้งตัวใน
แนวดิ่งใช้ที่หนีบผ้า หนีบที่ขอบผ้าด้านบนทิ้งไว้จนแห้ง

3.2.2 การซักผ้าด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

1) นำผ้าที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2 มาซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบนดังรูปที 3.20 ถึง รูปที่ 3.29

2) นำผ้าออกจากเครื่องและตากผ้าบนราวตาก โดยให้แนวด้ายยืนทิ้งตัวในแนวดิ่งใช้ที่หนีบผ้า หนีบที่ขอบผ้าด้านบนทิ้งไว้จนแห้ง รูปที่ 3.19

3) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 1 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 4 รอบ จนครบ 5 รอบ

4) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 5 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 5 รอบจนครบ 10 รอบ

5) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 10 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 10 รอบจนครบ 20 รอบ

6) นำผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 20 รอบ ออก จากนั้นซักผ้าที่เหลือและทำแห้งทุกรอบอีก 30 รอบจนครบ 50 รอบ

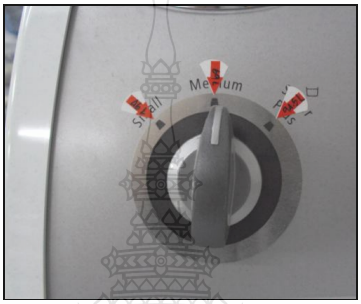
7) นำผ้าที่ซักออกจะได้ผ้าที่กำหนดไว้สำหรับซัก 50 รอบ

รูปที่ 3.20 การเย็บริมกันรุ่ย สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.21 ชั่งผ้าทดลองรวมผ้าถ่วงน้ำหนัก 2.0 kg สำหรับซัก
ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.22 ชั่งผงซักฟอกน้ำหนัก 68 g สำหรับนำไปซัก
ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.23 นำผ้าเข้าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

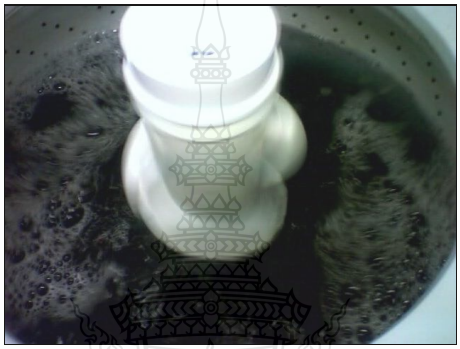


รูปที่ 3.24 เลือกระดับน้ำปานกลาง (Medium) 68 ลิตร สำหรับซักด้วย
เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.25 เลือกโปรแกรมซัก แบบบกติ (Normal) เวลา 12 นาที
สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.26 เลือกอุณหภูมิน้ำซักอุ่น (Warm) และอุณหภูมิน้ำล้างเย็น
(Cold) สำหรับซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.27 ขณะซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

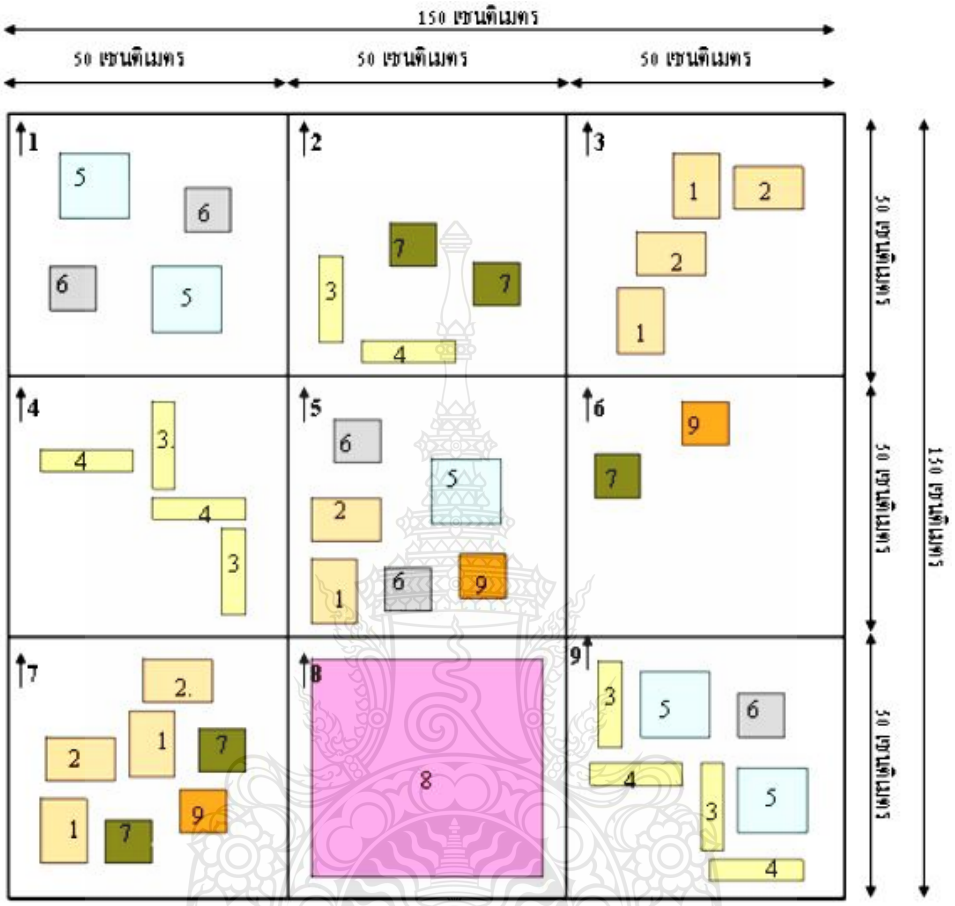


รูปที่ 3.28 ขณะล้างด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

รูปที่ 3.29 ขณะปั่นหมาดด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

3.3 การทดสอบ

หลังจาการซักผ้าที่ มีขนาด 50 X 50 จำนวน 9 ชิ้น แสดงดังแบบตัดดังนี้



รูปที่ 3.30 การแบ่งตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบ โดยสังเขป

หมายเลข 1 = แบบตัดความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง แนวด้ายยืน ขนาด 100 x 150 mm จำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 2 = แบบตัดความแข็งแรงของผ้าต่อแรงดึง แนวด้ายพุ่ง ขนาด 100 x 150 mm จำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 3 = แบบตัดความแข็งแรงของผ้าต่อการฉีกขาดแนวด้ายยืนขนาด 50 x 200 mmจำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 4 = แบบตัดความแข็งแรงของผ้าต่อการฉีกขาดแนวด้ายพุ่งขนาด 50 x 200 mmจำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 5 = แบบตัดน้ำหนักผ้า ขนาด 150 x 150 mm จำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 6 = แบบตัดความหนาของผ้า ขนาด 100 x 100 mm จำนวน 5 ชิ้น

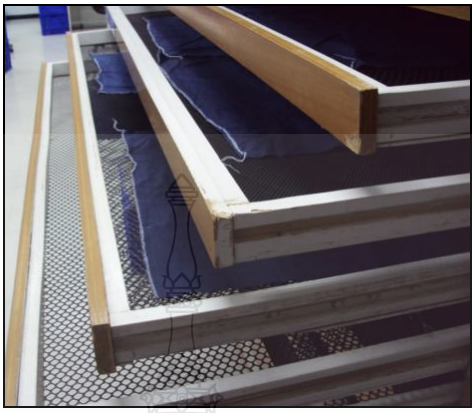
หมายเลข 7 = แบบตัดความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้า ขนาด 50 x 50 mm จำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 8 = แบบตัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้า ขนาด 500 x 500 mm จำนวน 5 ชิ้น

หมายเลข 9 = แบบตัดการเปลี่ยนแปลงของสี ขนาด 100 x 100 mm จำนวน 3 ชิ้น

3.3.1 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้า

ก. นำชิ้นทดสอบ มาปรับสภาวะ ภายใต้อุณหภูมิห้อง $20 \pm 2^{\circ}C$ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.31 การปรับสภาวะผ้าก่อนการวัดขนาด สำหรับทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด

ข. ตัดผ้า ก่อนทดสอบ ขนาด 500 x 500 mm จำนวน 1 ชิ้น ในตำแหน่ง ที่ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน เพื่อเตรียมการซัก สำหรับการซัก 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบ

รูปที่ 3.32 ชิ้นผ้าสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงขนาด

ค. กำหนดจุดที่ชิ้นทดสอบ แนวละ3 คู่ ขนาด 350 mm (แนวยาว 3 คู่ และแนวกว้าง 3 คู่)

รูปที่ 3.33 การกำหนดขนาดผ้า และทำเครื่องหมายแสดงบนผ้า

รูปที่ 3.34 การวัดขนาดผ้า ก่อนและหลังซัก

ง. ซักชิ้นทดสอบ ตามจำนวนรอบที่กำหนด 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้าน บนในแต่ระรอบการซัก ทำแห้งแบบแขวนตาก

จ. หลังจากทำแห้งตามรอบที่กำหนด แล้วนำชิ้นทดสอบ มาปรับสภาวะ ภายใต้อุณหภูมิ 20$\pm$ 2°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65$\pm$4 เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ให้วัดขนาดผ้าตามตำแหน่งเดิมที่กำหนดจุดไว้

ฉ. คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงขนาดผ้า ดังนี้

1) คำนวณการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นทดสอบทั้งในแนวยาวและแนวกว้างของผืนผ้า

$$\text{การเปลี่ยนแปลงขนาด ร้อยละ} = \frac{(Xt - Xo) \times 100}{Xo}$$

เมื่อ Xt คือ ระยะระหว่างเครื่องหมายก่อนการซัก เป็นมิลลิเมตร

Xo คือระยะระหว่างเครื่องหมายหลังการซักและทำให้แห้ง เป็นมิลลิเมตร

2) คำนวณค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงขนาดให้ค่าละเอียดถึง ร้อยละ0.5

3) แสดงเครื่องหมายลบ (-) แทนการหดตัว และเครื่องหมายบวก (+) แทนการขยายตัว

3.3.2 ทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว

ก. นำผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบมาปรับสภาวะภายใต้อุณหภูมิ 20 $\pm$ 2°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65$\pm$ 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

ข. ตัดผ้า แต่ละชุด ขนาด 50 x50 mm จำนวน 5 ชิ้น ในตำแหน่งที่ ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน

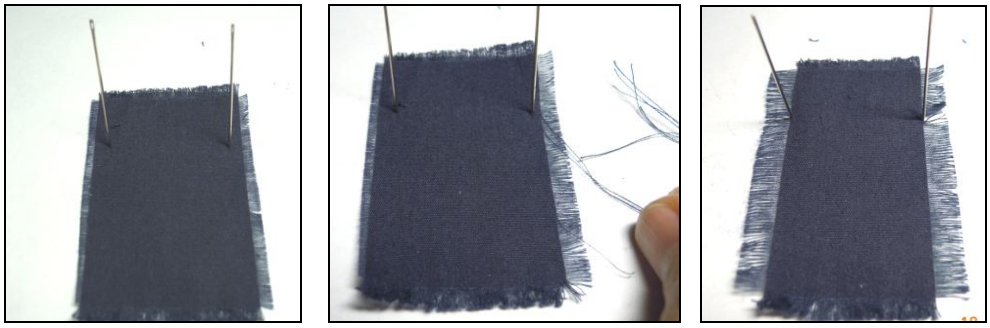
ค. ใช้เข็มกำหนดระยะทดสอบ 3 cm เลาะเส้นด้ายด้านนอกออก

ง. เลาะเส้นด้ายที่เหลือ 3 cm นับจำนวนเส้นด้ายทั้งหมด

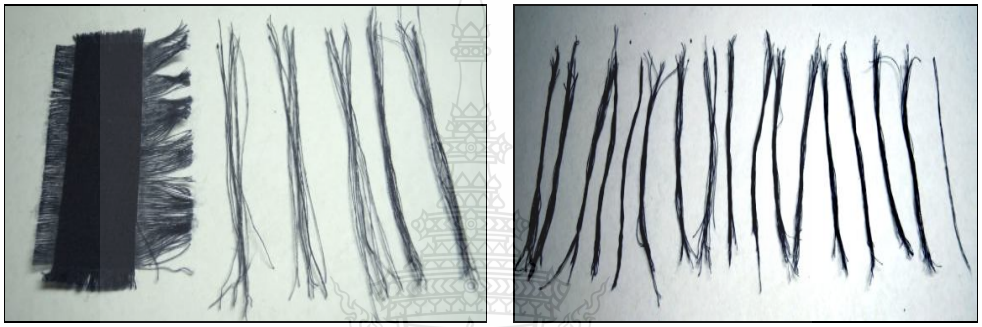
จ. คำนวณหา ความถี่เส้นด้ายต่อความยาว

$$\text{ความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (เส้น/cm)} = \frac{\text{ความถี่เส้นด้ายทั้งหมด (3 cm)}}{3}$$

ฉ. ทำการทดสอบ จนครบ 5 ชิ้นในแต่ละแนว



รูปที่ 3.35 การเลาะผ้า เพื่อทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว



รูปที่ 3.36 เส้นด้ายที่ถูกเลาะจากผ้าในการทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว

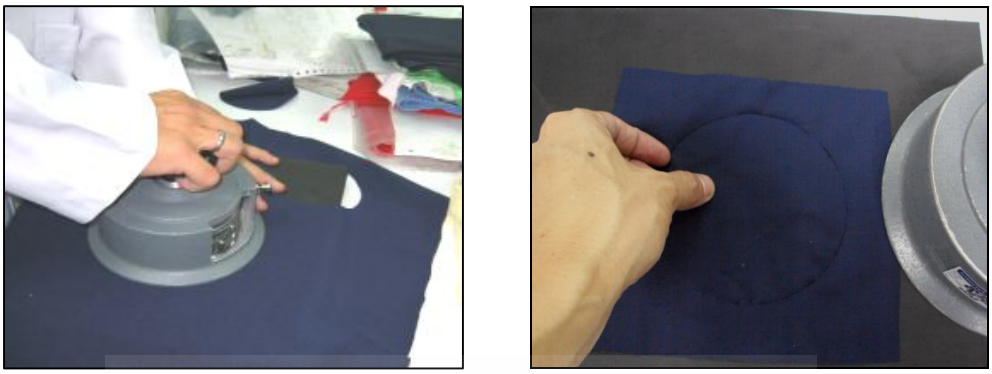
3.3.3 น้ำหนักต่อพื้นที่

ก. นำผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบมาปรับสภาวะภายใต้อุณหภูมิ $20 \pm 2^{\circ}C$ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65$\pm$ 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

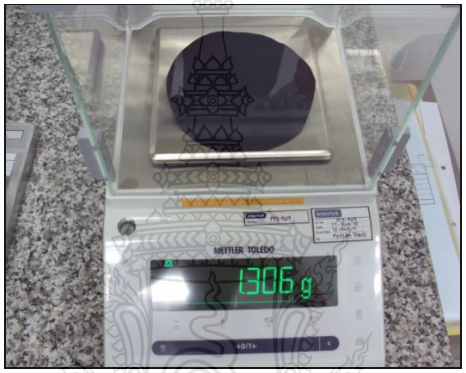
ข. ตัดผ้า แต่ละชุด ขนาด 150 x 150 mm จำนวน 5 ชิ้น ในตำแหน่ง ที่ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน

ค. นำผ้ามาตัดวงน้ำหนัก จำนวน 5 วง

ง. ชั่งน้ำหนักผ้าทีละชิ้น หาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.37 การตัดผ้าเพื่อทดสอบน้ำหนักผ้า



รูปที่ 3.38 การชั่งผ้าเพื่อทดสอบน้ำหนัก

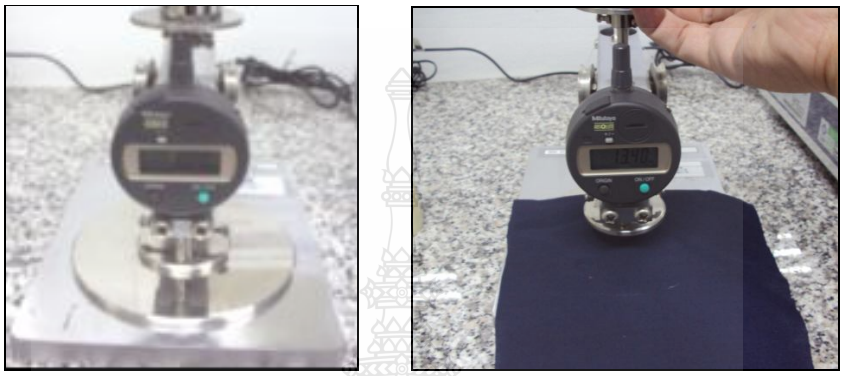
3.3.4 การทดสอบความหนา

รูปที่ 3.39 อุปกรณ์ และ ตัวอย่างการทดสอบความหนา

ก. นำผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก 1, 5, 10,20 และ 50 รอบมาปรับสภาวะ ภายใต้อุณหภูมิ $20 \pm 2^{\circ}C$ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

ข. ตัดผ้า แต่ละชุด ขนาด 150 x 150 mm จำนวน 5 ชิ้น ในตำแหน่งที่ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน

ค. วางชิ้นทดสอบบนแผ่นอ้างอิง โดยปราศจากแรงดึงและไม่บิดเบี้ยว



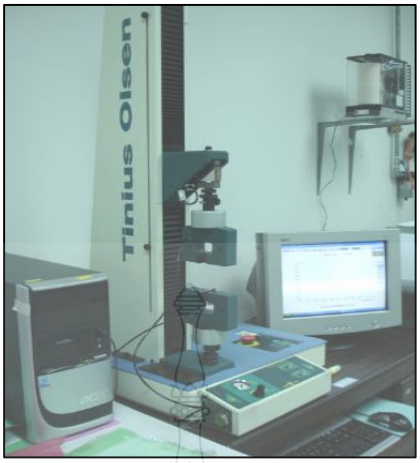
รูปที่ 3.40 การวางชิ้นผ้าบนแผ่นอ้างอิง สำหรับการทดสอบความหนา

ง. ใช้แรงกด 1 ± 0.01 กิโลพาสคัล เลื่อนแป้นกดวงกลมลงบนชิ้นทดสอบอย่างเบาๆ อ่านค่าความหนาจากมาตรวัดความหนา หลังจากวางแป้นกดวงกลม 30 ± 5 วินาที

จ. วัดความหนา 5 ตำแหน่ง หาค่าเฉลี่ยความหนาที่วัดได้

รูปที่ 3.41 การทดสอบหาความหนา

3.3.5 ทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า



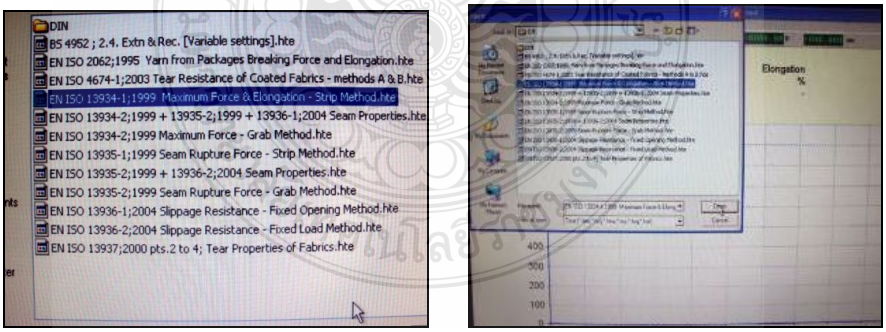
รูปที่ 3.42 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง

ก. นำผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบมาปรับสภาวะ ภายใต้อุณหภูมิ $20 \pm 2^{\circ}C$ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

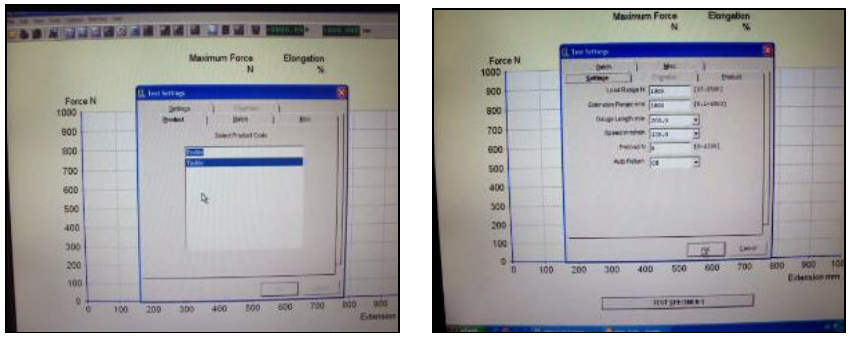
ข. ตัดผ้าแต่ละชุด ขนาด 50 x 150 mm จำนวน 5 ชิ้น ในตำแหน่งที่ ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน

ค. ตั้งเครื่องทดสอบแรงดึง ตามโปรแกรม ISO 13934-1.

ง. ปรับตั้ง ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที และระยะระหว่างตัวหนีบ 100 มิลลิเมตร

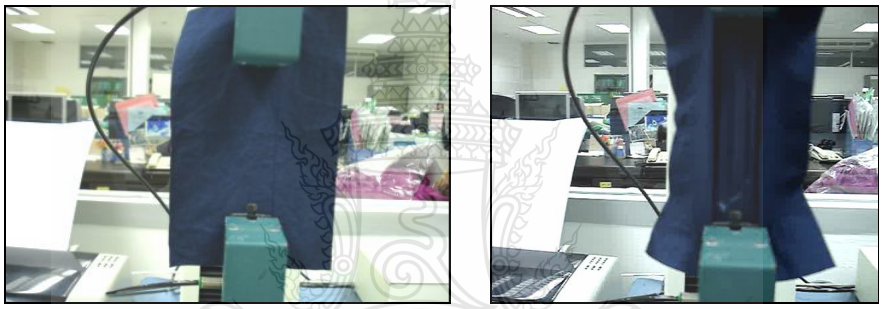


รูปที่ 3.43 การตั้งโปรแกรมทดสอบ EN ISO 13934-1สำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง

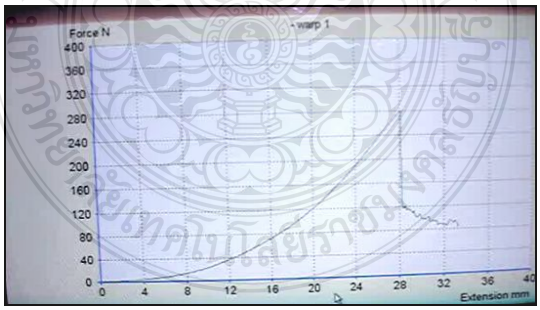


รูปที่ 3.44 การตั้งค่าตัวแปรก่อนเริ่มทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง

จ. เริ่มดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด เครื่องจะหยุดเคลื่อนที่ ตัวหนีบด้านบนจะย้อนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น ผลการทดสอบจะแสดงผลเป็นแรงดึงสูงที่สุด



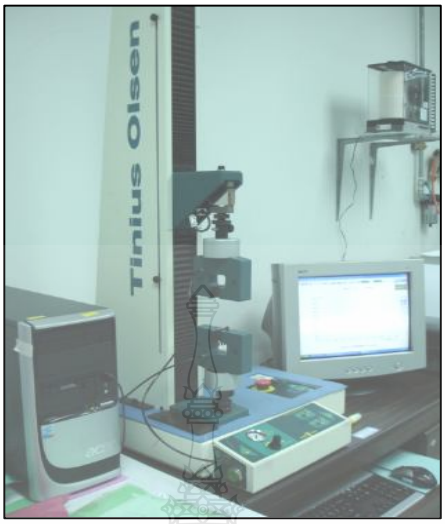
รูปที่ 3.45 ชิ้นทดสอบขณะถูกทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง



รูปที่ 3.46 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง

ฉ. ทำการทดสอบ จนครบ 5 ชิ้นในแต่ละแนว

3.3.6 ทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด



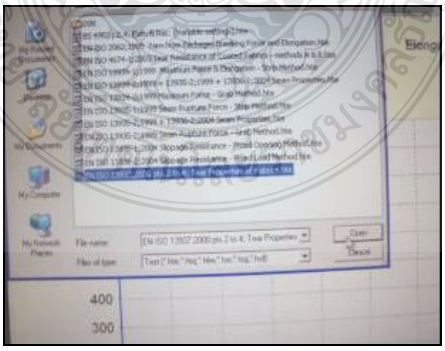
รูปที่ 3.47 เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

ก. นำผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบมาปรับสภาวะภายใต้อุณหภูมิ 20$\pm$2°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65$\pm$ 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

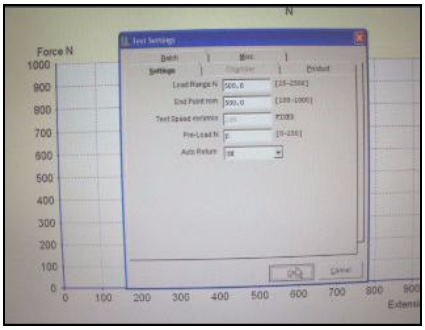
ข. ตัดผ้า แต่ละชุด ขนาด 50 x 200 mm จำนวน 5 ชิ้น แต่ละแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง ในตำแหน่ง ที่ ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน

ค. ตั้งเครื่องทดสอบแรงดึง ตามโปรแกรม ISO 13937-1.

ง. ปรับตั้ง ความเร็ว 100 มิลลิเมตรต่อนาที และระยะระหว่างตัวหนีบ 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.48 การตั้งโปรแกรมทดสอบ EN ISO 13937-1 สำหรับทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

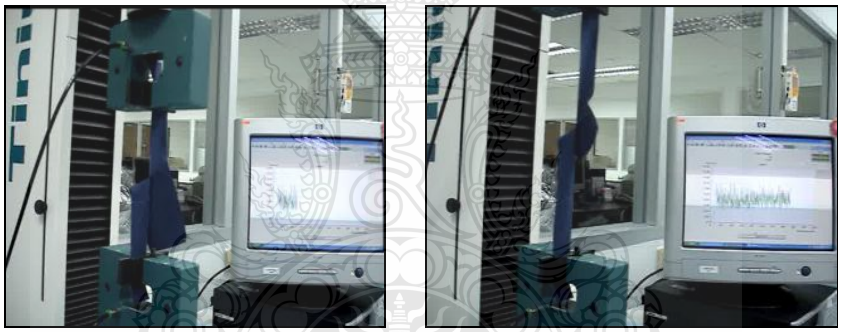


รูปที่ 3.49 การตั้งค่าก่อนเริ่มทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

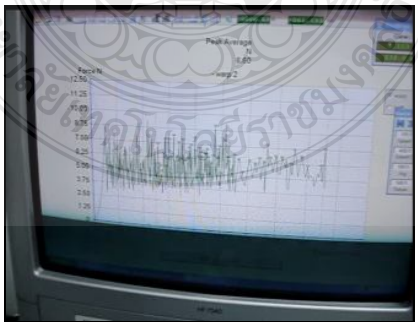
จ. เริ่มดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดถึงแนวที่กำหนด

ฉ. หยุดเคลื่อนที่ และย้อนกลับมาตำแหน่งเริ่มต้น

ช. ผลการทดสอบจะแสดงผลเป็นแรงเฉลี่ยความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของเส้นด้ายในผ้า



รูปที่ 3.50 ชิ้นทดสอบขณะถูกทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด



รูปที่ 3.51 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

ซ. ทำการทดสอบ จนครบ 5 ชิ้นในแต่ละแนว

3.3.7 วัดการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าด้วยเครื่องวัดสี

รูปที่ 3.52 เครื่องวัดสี Spectra flash รุ่น 600 Plus – CT

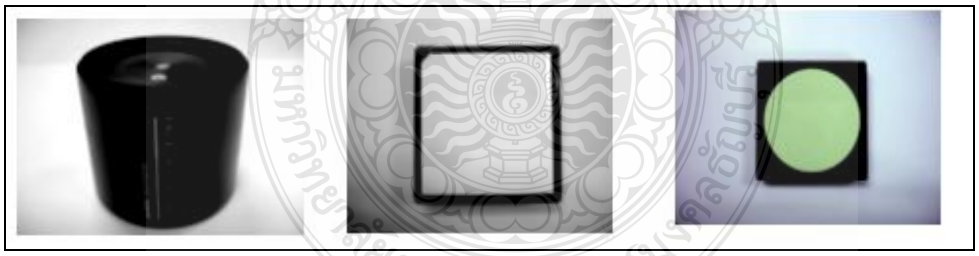
ก. ปรับตั้งเครื่อง วัดสี (Spectrophotometer)

Specula ให้เลือกใช้ Include

Aperture เลือกใช้ ขนาด ใหญ่ (Large)

UV-Filter ให้เลือกใช้ 100% UV (Filter Off)

`` สอบเทียบเครื่อง Calibration โดยใช้ Black trap White tile และ Green trap บน Aperture



ก ข ค

รูปที่ 3.53 อุปกรณ์ที่ใช้สอบเทียบ เครื่องวัดสี Spectra flash รุ่น 600 Plus – CT

(ก) Black trap

(ข) White tile

(ค) Green trap

ข. การวัดสีผ้าก่อนทดสอบเพื่อกำหนด เป็นค่ามาตรฐาน

1) นำผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก 1 , 5, 10 ,20 และ 50 รอบมาปรับสภาวะ ภายใต้อุณหภูมิ 20 $\pm$ 2°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65$\pm$ 4 เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

2) ตัดผ้า แต่ละชุด ขนาด 100 x 100 mm จำนวน 3 ชิ้น

3) วัดสีผ้าก่อนซักด้วยเครื่องวัดตั้งค่าการวัดสีแบบวัดหลายครั้ง รวม 6 ครั้ง ดังนี้

4) วัดครั้งที่ 1 นำผ้าชิ้นที่ 1 มารองด้วยกระดาษสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง วัดชิ้นทดสอบโดยให้แนวด้ายยืน ตั้งฉากกับแนวระนาบ

5) วัดครั้งที่ 2 หมุนผ้าชิ้นที่ 1 ให้แนวด้ายยืน ขนานกับแนวระนาบ

6) วัดครั้งที่ 3 นำผ้าชิ้นที่ 2 มารองด้วยกระดาษสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง วัดชิ้นทดสอบโดยให้แนวด้ายยืน ตั้งฉากกับแนวระนาบ

7) วัดครั้งที่ 4 หมุนผ้าชิ้นที่ 2 ให้แนวด้ายยืน ขนานกับแนวระนาบ

8) วัดครั้งที่ 5 นำผ้าชิ้นที่ 3 มารองด้วยกระดาษสีขาวที่ไม่มีสารเรืองแสง วัดชิ้นทดสอบโดยให้แนวด้ายยืน ตั้งฉากกับแนวระนาบ

9) วัดครั้งที่ 6 หมุนผ้าชิ้นที่ 3 ให้แนวด้ายยืน ขนานกับแนวระนาบ

10) เก็บค่าที่วัดได้ไว้เป็นค่ามาตรฐาน

รูปที่ 3.54 การวัดสีครั้งที่ 1 กับผ้าชิ้นที่ 1 โดยแนวด้ายยืนตั้งฉากกับแนวระนาบ

รูปที่ 3.55 การวัดสีครั้งที่ 2 กับผ้าชิ้นที่ 1 โดยแนวด้ายยืนขนานกับแนวระนาบ

รูปที่ 3.56 การวัดสีครั้งที่ 3 กับผ้าชิ้นที่ 2 โดยแนวด้ายยืนตั้งฉากกับแนวระนาบ

รูปที่ 3.57 การวัดสีครั้งที่ 4 กับผ้าชิ้นที่ 2 โดยแนวด้ายยืนขนานกับแนวระนาบ

รูปที่ 3.58 การวัดสีครั้งที่ 5 กับผ้าชิ้นที่ 3 โดยแนวด้ายยืนตั้งฉากกับแนวระนาบ

รูปที่ 3.59 การวัดสีครั้งที่ 6 กับผ้าชิ้นที่ 3 โดยแนวด้ายยืนขนานกับแนวระนาบ

ค. การวัดสีผ้าหลังซัก 1, 5 ,10, 20 และ 50 รอบ

ตัดผ้า หลังซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ขนาด 100 x 100 mm จำนวน 3 ชิ้น ในตำแหน่งที่ ไม่ซ้ำแนวเส้นด้ายยืนและพุ่งเดียวกัน ทำการวัดสีเช่นเดียวกับการวัดสีผ้าก่อนซัก

ง. รายงานค่าการเปลี่ยน สีของ ผ้าหลังซัก 1 5 10 20 และ 50 รอบ โดยแสดงค่าเป็น DE*Lab

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองโดยนำผ้าฝ้าย ทอลายขัด สีกรมท่า มาซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (ถังนอน) และ เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน) ซึ่งควบคุมการซักด้วยโปรแกรมที่เทียบเคียงกันและกำหนดตัวแปรอื่นให้เหมือนกัน โดยกำหนดรอบซักไว้ที่ 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ได้ผลจากผลการทดลองดังนี้

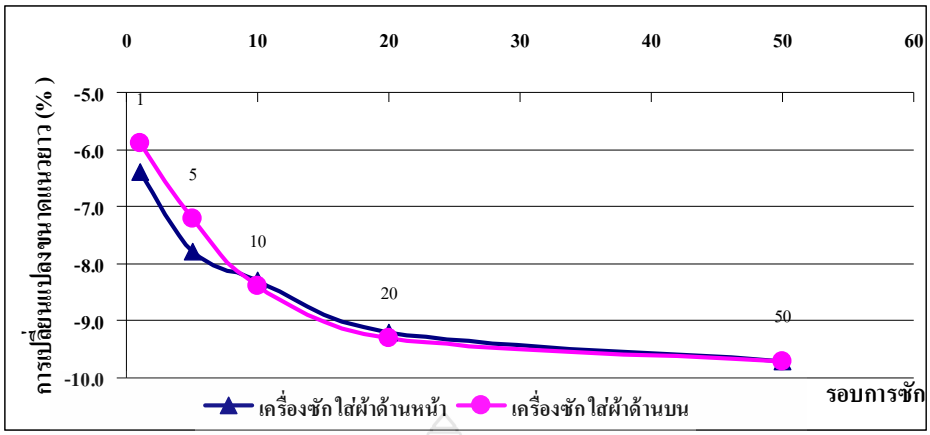
4.1 ผลทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

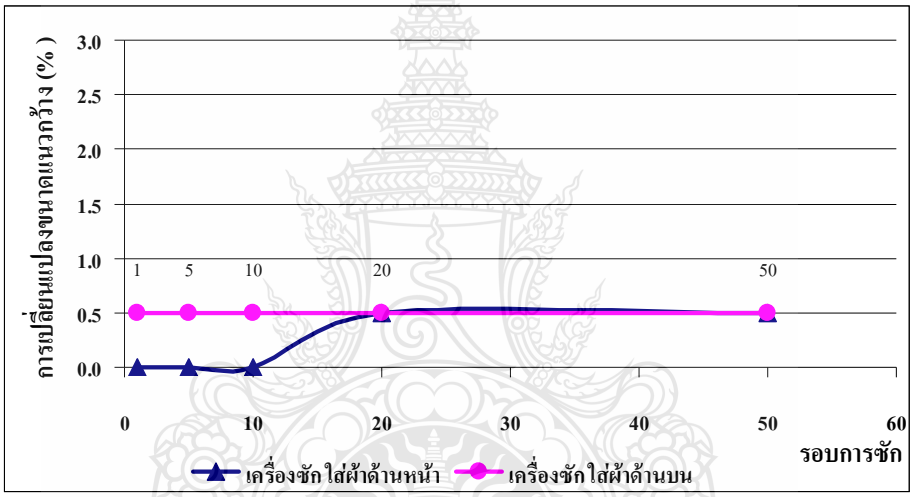
จำนวนรอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวยาว (%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
1	-6.4	-5.9
5	-7.8	-7.2
10	-8.3	-8.4
20	-9.2	-9.3
50	-9.7	-9.7

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวกว้าง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

จำนวนรอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวกว้าง (%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
1	0.0	0.5
5	0.0	0.5
10	0.0	0.5
20	0.5	0.5
50	0.5	0.5



รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงขนาดแนวกว้าง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

พบว่าจำนวนรอบซักส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนขนาดของผ้ามากในแนวยาว ช่วงการซักรอบแรก (-5.9 และ- 6.4 %) และหดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้น (5-20 รอบ) จากนั้นเริ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนในแนวกว้างเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแนวยาวของผ้าตัวอย่างชิ้นนี้ มีความตึงมากในระหว่างการผลิต เมื่อผ้าถูกซักด้วยน้ำและผงซักฟอก เส้นใยและเส้นด้ายเกิดการพองตัว เมื่อผ้าแห้งโครงสร้างเปลี่ยนไป จึงพบการเปลี่ยนแปลงมากในรอบแรกและค่อยๆ เพิ่มขึ้นในการซักรอบถัดๆไป จนกระทั่งเริ่มคงที่เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล ส่วนแนวกว้างของผ้านั้นมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยมาก

พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดไปในแนวทางเดียวกัน

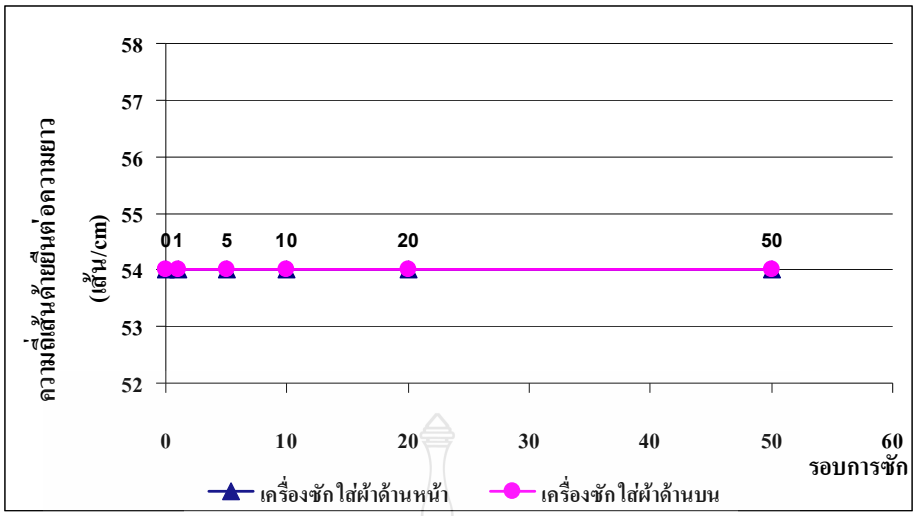
4.2 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายต่อความยาว

ตารางที่ 4.3 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

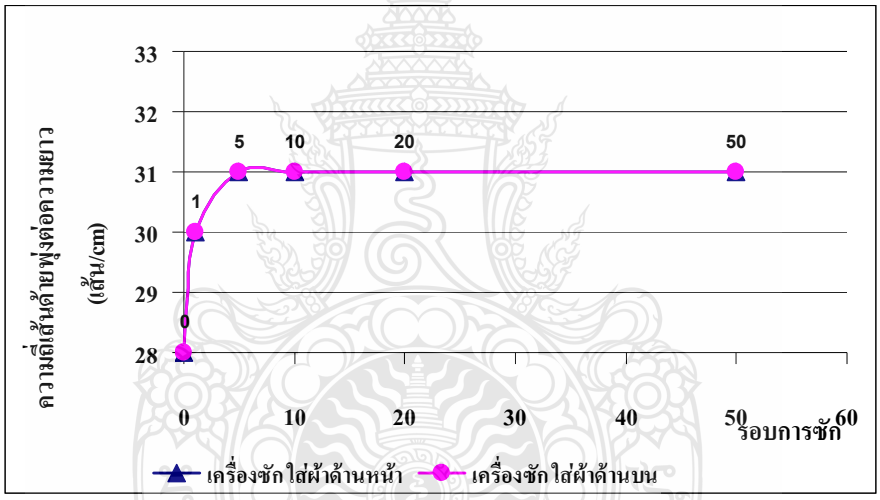
จำนวนรอบซัก	ความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาว (เส้น/ซม.)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	54	54
1	54	54
5	54	54
10	54	54
20	54	54
50	54	54

ตารางที่ 4.4 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

จำนวนรอบซัก	ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาว (เส้น/ซม.)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	28	28
1	30	30
5	31	31
10	31	31
20	31	31
50	31	31



รูปที่ 4.3 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ 4.4 ผลทดสอบความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาว ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน

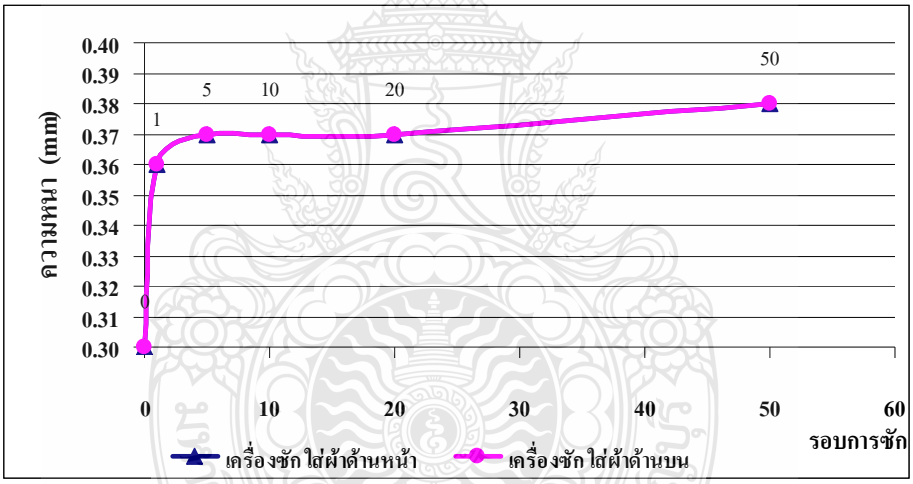
พบว่าความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวของผ้าเพิ่มขึ้นมากในรอบแรก และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้นจนถึง 10 รอบ ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวของผ้าเริ่มคงที่ อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาด (หด) ตามแนวยาวของผ้าจากข้อ 4.1 ทำให้เส้นด้ายพุ่งถูกรั้งมาชิดกันมากขึ้น ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวจึงมากขึ้น ส่วนความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาวของผ้านั้นไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงขนาดแนวกว้างน้อยมาก

พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ไปในแนวทางเดียวกัน

4.3 ผลทดสอบความหนา

ตารางที่ 4.5 ผลทดสอบความหนาของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

จำนวนรอบซัก	ความหนา (มม.)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	0.30	0.30
1	0.36	0.36
5	0.37	0.37
10	0.37	0.37
20	0.37	0.37
50	0.38	0.38



รูปที่ 4.5ผลทดสอบความหนา ของผ้า ที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

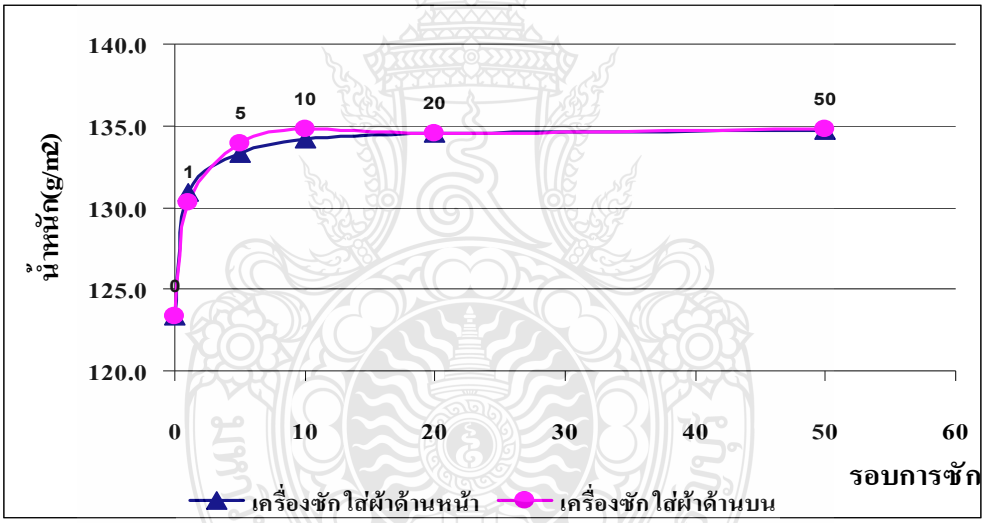
พบว่าจำนวนรอบซักส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนา โดยพบว่าความหนาของผ้าจะเพิ่มขึ้นมากเมื่อถูกซักรอบแรก และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้นจนถึง 5 รอบ ความหนาของผ้าเริ่มคงที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดแนวยาวของผ้าจากข้อ 4.1 ทำให้การโค้งงอของเส้นด้ายยืนในผ้าเพิ่มขึ้นความหนาจึงเพิ่มขึ้น

พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนา ไปในแนวทางเดียวกัน

4.4 ผลทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่

ตารางที่ 4.6 ผลทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

จำนวนรอบซัก	น้ำหนักต่อพื้นที่ (กรัมต่อตารางเมตร)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	123.3	123.3
1	130.9	130.3
5	133.3	133.9
10	134.2	134.8
20	134.5	134.6
50	134.7	134.8



รูปที่ 4.6 ผลทดสอบน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

พบว่าจำนวนรอบซักส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ โดยจะพบว่าน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าจะเพิ่มขึ้นมากในรอบแรกและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้นจนถึง 10 รอบ น้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าเริ่มคงที่ เนื่องจากความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาวที่เพิ่มขึ้นตามข้อ 4.2 ทำให้จำนวนเส้นใยต่อพื้นที่ขึ้น

พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ไปในแนวทางเดียวกัน

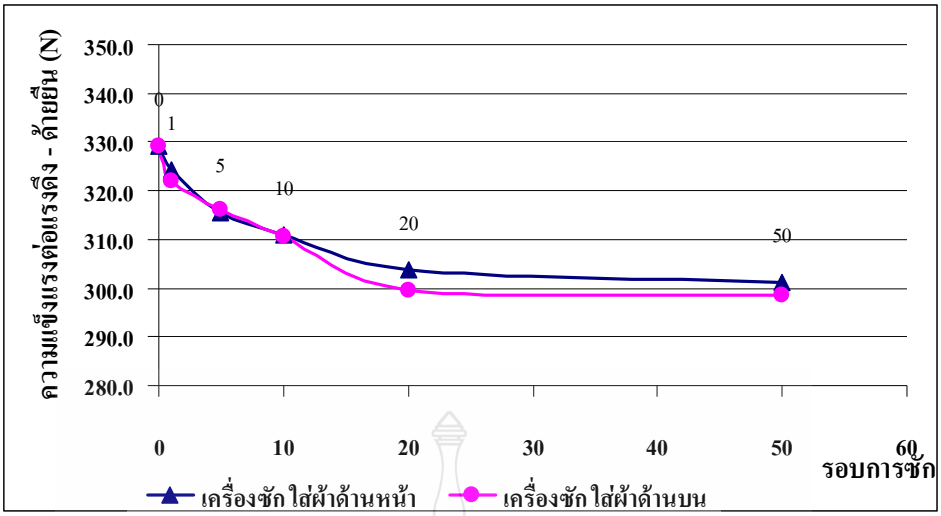
4.5 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง และการยืดตัวที่จุดขาด

ตารางที่ 4.7 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืดตัวทีจุดขาดแนวด้ายยืนของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน

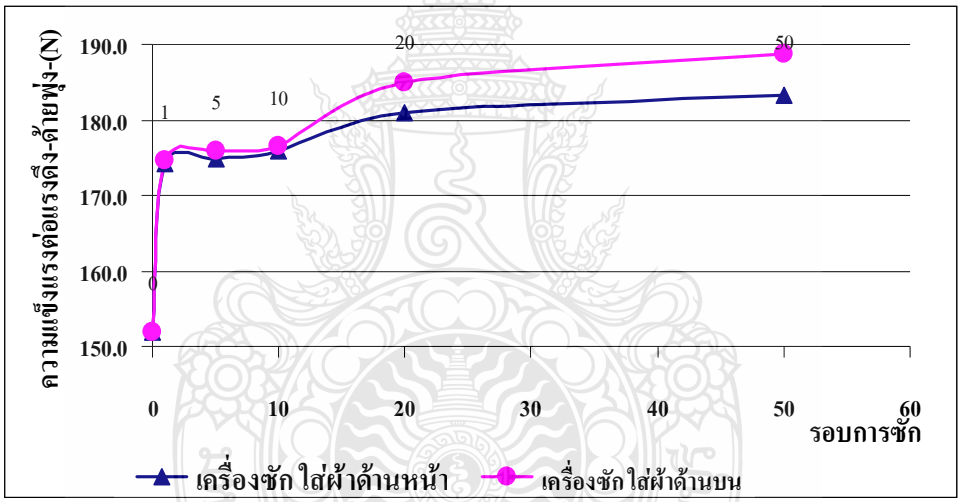
จำนวนรอบซัก	ความแข็งแรงต่อแรงดึง แนวด้ายยืน (นิวตัน)		การยืดตัวทีจุดขาด แนวด้ายยืน (%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	329.3	329.3	15.4	15.4
1	324.2	322.0	24.1	24.4
5	315.4	316.2	26.5	25.5
10	310.8	310.7	26.1	25.8
20	303.9	299.4	27.1	25.8
50	301.2	298.6	27.4	27.8

ตารางที่ 4.8 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและการยืดตัวทีจุดขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

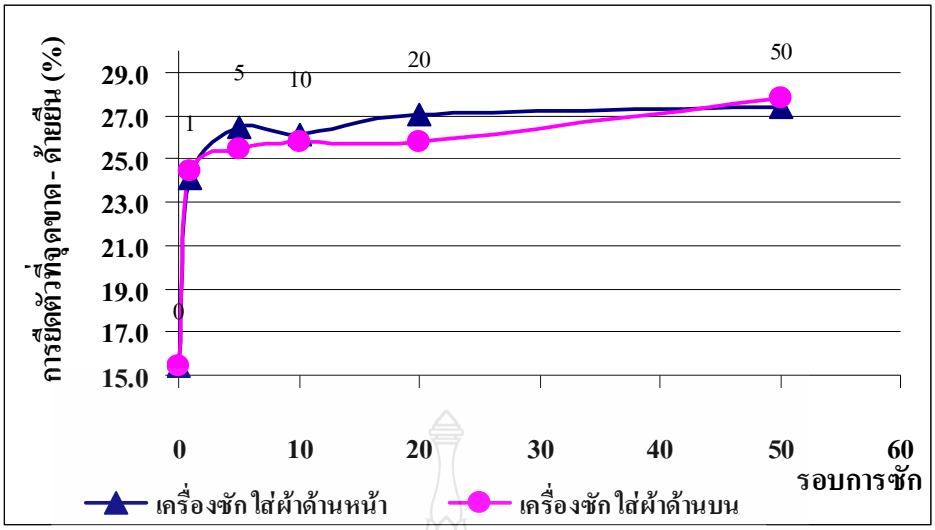
จำนวนรอบซัก	ความแข็งแรงต่อแรงดึง แนวด้ายพุ่ง (นิวตัน)		การยืดตัวทีจุดขาด แนวด้ายพุ่ง (%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	151.8	151.8	12.8	12.8
1	174.3	174.6	12.7	13.1
5	174.8	175.8	12.7	13.0
10	175.8	176.6	13.4	13.3
20	181.0	185.0	13.2	13.0
50	301.2	298.6	13.8	13.4



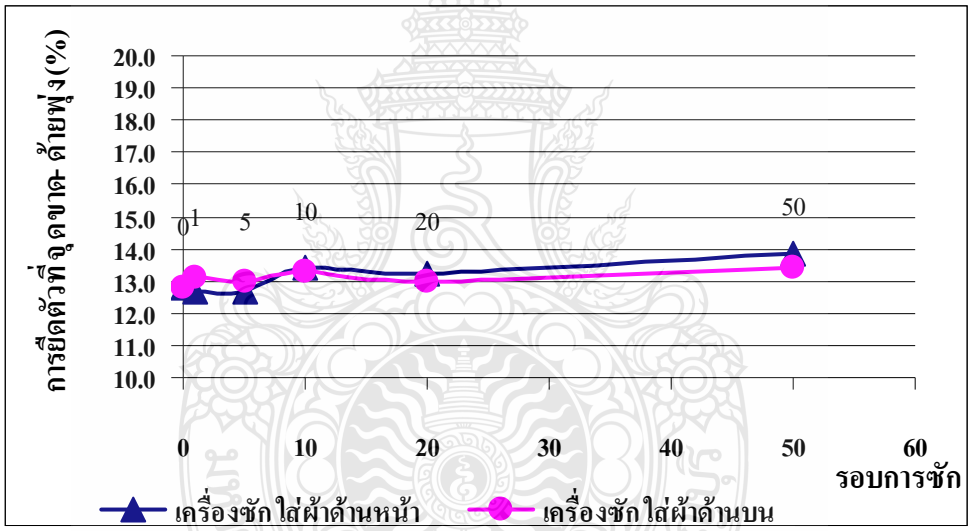
รูปที่ 4.7 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ 4.8 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ 4.9 ผลทดสอบการยืดตัวที่จุดขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ 4.10 ผลทดสอบการยืดตัวที่จุดขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

พบว่าจำนวนรอบซักส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า โดยจะพบว่าความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าแนวด้ายยืนลดลงทันทีเมื่อถูกซักรอบแรกและลดลงอย่างต่อเนื่องในรอบต่อๆ ไป อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของการขัดถูในเครื่องซักผ้าระหว่างการซัก

แต่ในทางกลับกันความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าแนวด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อถูกซักรอบแรกและค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อถูกซักรอบต่อๆไป เนื่องจากการหดตัวของเส้นด้ายยืนทำให้ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงของแนวด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม

พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ไปในแนวทางเดียวกัน

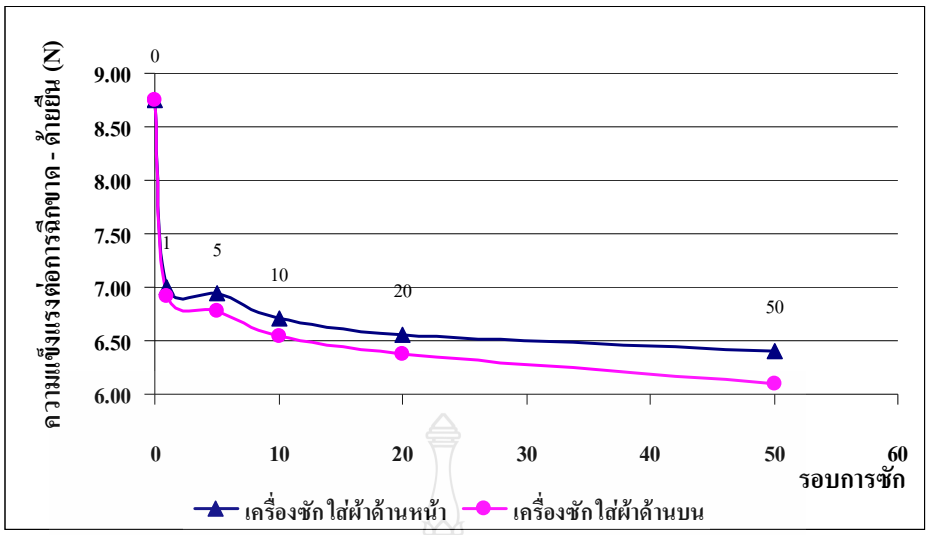
4.6 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้า

ตารางที่ 4.9 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน

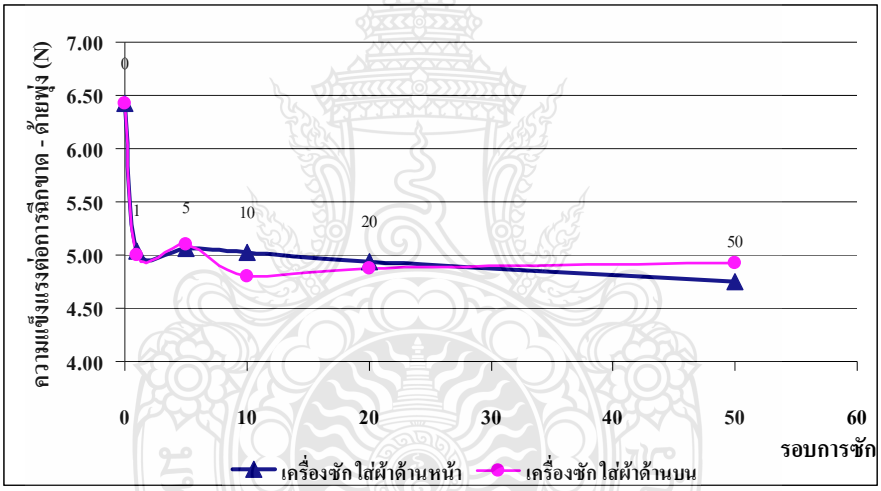
จำนวนรอบซัก	ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด แนวด้ายยืน (นิวตัน)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	8.75	8.75
1	7.00	6.92
5	6.95	6.78
10	6.71	6.54
20	6.55	6.38
50	6.40	6.10

ตารางที่ 4.10 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด แนวด้ายพุ่งของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน

จำนวนรอบซัก	ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด แนวด้ายพุ่ง (นิวตัน)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
0	6.43	6.43
1	5.04	5.00
5	5.06	5.10
10	5.02	4.80
20	4.94	4.87
50	4.75	4.93



รูปที่ 4.11 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายยืน ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ 4.12 ผลทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายพุ่ง ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

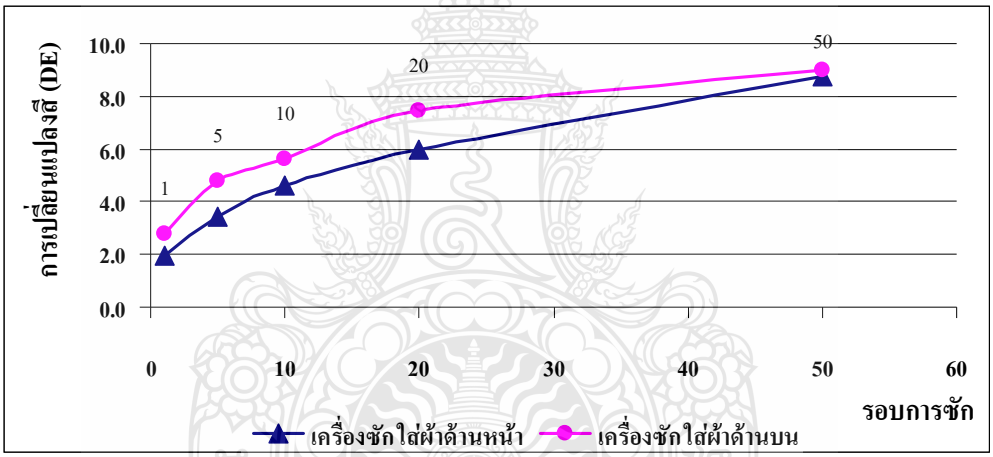
พบว่าจำนวนรอบซัก ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง ซึ่งความแข็งแรงต่อการฉีกขาดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อถูกซักรอบแรก และลดลงอย่างต่อเนื่องในรอบต่อๆ ไป เนื่องจากการหดตัวของผ้าทำให้โครงสร้างผ้าโดยรวมแน่นขึ้น ซึ่งโครงสร้างผ้าที่แน่นกว่าถูกฉีกขาดง่ายกว่าโครงสร้างที่หลวม อาจจะเป็นเพราะว่าเส้นในโครงสร้างผ้าที่แน่นเส้นด้ายขยับตัวหนีแรงเฉือนได้ยากกว่าจึงทำให้ขาดได้ง่ายกว่า

พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาดไปในแนวทางเดียวกัน

4.7 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงสี ของผ้า

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดการเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า และแบบใส่ผ้าด้านบน

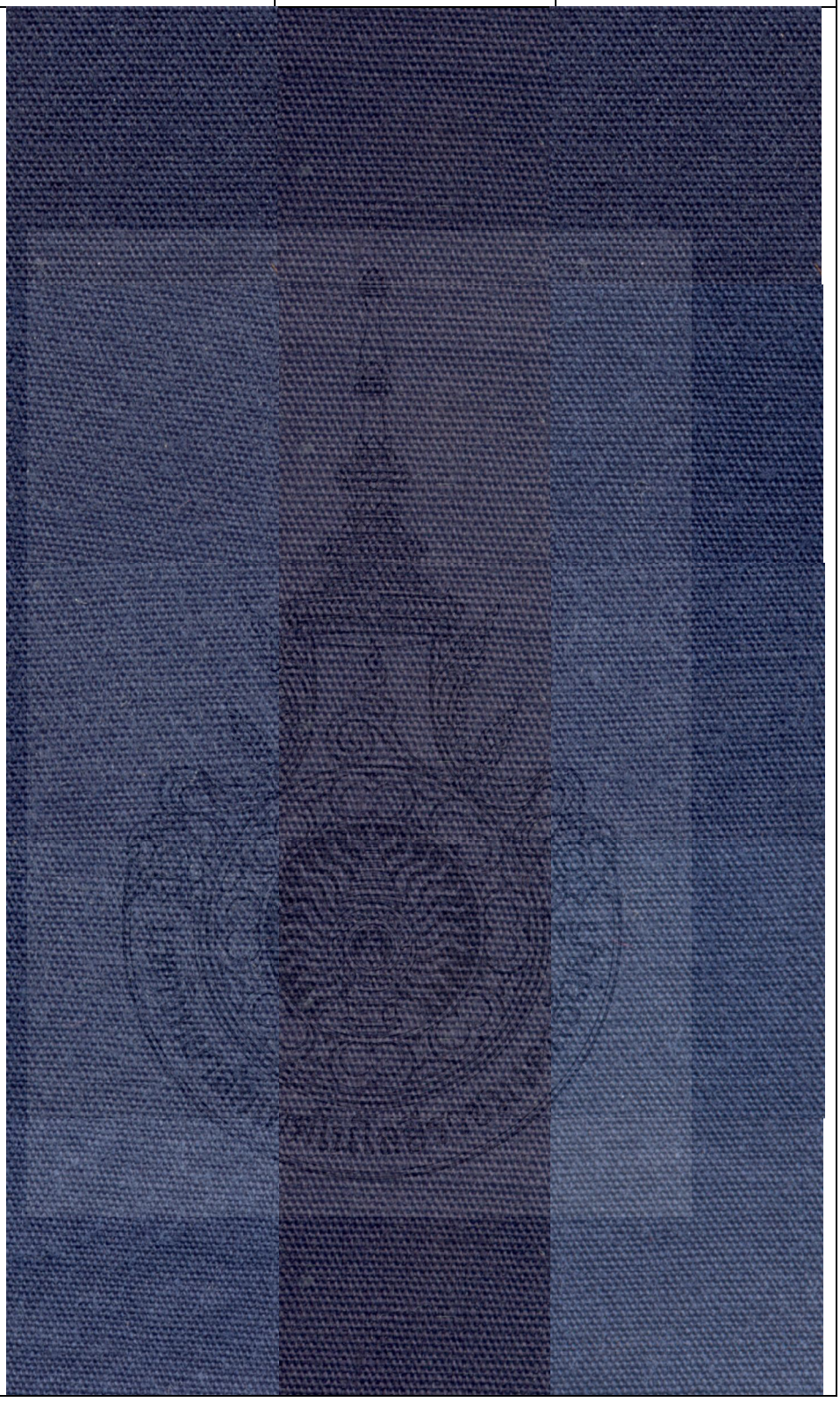
จำนวนรอบซัก	การเปลี่ยนแปลงสี (DE* CIE Lab)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
1	1.9	2.8
5	3.5	4.8
10	4.6	5.7
20	6.0	7.5
50	8.7	9.0



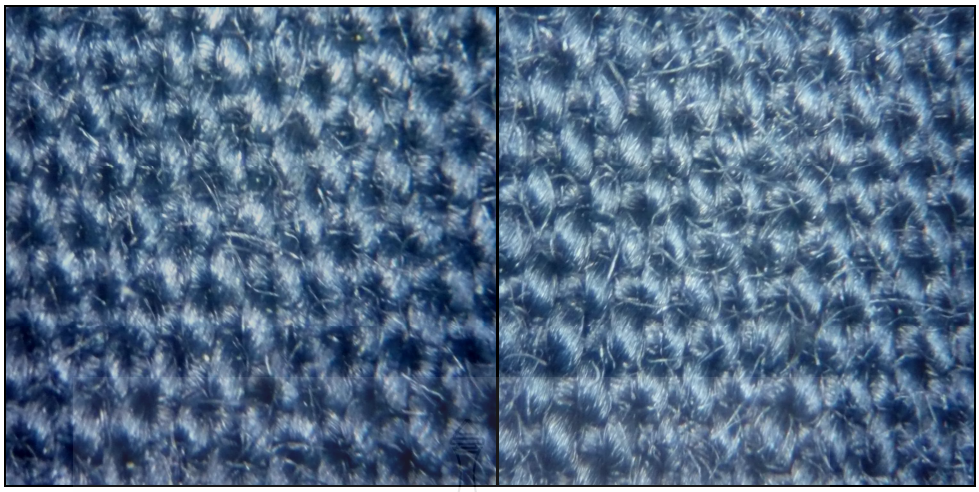
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน

พบว่าจำนวนรอบซัก ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของผ้า โดยจะพบว่าสีของผ้าเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่องเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นมากอัตราการเปลี่ยนของสีเริ่มลดลง เนื่องจากปริมาณสีที่อยู่บนผ้าเริ่มลดน้อยลงซึ่งดูได้จากรูปที่ 4.12 ถึง 4.22

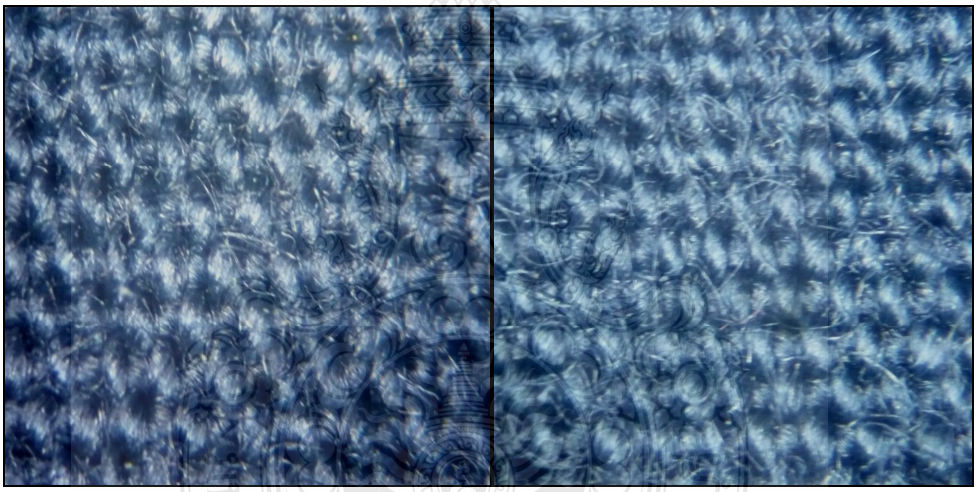
พบว่าลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนสีไปในแนวทางเดียวกัน แต่จะพบว่าเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของผ้ามากกว่าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า อาจเป็นไปได้ว่าลักษณะเชิงกลของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน) และปริมาณน้ำที่มากกว่า ทำให้เกิดการขัดถูระหว่างการซักมากกว่า

รอบซัก	ซักด้วยเครื่อง เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	ผ้าก่อนซัก	ซักด้วยเครื่อง เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
1			
5			
10			
20			
50			

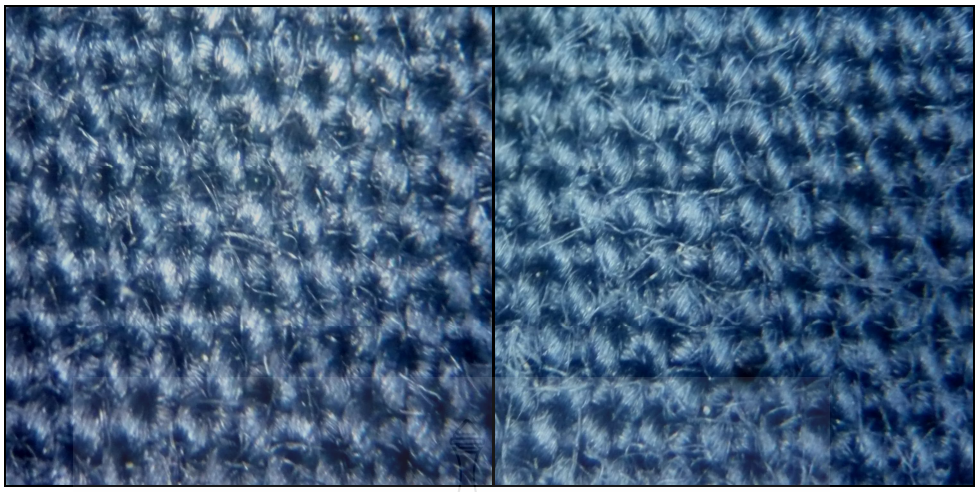
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 4 เท่า



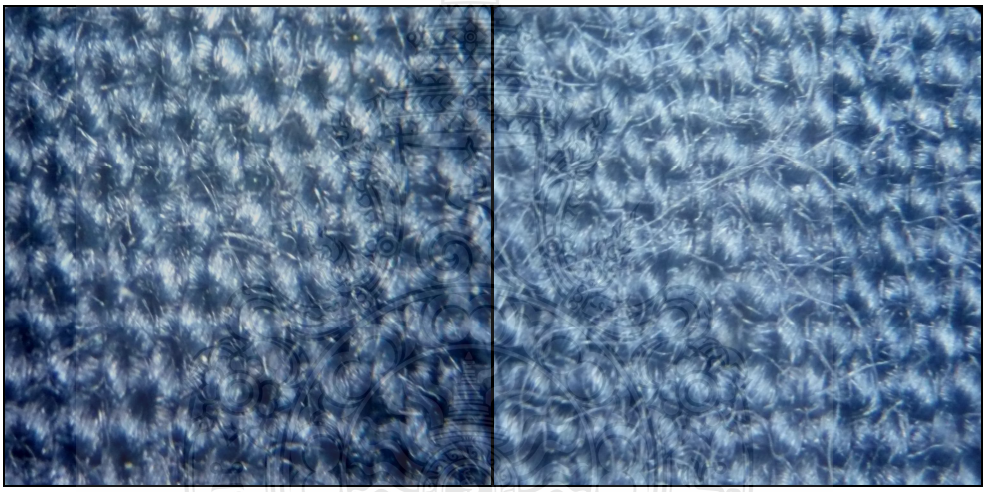
รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



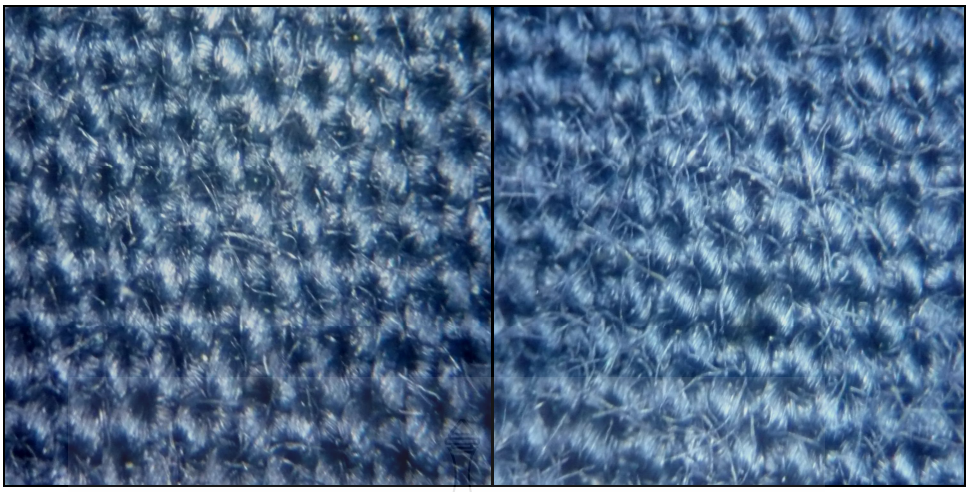
รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



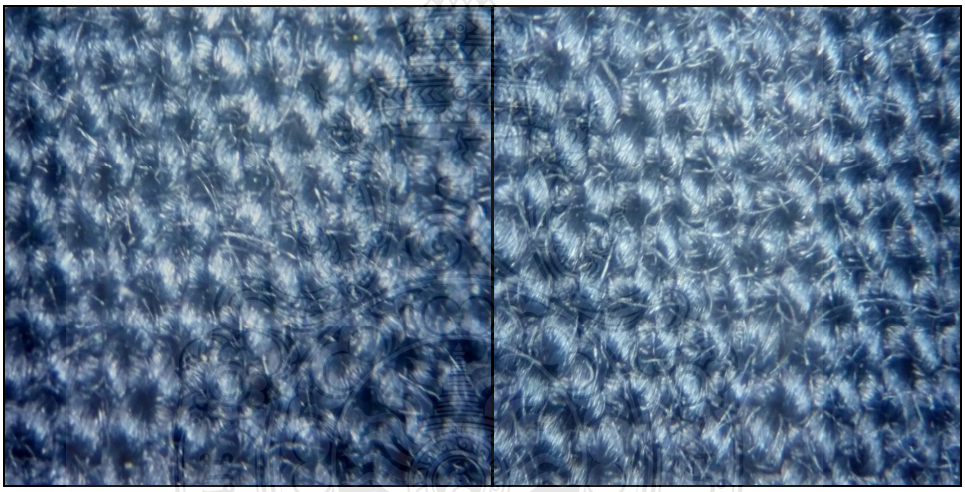
รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



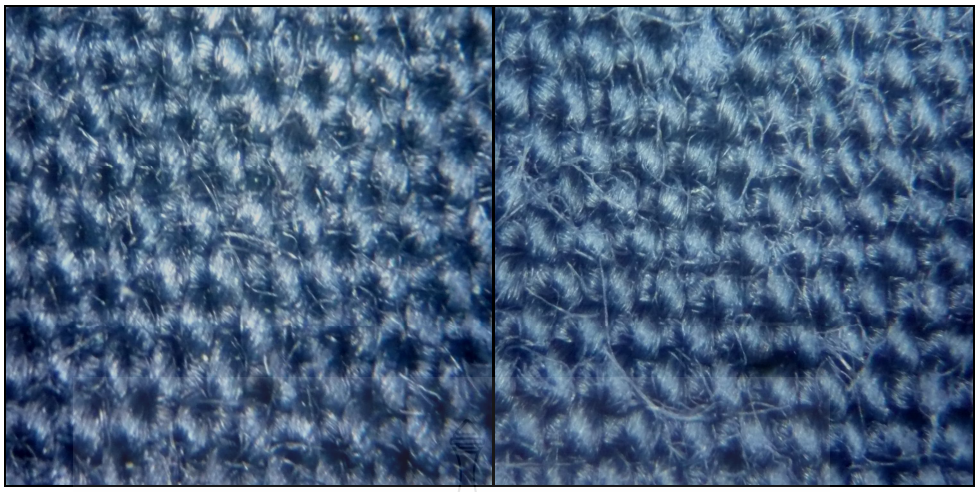
รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



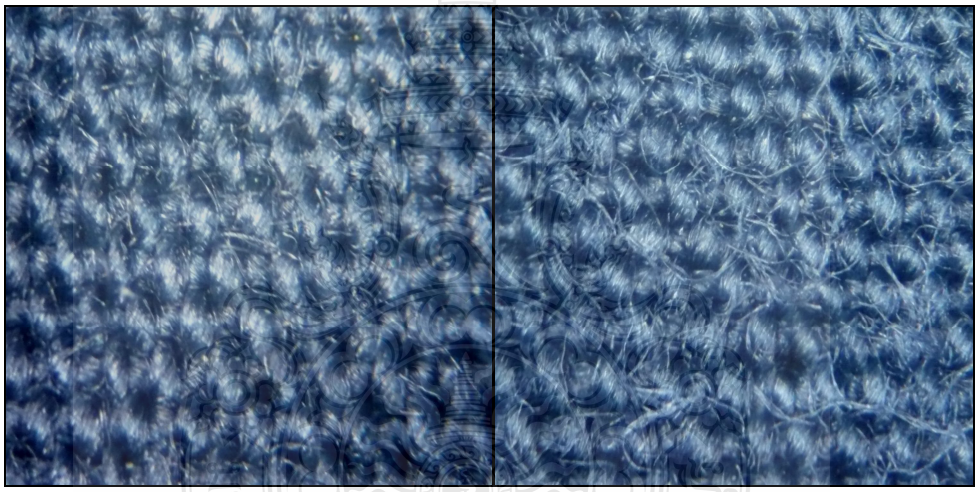
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



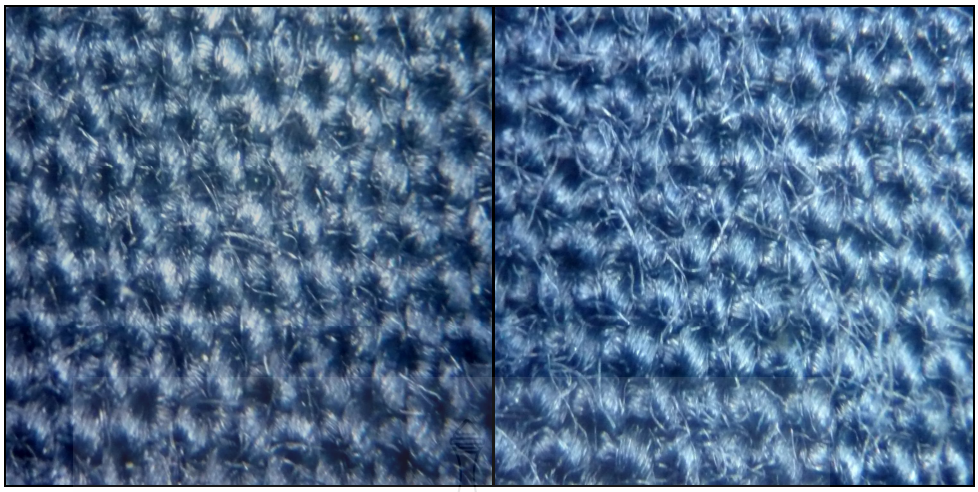
รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



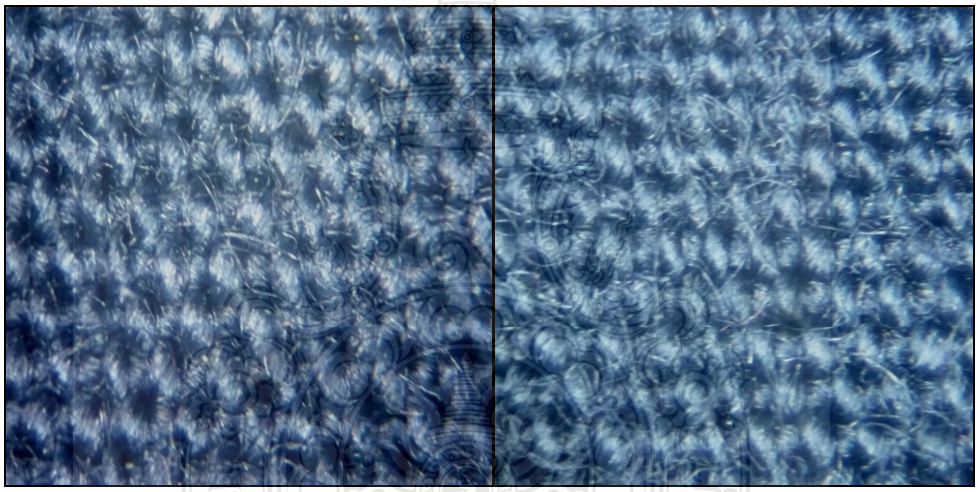
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 20 รอบ ด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบสีของผ้าก่อนซักและผ้าที่ผ่านการซัก 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน ถ่ายภาพด้วยกำลังขยาย 40 เท่า

4.8 การวิจารณ์การเปลี่ยนแปลงแปลงสมบัติทางกายภาพของผ้าหลังการซัก

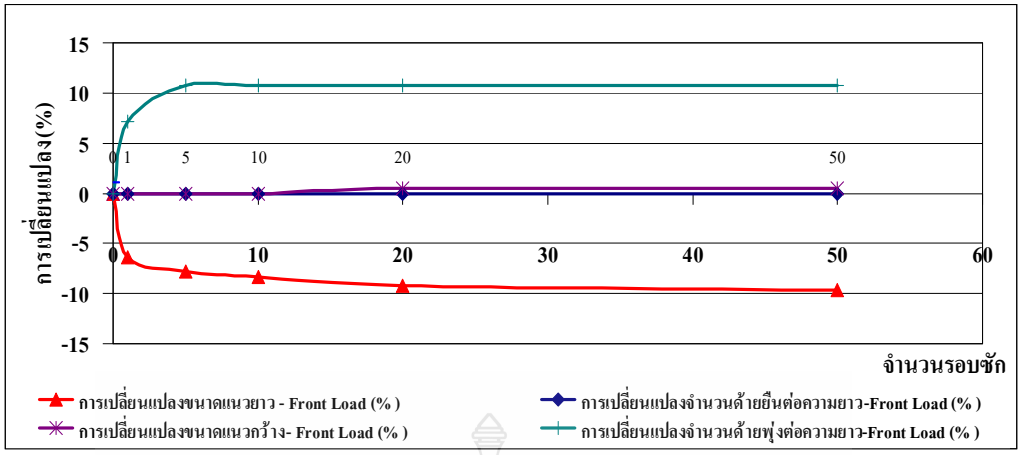
4.8.1 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

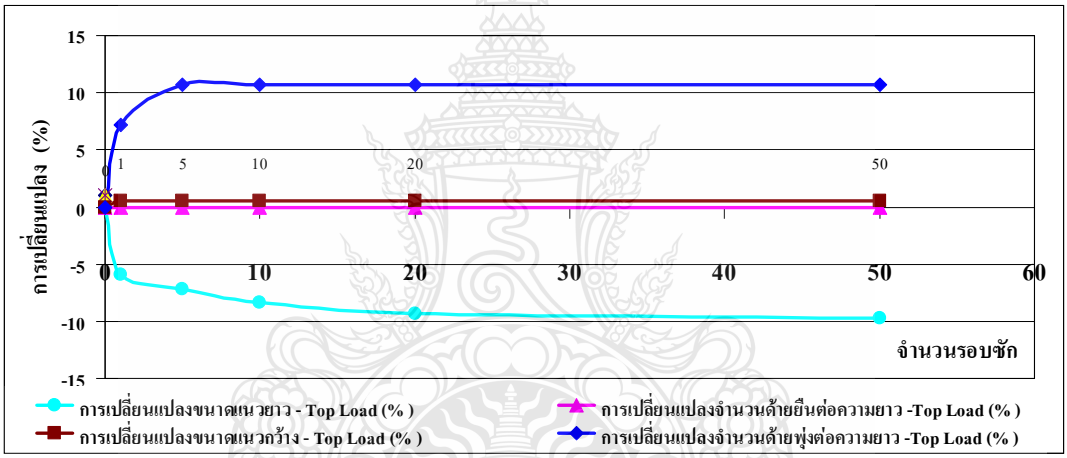
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	
	แนวยาว	แนวกว้าง	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง
1	-6.4	0.0	0.0	7.1
5	-7.8	0.0	0.0	10.7
10	-8.3	0.0	0.0	10.7
20	-9.2	0.5	0.0	10.7
50	-9.7	0.5	0.0	10.7

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	
	แนวยาว	แนวกว้าง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-5.9	0.5	0.0	7.1
5	-7.2	0.5	0.0	10.7
10	-8.4	0.5	0.0	10.7
20	-9.3	0.5	0.0	10.7
50	-9.7	0.5	0.0	10.7



รูปที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า เมื่อผ้าหดแนวยาวทำให้ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวของผ้าเพิ่มขึ้นไปด้วย ในขณะที่การหดแนวกว้างไม่เปลี่ยนแปลงทำให้ความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาวนั้นไม่เปลี่ยนแปลง

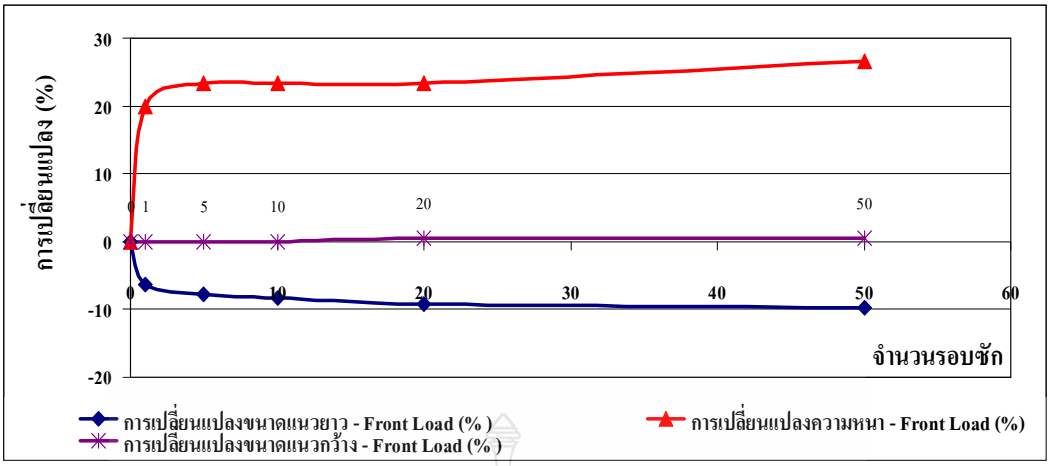
4.8.2 การเปลี่ยนแปลงขนาด กับ การเปลี่ยนแปลงความหนา

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

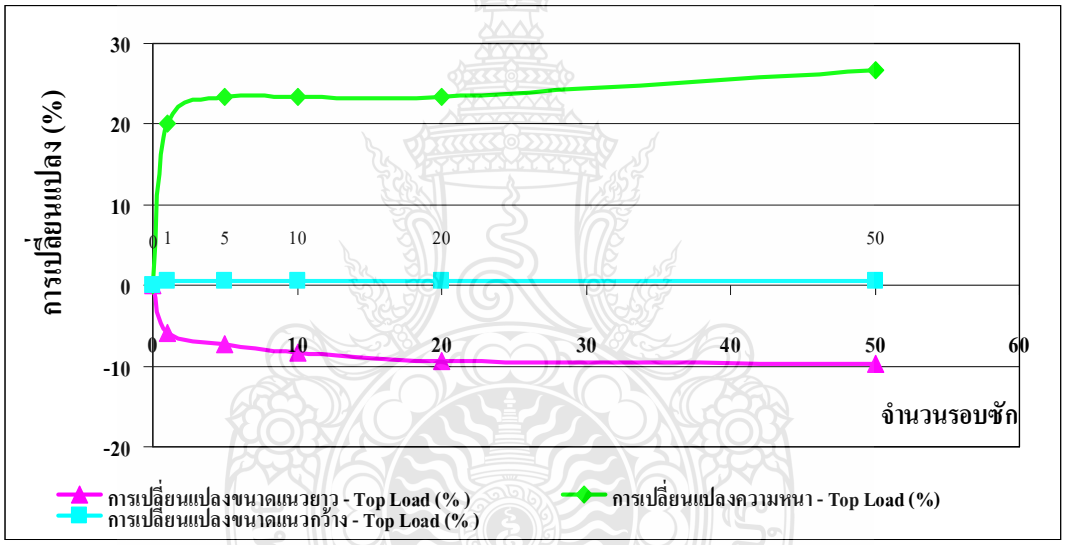
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความหนา (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า
	แนวยาว	แนวกว้าง	
1	-6.4	0.0	20.0
5	-7.8	0.0	23.3
10	-8.3	0.0	23.3
20	-9.2	0.5	23.3
50	-9.7	0.5	26.7

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความหนา (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
	แนวยาว	แนวกว้าง	
1	-5.9	0.5	20.0
5	-7.2	0.5	23.3
10	-8.4	0.5	23.3
20	-9.3	0.5	23.3
50	-9.7	0.5	26.7



รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า เมื่อผ้าหดแนวยาวทำให้ความหนาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อาจเป็นไปได้ว่าการหดแนวยาวทำให้เกิดการรั้งผ้าแนวด้ายพุ่งเข้ามา การโค้งงอตัวของเส้นด้ายในผืนผ้าของเส้นด้ายยืนเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาเพิ่มขึ้น

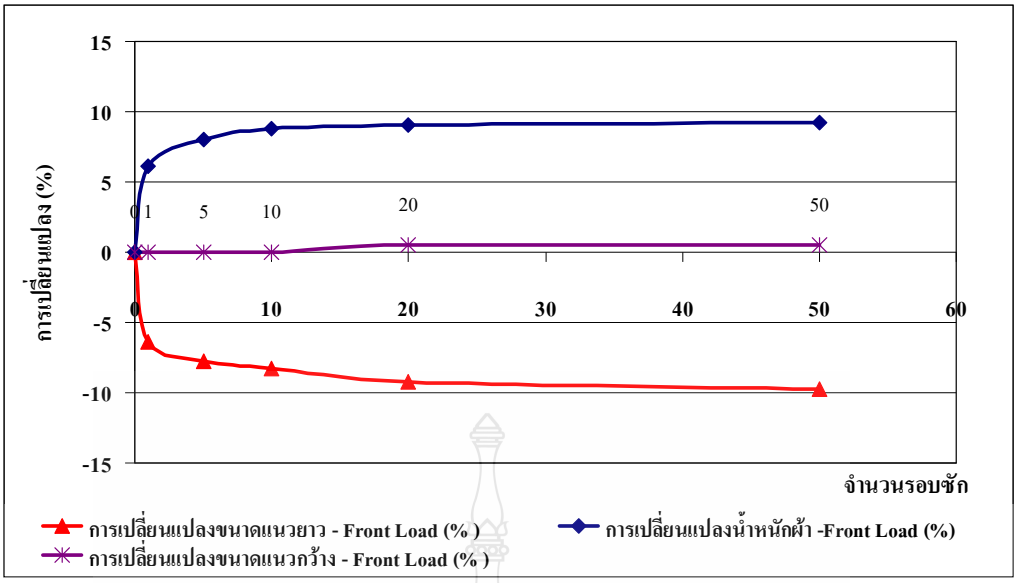
4.8.3 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

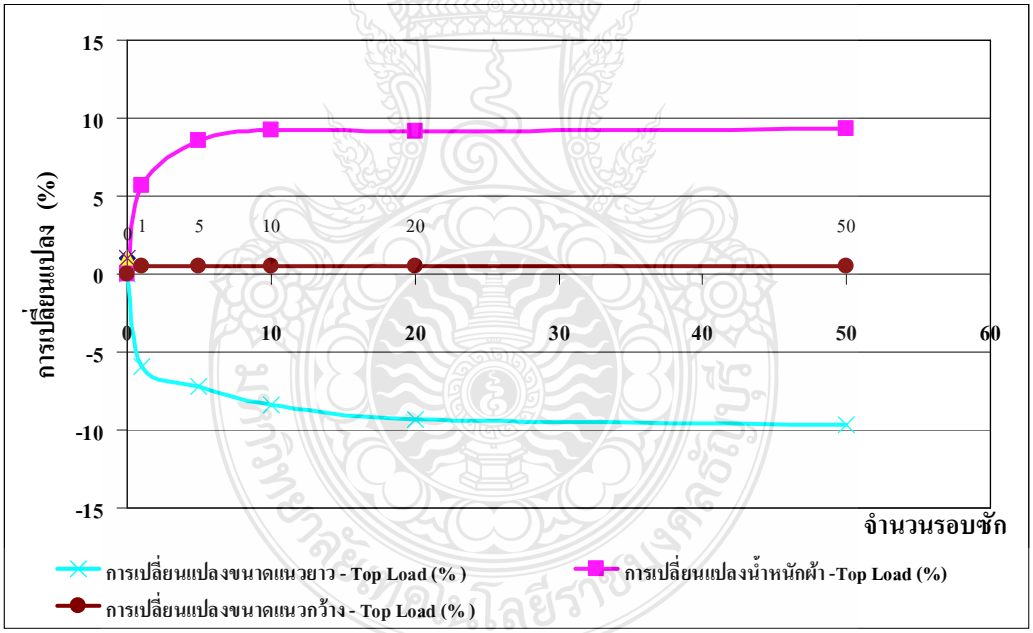
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า
	แนวยาว	แนวกว้าง	
1	-6.4	0.0	6.2
5	-7.8	0.0	8.1
10	-8.3	0.0	8.8
20	-9.2	0.5	9.1
50	-9.7	0.5	9.2

ตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
	แนวยาว	แนวกว้าง	
1	-5.9	0.5	5.7
5	-7.2	0.5	8.6
10	-8.4	0.5	9.3
20	-9.3	0.5	9.1
50	-9.7	0.5	9.3



รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักต่อพื้นที่จะเพิ่มขึ้นตามการหดแนวยาวของผ้า อาจเนื่องมาจากเกิดการหดของผ้า (ดังหัวข้อที่ 4.8.2 ที่พบว่าผ้าหนาขึ้น) ทำให้ปริมาณของเส้นใยต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักต่อพื้นที่จึงเพิ่มขึ้นตาม

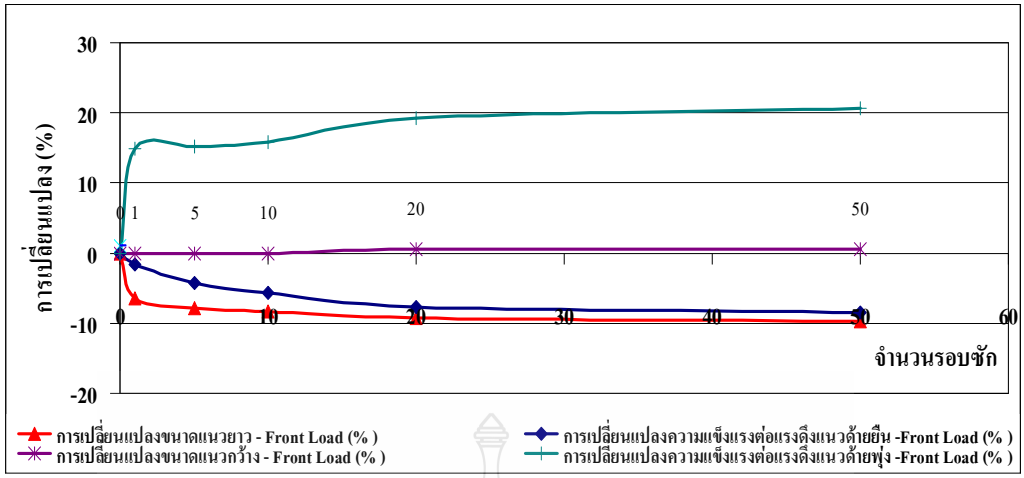
4.8.4 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง

ตารางที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

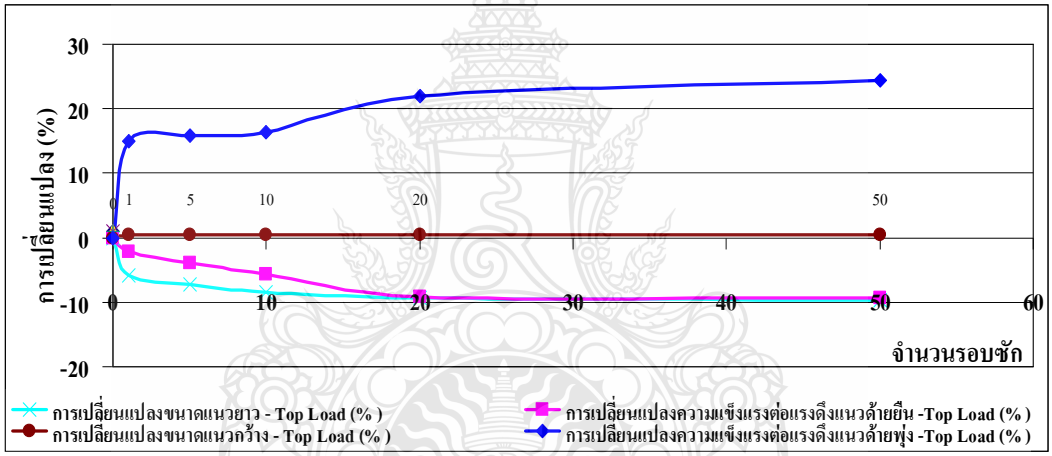
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	
	แนวยาว	แนวกว้าง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-6.4	0.0	-1.5	14.8
5	-7.8	0.0	-4.2	15.2
10	-8.3	0.0	-5.6	15.8
20	-9.2	0.5	-7.7	19.2
50	-9.7	0.5	-8.5	20.7

ตารางที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	
	แนวยาว	แนวกว้าง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-5.9	0.5	-2.2	15.0
5	-7.2	0.5	-4.0	15.8
10	-8.4	0.5	-5.6	16.3
20	-9.3	0.5	-9.1	21.9
50	-9.7	0.5	-9.3	24.4



รูปที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า เมื่อผ้าหดแนวยาวทำให้ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงต่อแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น ในขณะที่การหดของผ้าแนวกว้างไม่เปลี่ยนแปลงทำให้จำนวนเส้นด้านต่อพื้นที่แนวด้ายยืนไม่เปลี่ยนแปลง อาจเป็นไปได้ว่าความแข็งแรงต่อแรงต่อแรงดึงของแนวด้ายยืนที่ลดลงอาจเป็นผลมาจากการถูกขัดถูระหว่างซัก

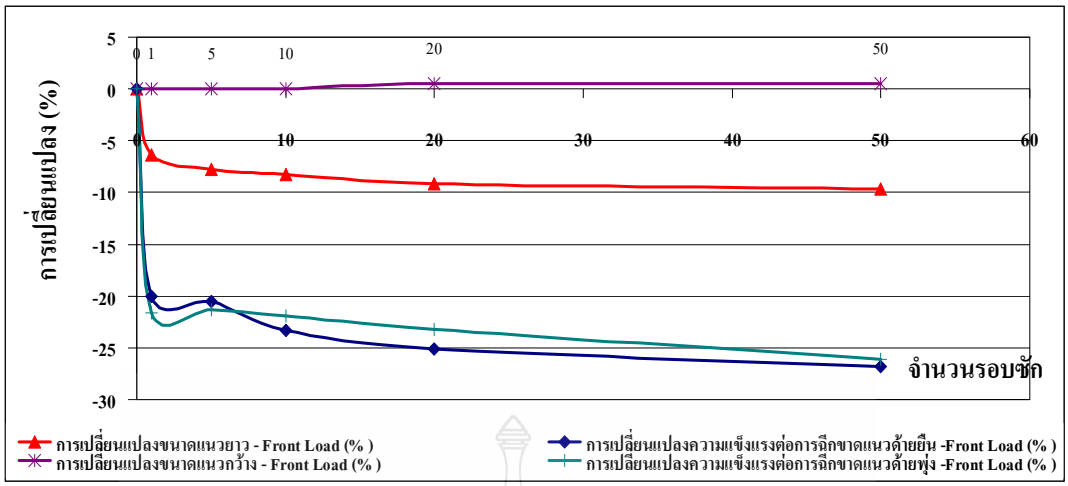
4.8.5 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

ตารางที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

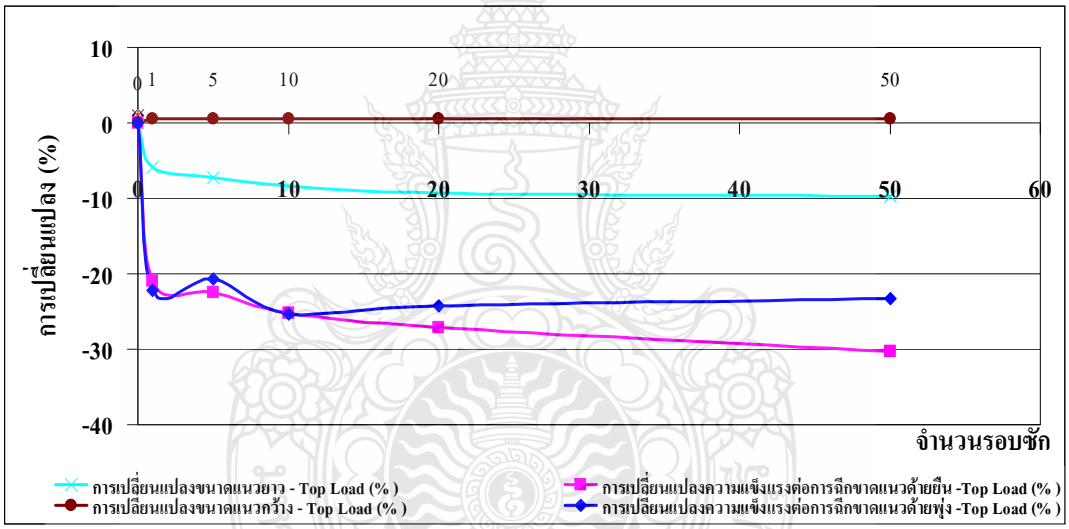
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	
	แนวยาว	แนวกว้าง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-6.4	0.0	-20.0	-21.6
5	-7.8	0.0	-20.6	-21.3
10	-8.3	0.0	-23.3	-21.9
20	-9.2	0.5	-25.1	-23.2
50	-9.7	0.5	-26.9	-26.1

ตารางที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงขนาด(%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	
	แนวยาว	แนวกว้าง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-5.9	0.5	-20.9	-22.2
5	-7.2	0.5	-22.5	-20.7
10	-8.4	0.5	-25.3	-25.3
20	-9.3	0.5	-27.1	-24.3
50	-9.7	0.5	-30.3	-23.3



รูปที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.34 การเปลี่ยนแปลงขนาด ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าหลังซักตามแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากการซักรอบแรก และค่อยๆลดลงอีกเล็กน้อยในรอบต่อๆไป ตามการหดตัวของผ้าแนวยาว อาจเป็นไปได้ว่าการหดตัวของผ้าแนวยาวทำให้โครงสร้างผ้าโดยรวมแน่นขึ้น (ดังแสดงในหัวข้อ 4.2 ที่พบว่าความถี่เส้นด้ายต่อความยาวเพิ่มขึ้น) เส้นด้ายขยับตัวหนีแรงเฉือนได้ยากขึ้นจึงทำให้ทนแรงฉีกขาดได้น้อยลง

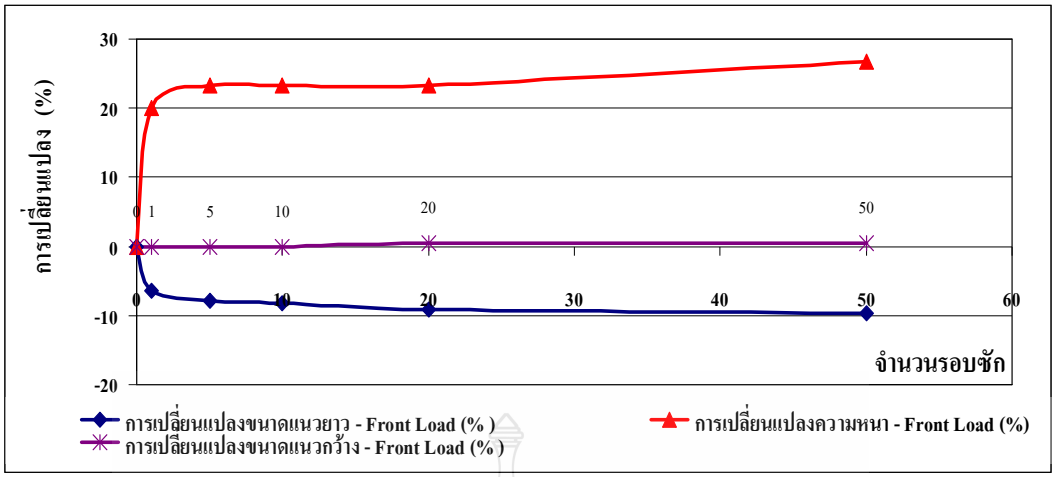
4.8.6 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา

ตารางที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนาของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

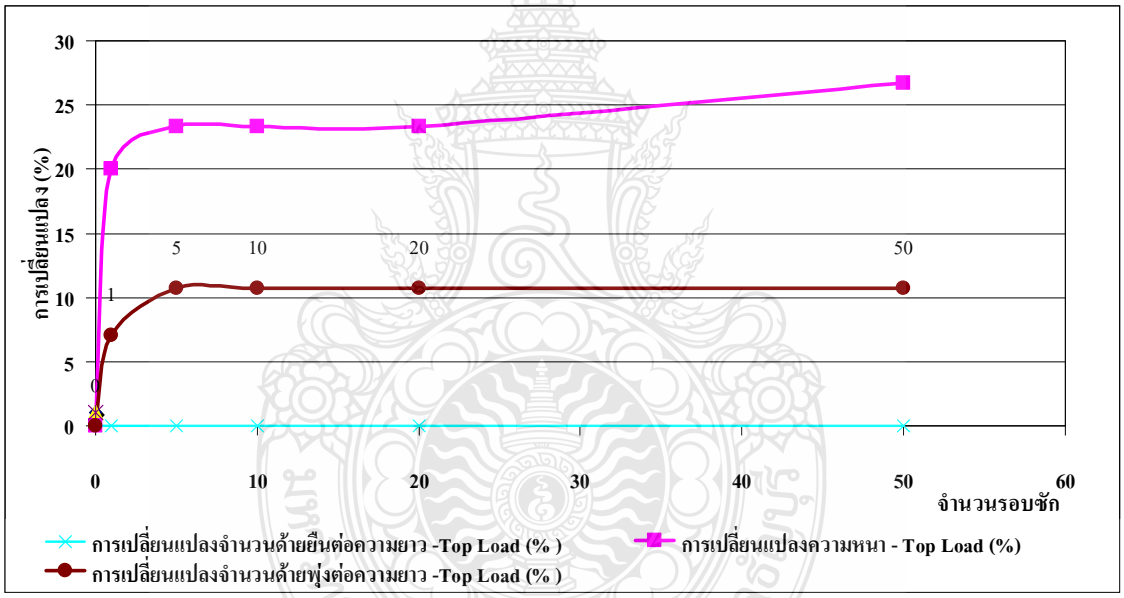
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงความหนา (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	
1	0.0	7.1	20.0
5	0.0	10.7	23.3
10	0.0	10.7	23.3
20	0.0	10.7	23.3
50	0.0	10.7	26.7

ตารางที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนาของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงความหนา (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	
1	0.0	7.1	20.0
5	0.0	10.7	23.3
10	0.0	10.7	23.3
20	0.0	10.7	23.3
50	0.0	10.7	26.7



รูปที่ 4.35 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.36 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า ความหนาของผ้าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของความถี่เส้นด้ายต่อความยาว อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อความถี่เส้นด้ายต่อความยาวของผ้าเพิ่มขึ้นทำให้การโค้งงอตัวของเส้นด้ายในผืนผ้าของเส้นด้ายโดยรวมเพิ่มขึ้น ความหนาของผ้าจึงเพิ่มขึ้นตาม

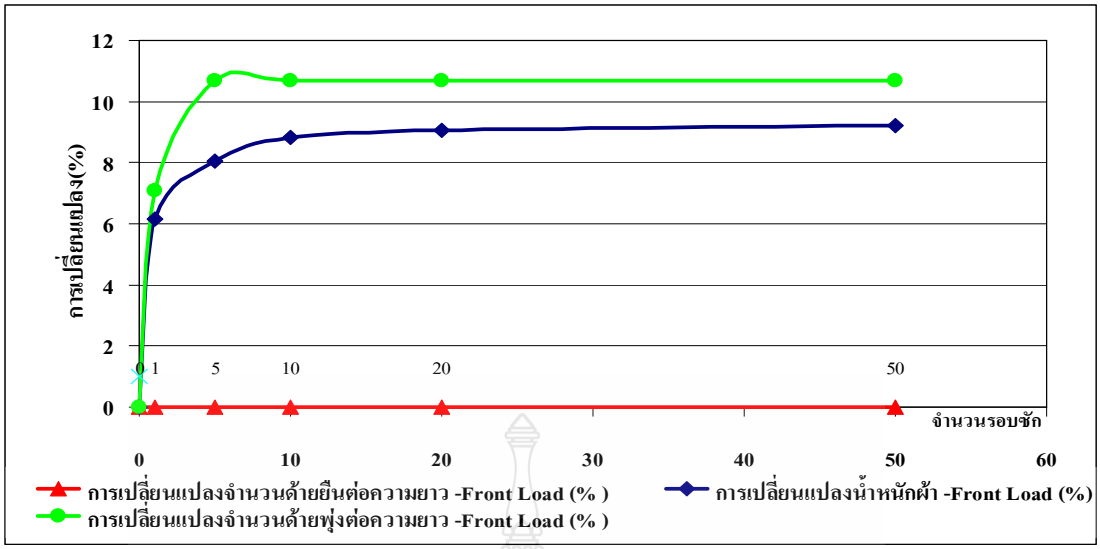
4.8.7 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่

ตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

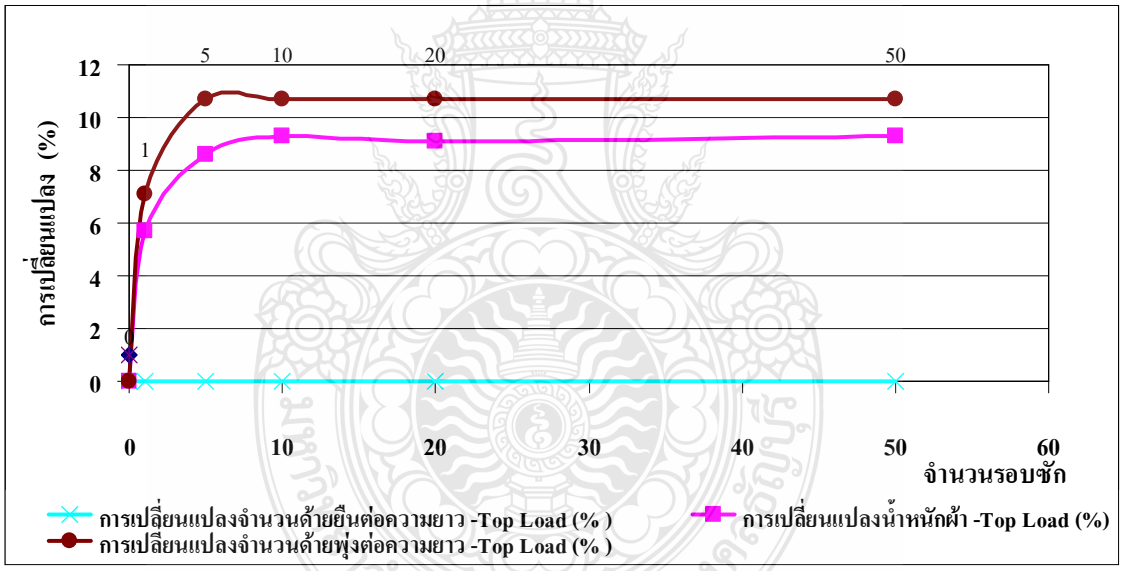
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	
1	0.0	7.1	6.1
5	0.0	10.7	8.1
10	0.0	10.7	8.8
20	0.0	10.7	9.1
50	0.0	10.7	9.2

ตารางที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	
1	0.0	7.1	5.7
5	0.0	10.7	8.6
10	0.0	10.7	9.3
20	0.0	10.7	9.1
50	0.0	10.7	9.3



รูปที่ 4.37 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.38 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักต่อพื้นที่ เพิ่มขึ้นตามความถี่เส้นด้ายต่อความยาวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของเส้นใยต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น

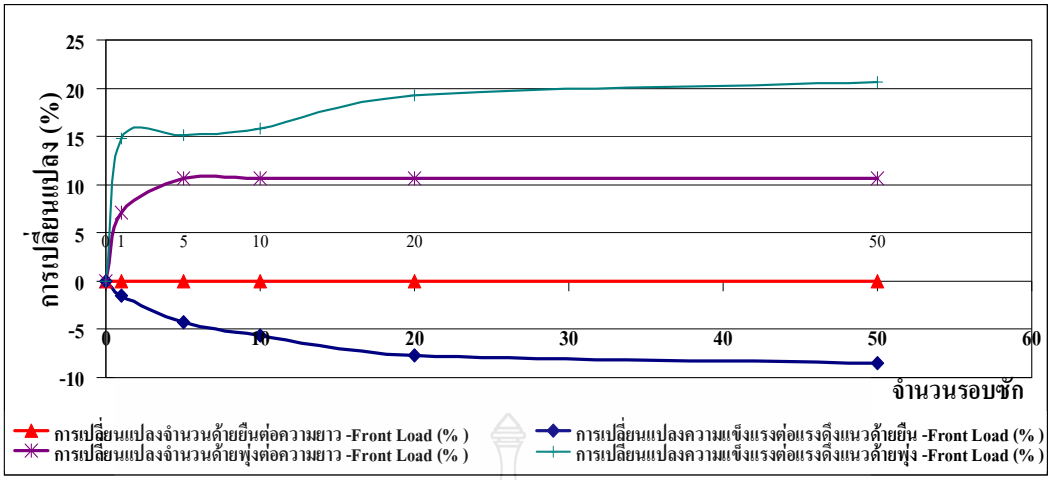
4.8.8 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาวต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง

ตารางที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

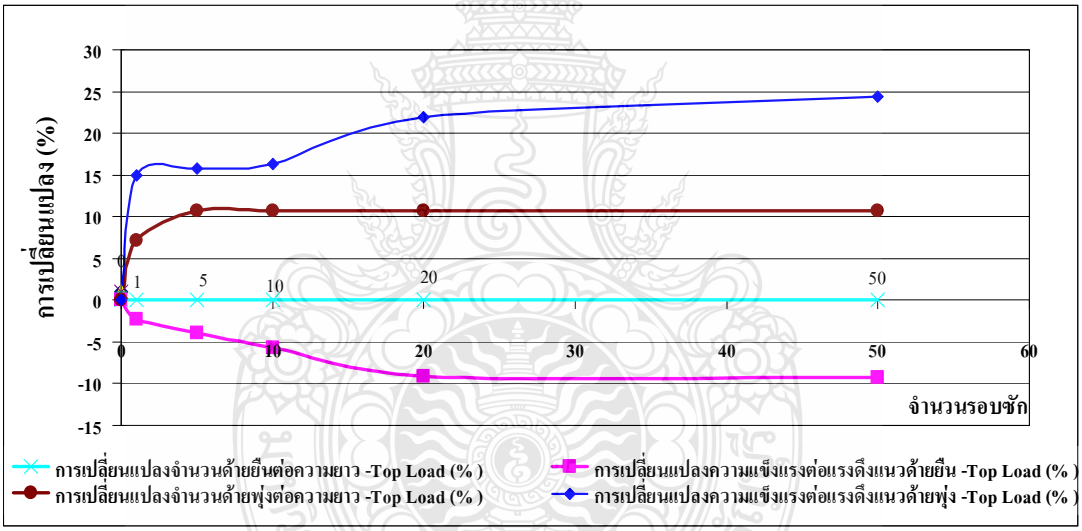
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	0.0	7.1	-1.5	14.8
5	0.0	10.7	-4.2	15.2
10	0.0	10.7	-5.6	15.8
20	0.0	10.7	-7.7	19.2
50	0.0	10.7	-8.5	20.7

ตารางที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	0.0	7.1	-2.2	15.0
5	0.0	10.7	-4.0	15.8
10	0.0	10.7	-5.6	16.3
20	0.0	10.7	-9.1	21.9
50	0.0	10.7	-9.3	24.4



รูปที่ 4.39 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.40 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นตาม ในขณะที่ความถี่เส้นด้ายยืนต่อความยาวไม่เปลี่ยนแปลง ความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายยืนที่ลดลง อาจเป็นผลมาจากการถูกขัดถูระหว่างการซัก

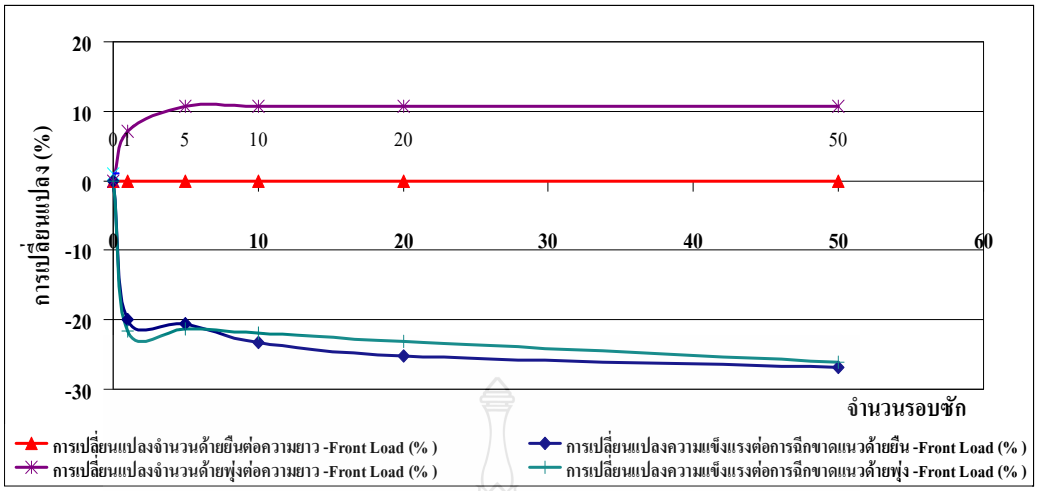
4.8.9 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

ตารางที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

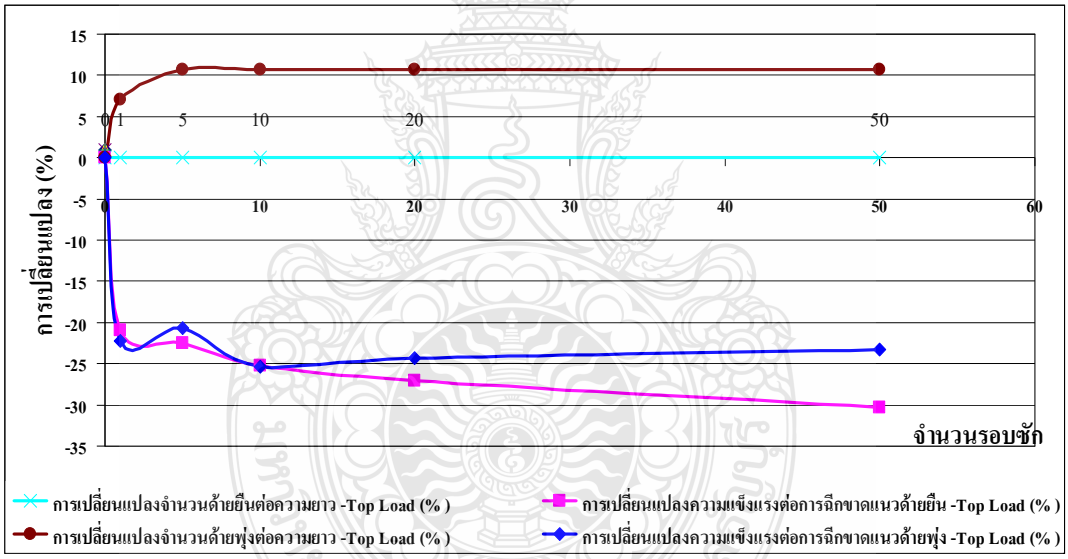
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	0.0	7.1	-20.0	-21.6
5	0.0	10.7	-20.6	-21.3
10	0.0	10.7	-23.3	-21.9
20	0.0	10.7	-25.1	-23.2
50	0.0	10.7	-26.9	-26.1

ตารางที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว (%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	0.0	7.1	-20.9	-22.2
5	0.0	10.7	-22.5	-20.7
10	0.0	10.7	-25.3	-25.3
20	0.0	10.7	-27.1	-24.3
50	0.0	10.7	-30.3	-23.3



รูปที่ 4.41 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.42 การเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายต่อความยาว ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าหลังซักตามแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่งลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากการซักรอบแรก และค่อยๆลดลงอีกเล็กน้อยในรอบต่อๆไป ตามการเปลี่ยนแปลงความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาว อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวเพิ่มขึ้น ทำให้โครงสร้างผ้าโดยรวมแน่นขึ้นเส้นด้ายขยับตัวหนีแรงเฉือนได้ยากขึ้นจึงทำให้ทนแรงฉีกขาดได้น้อยลง

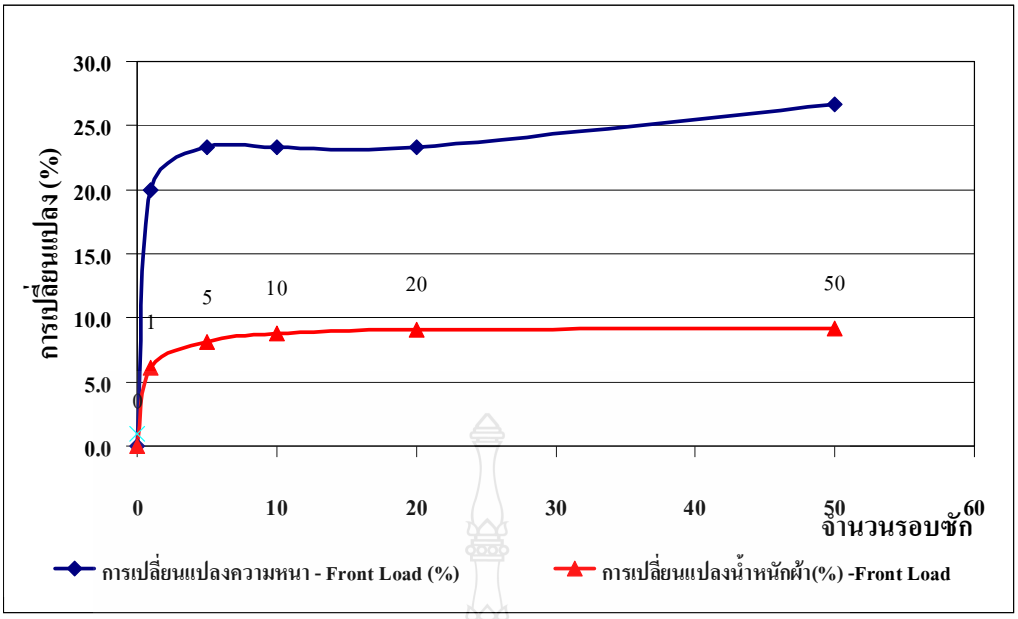
4.8.10 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา

ตารางที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

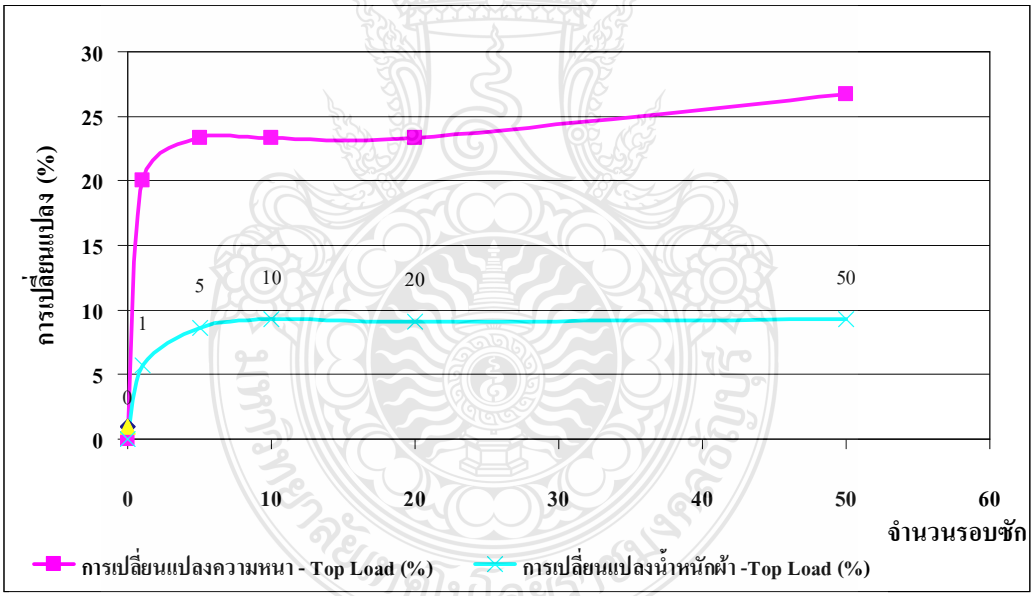
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ (%)	การเปลี่ยนแปลงความหนา (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า
1	6.1	20.0
5	8.1	23.3
10	8.8	23.3
20	9.1	23.3
50	9.2	26.7

ตารางที่ 4.31 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ (%)	การเปลี่ยนแปลงความหนา (%)
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน
1	5.7	20.0
5	8.6	23.3
10	9.3	23.3
20	9.1	23.3
50	9.3	26.7



รูปที่ 4.43 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.44 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อพื้นที่ ต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนา ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักต่อพื้นที่ของผ้าก็เพิ่มตามความหนาของผ้าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความหนาของผ้าเพิ่มขึ้นจากความถี่เส้นด้ายต่อความยาวที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

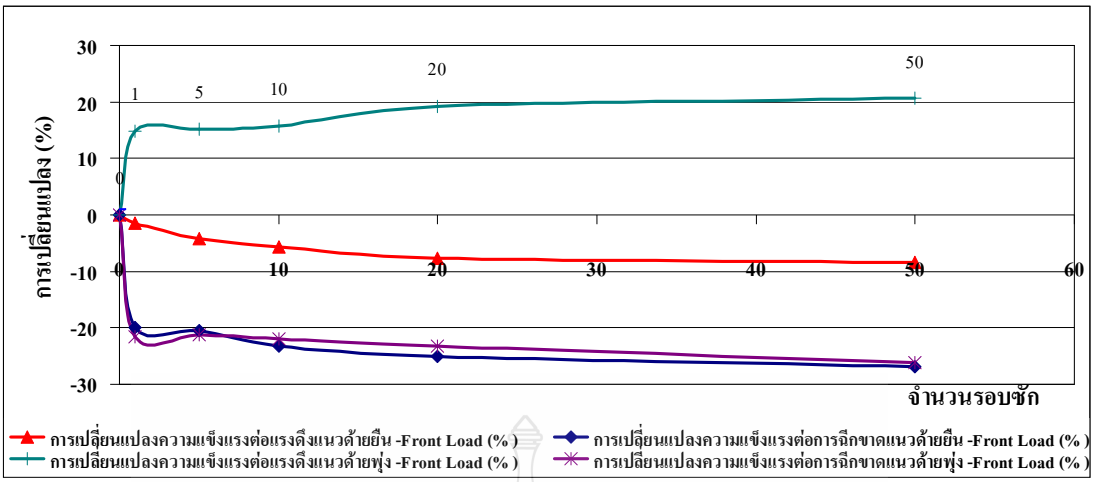
4.8.11 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

ตารางที่ 4.32 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า

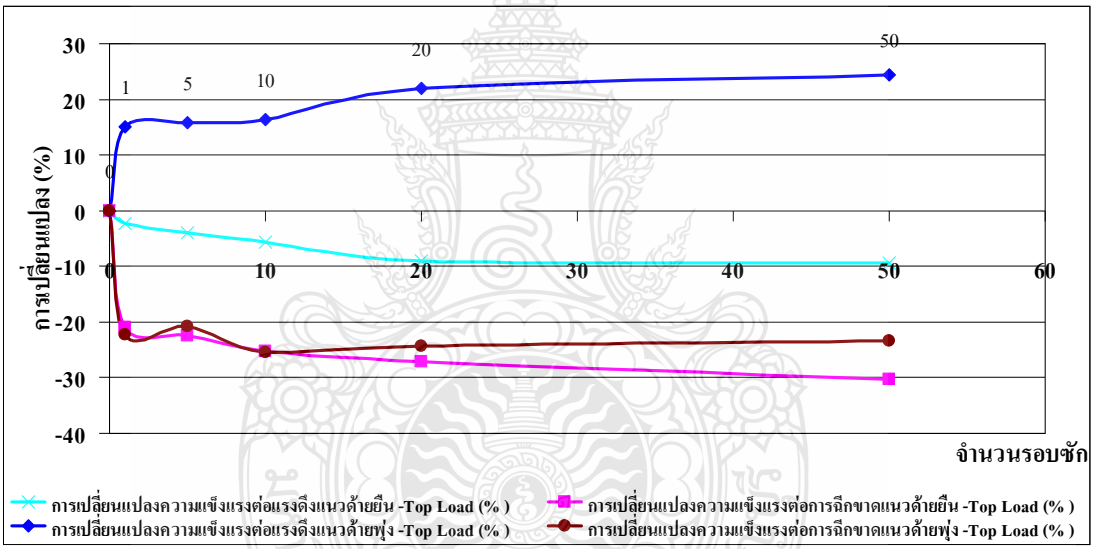
รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง(%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า	
	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-1.5	14.8	-20.0	-21.6
5	-4.2	15.2	-20.6	-21.3
10	-5.6	15.8	-23.3	-21.9
20	-7.7	19.2	-25.1	-23.2
50	-8.5	20.7	-26.9	-26.1

ตารางที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

รอบซัก	การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง(%)		การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาด(%)	
	เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน		เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน	
	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
1	-2.2	15.0	-20.9	-22.2
5	-4.0	15.8	-22.5	-20.7
10	-5.6	16.3	-25.3	-25.3
20	-9.1	21.9	-27.1	-24.3
50	-9.3	24.4	-30.3	-23.3



รูปที่ 4.45 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อ การฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 4.46 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ต่อ การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อ การฉีกขาด ของผ้าที่ถูกซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน

จากกราฟ แสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงต่อแรงดึงแนวด้ายพุ่งสูงขึ้นจากความถี่เส้นด้ายพุ่งต่อความยาวของผ้าที่เพิ่ม ในขณะความแข็งแรงต่อแรงดึงด้ายยืนลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการถูกขัดถูระหว่างการซัก ส่วนความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวด้ายยืนและความแข็งแรงต่อการฉีกขาดแนวพุ่งลดลง อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างโดยรวมที่แน่นขึ้นทำให้ทนต่อการฉีกขาดได้น้อยลง

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยแบบการทดลอง (Experimental process) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดสีกรมท่าย้อมด้วยสี ไดเรคท์ ภายหลังผ่านการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าและกำหนดตัวแปรอื่นให้เหมือนกัน โดยกำหนดรอบการซักไว้ที่ 1, 5, 10, 20 และ 50 จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในบทที่ 4 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

จากผลการทดลองพบว่าการหดของผ้าแนวยาวเกิดขึ้นรวดเร็วเมื่อซักรอบแรก และลดน้อยลงในรอบต่อไปในเครื่องซักทั้งสองแบบ โดยมีอัตราการหดตัวที่ใกล้กันมาก และการหดจะคงที่ในการซัก รอบที่ 20 ในเครื่องซักทั้งสองแบบ

สืบเนื่องจากการหดตัวของผ้าตามแนวยาว ส่งผลให้จำนวนด้ายพุ่งต่อความยาวเพิ่มขึ้นไปด้วย ซึ่งเป็นส่วนทำให้โครงสร้างของผ้าแน่นขึ้น ส่งผลให้ความหนาและน้ำหนักเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันในเครื่องซักทั้งสองแบบ

5.2 การเปลี่ยนแปลงของสมบัติ

ความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าหลังซักตามแนวเส้นด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นอย่างตัวเร็ว เมื่อซักครั้งแรก และเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในรอบต่อๆไปของการซัก ทั้งนี้เป็นผลมาจากจำนวนเส้นด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นตามการหดตัวของผ้าในแนวยาวนั่นเอง ส่วนกรณีของเส้นด้ายยืนความความแข็งแรงต่อแรงดึงลดลงโดยต่อเนื่อง อาจเป็นผลมาการขัดถูของผ้าระหว่างการซัก

ส่วนผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าหลังซักตามแนวเส้นด้ายพุ่งและด้ายยืนลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากการซักรอบแรก และค่อยๆลดลงในการซักรอบต่อๆไป สืบเนื่องมาจากการหดตัวของผ้าหลังซัก ทำให้โครงสร้างผ้าโดยรวมแน่นขึ้นเส้นด้ายขยับตัวหนีแรงเฉือนได้ยากขึ้น จึงทำให้ทนแรงฉีกขาดได้น้อยลง

5.3 การเปลี่ยนแปลงสี

ผ้าฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง ย้อมด้วยสีไดเร็คซึ่งมีความทนทานต่อการซักล้างต่ำ เมื่อซักด้วยเครื่องซักทั้งสองแบบ ที่ 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบให้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน แต่จะพบข้อแตกต่างที่ชัดเจนในด้านการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งผ้าที่ผ่านการซักจากเครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านบนพบการเปลี่ยนแปลงของสีมากกว่าผ้าที่ผ่านการซักจากเครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านหน้าในทุกรอบการซักอย่างต่อเนื่อง และการเปลี่ยนแปลงสีจะเริ่มใกล้เคียงกันทีการซัก 50 รอบ ทั้งนี้อาจสรุปเบื้องต้นได้ว่าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบนทำให้ผ้าเปลี่ยนสีมากกว่าเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้า อาจเป็นไปได้ว่าลักษณะเชิงกลของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (ใบกวน) และปริมาณน้ำที่มากกว่า ทำให้เกิดการขัดถูระหว่างการซักมากกว่า

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากที่ได้ทำการศึกษา “สมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดภายหลังผ่านการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนและเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า” ทำให้พบว่ายังมีอีกหลายประเด็นที่น่าสนใจและควรที่จะทำการศึกษา ในโอกาสต่อไปดังนี้

5.4.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบการขัดถูระหว่างการซักด้วยเครื่องทั้งสองแบบ ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร

5.4.2 ศึกษาการเกิดขนบนผืนผ้าหลังการซักเพิ่มเติม เนื่องจากขนที่เกิดขึ้นหลังซักจะมีผลโดยตรงต่อการวัดการเปลี่ยนแปลงสี ซึ่งการทดลองนี้ยังไม่อาจสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสี ที่ได้เกิดจากขนหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

[1] วีรศักดิ์ อุดมกิจเดชา, **วิทยาศาสตร์เส้นใย** ,พิมพ์ครั้งที่ 2 , กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2543 ,หน้า 96-101 ,104-105

[2] สาธิต พุทธชัยยงค์ ,**การออกแบบและวิเคราะห์ผ้าทอ**,โครงการพัฒนาบุคลากรด้านแฟชั่นและสิ่งทอ ,สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[3] Marjorie A Taylor ,**Technology of Textile Properties**, 3rd Edition,1990, pp164-166,72-173

[4] G.Jakobi and A Lohr.VCH**, Detergents and Textile Washing**, 1987, pp 205-217

[5] Wikipedia **,Hardness of Water** , available :// www.en.wikipedia.org/wiki/Hard_water (19 July 2010)

[6] มณฑา จันทร์เกตเลี้ยด ,**วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น**,สมาคมเศรษฐศาสตร์แห่ประเทศไทย ในพระบรมราชินูปถัมภ์ ,กรุงเทพ, พิมพ์ครั้งที่ 1,2541 ,หน้า 288-291

[7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**, มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผงซักฟอก (มอก 78)**, 2549, หน้า 1

[8] Michael S.Showell edited , **Powder Detergent ,**Surfactant Science **series** ,volume 71 **,** 1998 ,pp 286-287

[9] ศมนลักษณ์ วิชาศิลป์ ,**เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน** ,ภาควิชาครอบครัวศึกษา ,คณะคหกรรมศาสตร์ ,สถาบันเทคโนโลยีราช มงคล 2545,หน้า 171-173

[10] คณะกรรมการโครงการฉลากเขียว ,สถาบันสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ,สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ,**ข้อกำหนดของเครื่องซักผ้า** , 2540

[11] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอ มอก121 เล่ม 21 การเปลี่ยนแปลงขนาดภายหลังการซักและทำให้แห้ง** , 2552 , หน้า 1-20

[12] The International organization for standardization , **Textiles -determination of dimensional change in washing and drying (ISO 5077)** ,2007 ,pp 1-2

[13] The International organization for standardization , **Textiles -Domestic washing and drying procedures for Textile Testing (ISO 6330)** ,2000 ,pp1-10

[14] The International organization for standardization , **Textiles - preparation, marking and measuring of fabric specimens and garments in tests for determination of dimensional change (ISO 3759)** ,2007 ,pp 1-5

[15] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ,**มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบ สิ่งทอ มอก. 121 เล่ม 13 จำนวนเส้นด้ายต่อหน่วยความยาวของผ้าทอ**,2553 ,หน้า 1-4

[16] The International organization for standardization , **Textiles - Woven fabrics construction methods of analysis-determination of number of threads pre unit length (ISO 7211-2)** ,1984 ,pp 1-3

[17] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบ สิ่งทอ มอก. 121 เล่ม 24 ความหนาของผ้า** ,2553 **,** หน้า1-5

[18] The International organization for standardization , **Textiles - Determination of thickness of Textile and Textile Product (ISO 5084)** ,1996 ,pp 1-4

[19] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบ สิ่งทอ มอก. 121 เล่ม 12 มวลของผ้าทอต่อหน่วยความยาว และมวลของผ้าทอต่อหน่วยพื้นที่ ,**2553,หน้า1-4

[20] The International organization for standardization , **Woven fabrics- determination of mass per unit length and mass per unit area (ISO3081)** ,1977 ,pp 1-3

[21] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบ สิ่งทอ มอก. 121 เล่ม 16 แรงดึงสูงสุดของผ้าโดยวิธีแกรบ,**2553, หน้า 1-9

[22] The International organization for standardization ,**Textiles -Tensile properties of fabrics-Determination of maximum force using the grab method (ISO 13934-2)** ,1999 ,pp 1-8

[23] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบ สิ่งทอ มอก. 121 เล่ม 17 ความต้านแรงฉีกขาดของผ้าทอโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงชนิดอัตรายืดคงที่**,2553**,** หน้า 1-13

[24] The International organization for standardization , **Textiles- Tear properties of fabrics-Determination of tear force of trouser shaped(ISO 13937-2)** ,2002 ,pp 1-10

[25] The International organization for standardization ,**Instrumental assessment of change in colour for determination of grey scale rating (ISO 105-A05)** ,1999 ,pp 1-3

[26] The International organization for standardization , **Tests for colour fastness-calculation of colour differences (ISO 105-J03)** ,1995 ,pp 2-3

[27] The International organization for standardization , **Textile care labeling code using symbols (ISO 3758)** ,2005 ,pp 13-14

[28] Japanese Industrial Standard **,Identify of Dyestuff Classes on Dyed Textiles (JIS L 1065)**,1983 ,pp 8-14

ตารางที่ ก1 ภาวะการซักของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

แบบ	เครื่องซักผ้าบรรจุด้านหน้า แบบถังนอน		แบบ A1. รายละเอียดของเครื่องซักผ้ารุ่นก่าที่ไม่มีการผลิตแล้วแต่ยังสามารถใช้ทดสอบได้	แบบ A2. รายละเอียดของเครื่องซักผ้ารุ่นใหม่ที่ผลิตแทนรุ่นเก่า
ถังซัก ถังใน	เส้นผ่านศูนย์กลาง		(515 ± 5) มิลลิเมตร	(520 ± 1) มิลลิเมตร
	ความลึก		(335 ± 5) มิลลิเมตร	(335 ± 5) มิลลิเมตร
	ปริมาตร		65 ลิตร	65 ลิตร
	สัน (lifting vanes)	จำนวน	3	3
		ความสูง	(50 ± 5) มิลลิเมตร	(50 ± 1) มิลลิเมตร
		ความยาว	ตลอดความลึกของถังซักถังใน	ตลอดความลึกของถังซักถังใน
		การเว้นช่อง	120 องศา	120 องศา
ถังซัก ถังนอก	เส้นผ่านศูนย์กลาง		(575 ± 5) มิลลิเมตร	(554 ± 1) มิลลิเมตร
ความเร็วถังซัก	การซัก	ขณะที่มีผ้า และน้ำ	(52 ± 1) รอบต่อนาที	(52 ± 1) รอบต่อนาที
	การปั่นสลัดน้ำ		(500 ± 20) รอบต่อนาที	(500 ± 20) รอบต่อนาที
ระบบความร้อน	กำลังความร้อน		(5.4 ± 0.108) กิโลวัตต์	(5.4 ± 0.108) กิโลวัตต์
	ตัวควบคุมอุณหภูมิ		สามารถควบคุมได้	สามารถควบคุมได้
		ความแม่นขณะตัดไฟเมื่ออุณหภูมิได้ตามที่กำหนด	±1 องศาเซลเซียส	±1 องศาเซลเซียส
		อุณหภูมิ เมื่อจ่ายไฟ	ต่ำกว่าอุณหภูมิขณะปิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส	ต่ำกว่าอุณหภูมิขณะปิดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4องศาเซลเซียส
การหมุนตัวของถังซัก	ระดับปกติขณะหมุน ระดับปกติขณะหยุด	ความคลาดเคลื่อนจากเวลาที่ตั้งไว้	(12 ± 0.1) วินาที (3 ± 0.1) วินาที	(12 ± 0.1) วินาที (3 ± 0.1) วินาที
ระบบน้ำ	ระดับเบาขณะหมุน ระดับเบาขณะหยุด	ความคลาดเคลื่อนจากเวลาที่ตั้งไว้	(3 ± 0.1) วินาที (12 ± 0.1) วินาที	(3 ± 0.1) วินาที 12 ± 0.1) วินาที
	น้ำเข้า		(16 ± 2) ลิตรต่อนาที	(20 ± 2) ลิตรต่อนาที
หมายเหตุ *กรณีที่อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ต่างจากช่วงที่กำหนดที่* (20 ± 5) *องศาเซลเซียส ในประเทศเขตร้อนให้ระบุไว้ในรายงานผลการทดสอบด้วย*	การควบคุมระดับน้ำ		(20 ± 5) องศาเซลเซียส	(20 ± 5) องศาเซลเซียส
		ความสูงของระดับน้ำแต่ละขั้น (step size)	≤ 3 มิลลิเมตร	≤ 3มิลลิเมตร
	การควบคุมระดับน้ำระบบปล่อยน้ำออก	ความสามารถในการทำซ้ำ	±5 มิลลิเมตร หรือ ±1 ลิตร	±5 มิลลิเมตร หรือ ±1 ลิตร
		วาล์วปล่อยน้ำออก	> 30 ลิตรต่อนาที	> 30 ลิตรต่อนาที

ตารางที่ ก2 ตัวอย่างอุณหภูมิในการซักของเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

ระดับการซัก (machine cycle)		อุณหภูมิการซัก (^{o}C)	
1)	ระดับปกติ (Normal/cotton sturdy)	II	27± 3
2)	ระดับเบา (Delicate)	III	41 ± 3
3)	ระดับดูราเบิลเพรส (Durable press)	IV	49 ± 3
		V	60 ± 3
		VI	70 ± 3

ตารางที่ ก3 ตัวอย่างการปรับตั้งเครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านบนขณะเดินเครื่องเปล่า

รอบ (cycle)	ระดับปกติ	ระดับเบา	ระดับดูราเบิลเพรส
ความเร็วการกวน	(179±2) รอบต่อนาที	(119± 2) รอบต่อนาที	(179±2) รอบต่อนาที
เวลาการซัก	(12±1) นาที	(8±1) นาที	(10±1) นาที
ความเร็วการปั่นสลัดน้ำ	(645±15) รอบต่อนาที	(430±15) รอบต่อนาที	(430±15) รอบต่อนาที
เวลาการปั่นสลัดน้ำครั้งสุดท้าย	(6 ±1) นาที	(6±1) นาที	(4±1) นาที

ตารางที่ ก5 วิธีซักโดยให้เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

เลขที่วิธีทดสอบ	วิธีการหมุนตัวของถังซักขณะซักและล้าง	น้ำหนักรวม (ผ้าแห้ง) กิโลกรัม	การซัก			การล้าง	การปั่นสลัดน้ำ
			อุณหภูมิองศาเซลเซียส	ระดับน้ำ	ระยะเวลาซักนาที	ระดับน้ำ [1)]	อัตราการหมุนตัวของถังซัก
1B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	70 ± 3	เต็มถึงระดับ	12	เต็มถึงระดับ	ระดับปกติ
2B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	60 ± 3	เต็มถึงระดับ	12	เต็มถึงระดับ	ระดับปกติ
3B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	60 ± 3	เต็มถึงระดับ	10	เต็มถึงระดับ	ระดับเบา
4B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	50 ± 3	เต็มถึงระดับ	12	เต็มถึงระดับ	ระดับปกติ
5B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	50 ± 3	เต็มถึงระดับ	10	เต็มถึงระดับ	ระดับเบา
6B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	40 ± 3	เต็มถึงระดับ	12	เต็มถึงระดับ	ระดับปกติ
7B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	40 ± 3	เต็มถึงระดับ	10	เต็มถึงระดับ	ระดับเบา
8B	ระดับเบา	2 ± 0.1	40 ± 3	เต็มถึงระดับ	8	เต็มถึงระดับ	ระดับเบา
9B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	30 ± 3	เต็มถึงระดับ	12	เต็มถึงระดับ	ระดับปกติ
10B	ระดับปกติ	2 ± 0.1	30 ± 3	เต็มถึงระดับ	10	เต็มถึงระดับ	ระดับเบา
11B	ระดับเบา	2 ± 0.1	30 ± 3	เต็มถึงระดับ	8	เต็มถึงระดับ	ระดับเบา

หมายเหตุ [1)] *หมายถึง น้ำที่ใช้ซักเป็นน้ำเย็น (cold setting)*

ตารางที่ ก6 ส่วนประกอบระบุของผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 1 (AATCC 1993 reference detergent WOB)

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
เกลือโซเดียมของลิเนียโซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (linear sodium alkylbenzenesulfonate sodium salt) [1)]	18.00
ของแข็งโซเดียมอะลูมิโนซิลิเกต (sodium aluminosilicate solids)	25.00
โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate)	18.00
ของแข็งโซเดียมซิลิเกต (sodium silicate solid) [2)]	0.50
โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate)	22.13
พอลิเอทิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) [3)]	2.76
โซเดียมพอลิอะคริเลต (sodium polyacrylate)	3.50
ซิลิคอน (silicone) สารกำจัดฟอง (suds suppressor)	0.04
ความชื้น	10.00
อื่นๆ (ที่ไม่ทำปฏิกิริยาใน surfactant stocks)	0.07
รวมทั้งหมด	100

หมายเหตุ

[1)] *หมายถึง C11.8 LAS, introduced as Stepan' s Calsoft L-50-12*

[2)] *หมายถึง* $SiO_2 : Na_2O = 1.6 : 1$

[3)] *หมายถึง ร้อยละ 2 อยู่ในรูปของเม็ดขนาดเล็ก (granules) และร้อยละ 0.76 ผสมมากับสารกำจัดฟอง*

ตารางที่ ก7 ส่วนประกอบระบุของผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 2 (ECE reference detergent 98)

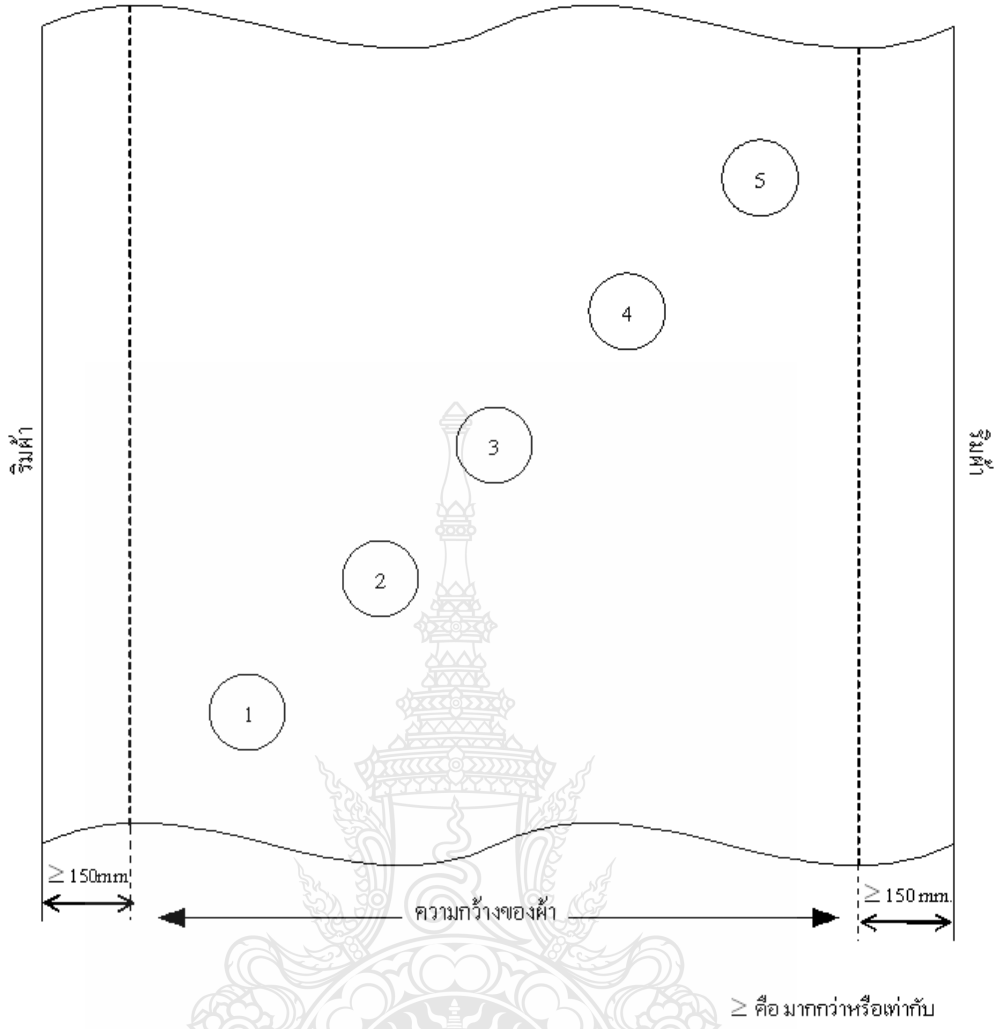
ส่วนประกอบ	ร้อยละ
เกลือโซเดียมของลิเนียโซเดียมแอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (linear sodium alkylbenzene sulfonate, sodiumsalt) (ความยาวเฉลี่ยของสายโซ่อัลเคน (alkane chain : C_{11-5})	7.5
เอทิลอกซีเลทแอลกอฮอล์ไขมัน (ethyloxylated fatty alcohol C_{12-18}) (7 EO)	4.0
สบู่โซเดียม (sodium soap) (ความยาวสายโซ่ C_{12-17} ร้อยละ 46 และ C_{18-20} ร้อยละ 54)	2.8
ตัวยับยั้งฟอง (foam inhibitor) (DC-42485)	5.0
โซเดียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (sodium aluminium silicate) (zeolite)	25.0
โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate)	9.1
เกลือโซเดียมของโคพอลิเมอร์ที่ได้จากอะคริลิกและกรดมาเลอิก	4.0
โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) ($SiO_2 : Na_2O = 3.3 : 1$)	2.6
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose; CMC)	1.0
ไดเอทิลีนไตรอะมีนเพนตะ (กรดเมทิลีนฟอสฟอริก) (diethylene-triaminepenta) (methylene phosphoric acid)	0.6
โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate)	6.0
น้ำ	9.4
เททระแอซีทิลเอทิลีนไดเอมีน (tetra-acetylethylenediamine) (100% active)	3.0 (as separate addition)
โซเดียมเพอร์บอเรตเททระไฮเดรต (sodium perborate tetrahydrate)	20.2 (as separate addition)
รวมทั้งหมด	100.0

ตารางที่ ก8 ส่วนประกอบระบุของผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 3

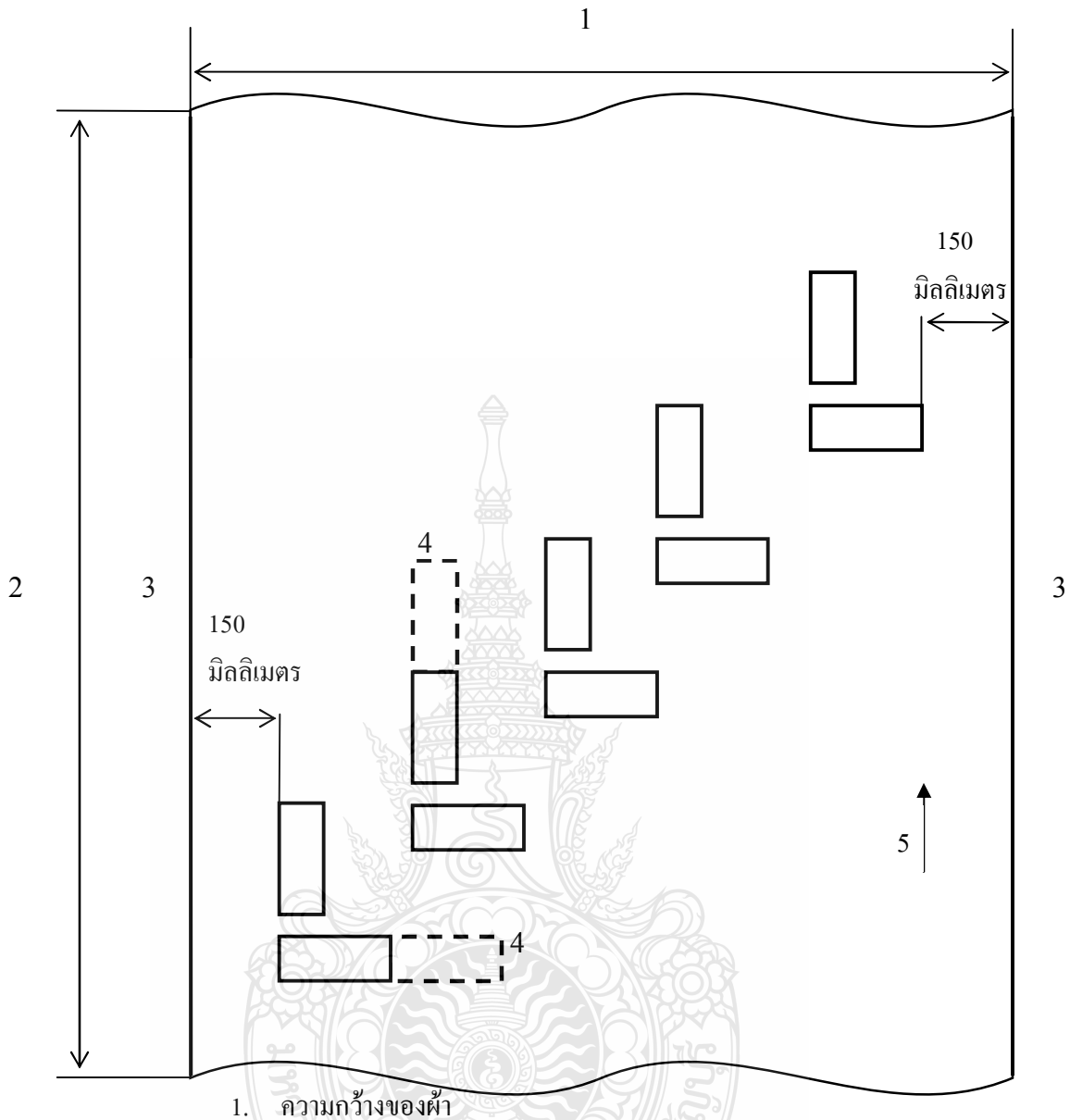
ส่วนประกอบ	ร้อยละ
เกลือโซเดียมของลิเนียโซเดียม แอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (linear sodium alkylbenzene sulfonate, sodiumsalt) (ความยาวเฉลี่ยของสายโซ่อัลเคน alkane chain : C_{11-15})	7.5
เอทิลอกซีเลทแอลกอฮอล์ไขมัน (ethyloxylated fatty alcohol C_{12-18}) (7 EO)	4.0
สบู่โซเดียม (sodium soap) (ความยาวสายโซ่ C_{12-17} ร้อยละ 46 และ C_{18-20} ร้อยละ 54)	2.8
ตัวยับยั้งฟอง (foam inhibitor) ความเข้มข้น ร้อยละ 8 บนตัวพาอนินทรีย์ (inorganic carrier)	5.0
โซเดียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (sodium aluminium silicate) (zeolite 4 A)	25.0
โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate)	9.1
เกลือโซเดียมของโคพอลิเมอร์ที่ได้จากอะคริลิกและกรดมาเลอิก	4.0
โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) ($SiO_2 : Na_2O = 3.3 : 1$)	2.6
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose)	1.0
ไดเอทิลีนไตรอะมีนเพนตะ (กรดเมทิลีนฟอสฟอริก) (diethylene-triaminepenta) (methylene phosphoric acid)	0.6
สารให้ความขาว (optical whitener) สำหรับผ้าฝ้าย (ประเภทสติลบีน (stilbene type))	0.2
โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) (as accompanying substance or added)	55.8
โปรติเอส (protease) (Savinase 8.0)	-
น้ำ	9.4
โซเดียมเพอร์บอเรตเททระไฮเดรต (sodium perborate tetrahydrate)	20.2 (as separate addition)
เททระแอซีทิลเอทิลีนไดเอมีน (tetra-acetylethylenediamine)	3.0 (as separate addition)
รวมทั้งหมด	100.0

ตารางที่ ก9 ส่วนประกอบระบุของผงซักฟอกอ้างอิง ชนิดที่ 4 (IEC reference detergent A*)

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
เกลือโซเดียมของลิเนียโซเดียม แอลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (linear sodium alkylbenzene sulfonate, sodiumsalt)	8.8 (± 0.5)
เอทิลอกซีเลทแอลกอฮอล์ ไขมัน (ethyloxylated fatty alcohol C_{12-18}) (7 EO)	4.7 (± 0.3)
สบู่โซเดียม (sodium soap) (ไขสบู่)(tallow soap)	3.2(± 0.2)
ตัวยับยั้งฟอง (foam inhibitor) ความเข้มข้น ร้อยละ 12 บนตัวพาอนินทรีย์ (inorganic carrier)	3.9(± 0.3)
โซเดียมอะลูมิเนียมซิลิเกต (sodium aluminium silicate) (zeolite 4 A) (8% active substance)	28.3 (± 1.0)
โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate)	11.6 (± 1.0)
เกลือโซเดียมของโคพอลิเมอร์ที่ได้จากอะคริลิกและกรดมาเลอิกที่เป็นเม็ดเล็กๆ (granulate)	2.4 (± 0.2)
โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) (SiO_2 : Na_2O = 3.3 : 1)	3.0 (± 0.2)
คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose)	1.2(± 0.1)
ฟอสโฟเนต (phosphonate) (DEQUEST 2066, 25% active acid)	2.8 (± 0.2)
สารให้ความขาว (optical whitener) สำหรับผ้าฝ้าย (ประเภทสติลบีน (stilbene type))	0.2 (± 0.02)
โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate)	6.5 (± 0.5)
โปรติเอส (protease) (Savinase 8.0)	0.4 (± 0.04)
โซเดียมเพอร์บอเรตเททระไฮเดรต (sodium perborate tetrahydrate) (active oxygen 10.0% - 10.40%)	20.0 (as separate addition)
เททระแอซีทิลเอทิลีนไดเอมีน (tetra- acetylethylenediamine) (active content 90.0% -94.0%)	3.0 (as separate addition)
รวมทั้งหมด	100.0

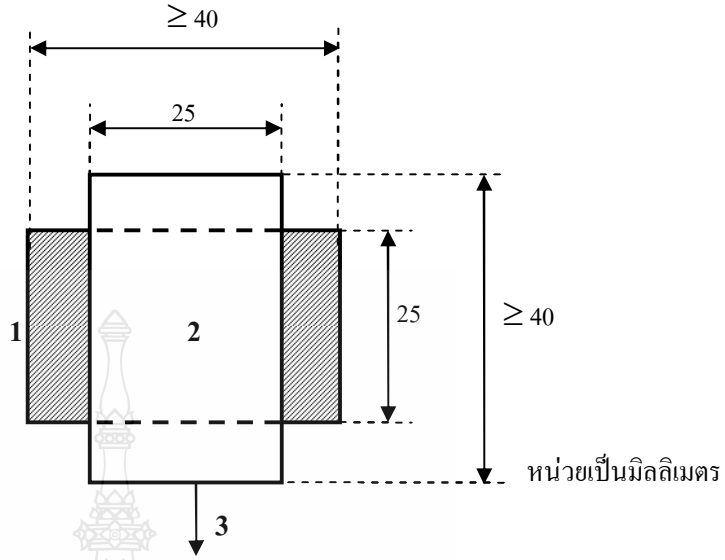


รูปที่ ก1 ตำแหน่งของพื้นที่ทดสอบหรือชิ้นทดสอบความหนา

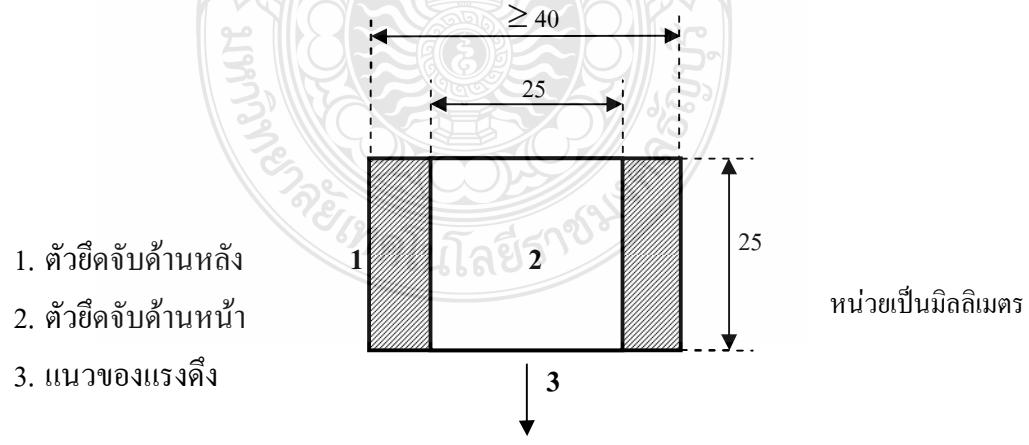


1. ความกว้างของผ้า
2. ความยาวของผ้า
3. ริมผ้า
4. ส่วนความยาวของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้น สำหรับการทดสอบสภาพเปียก (กรณีที่ต้องการ)

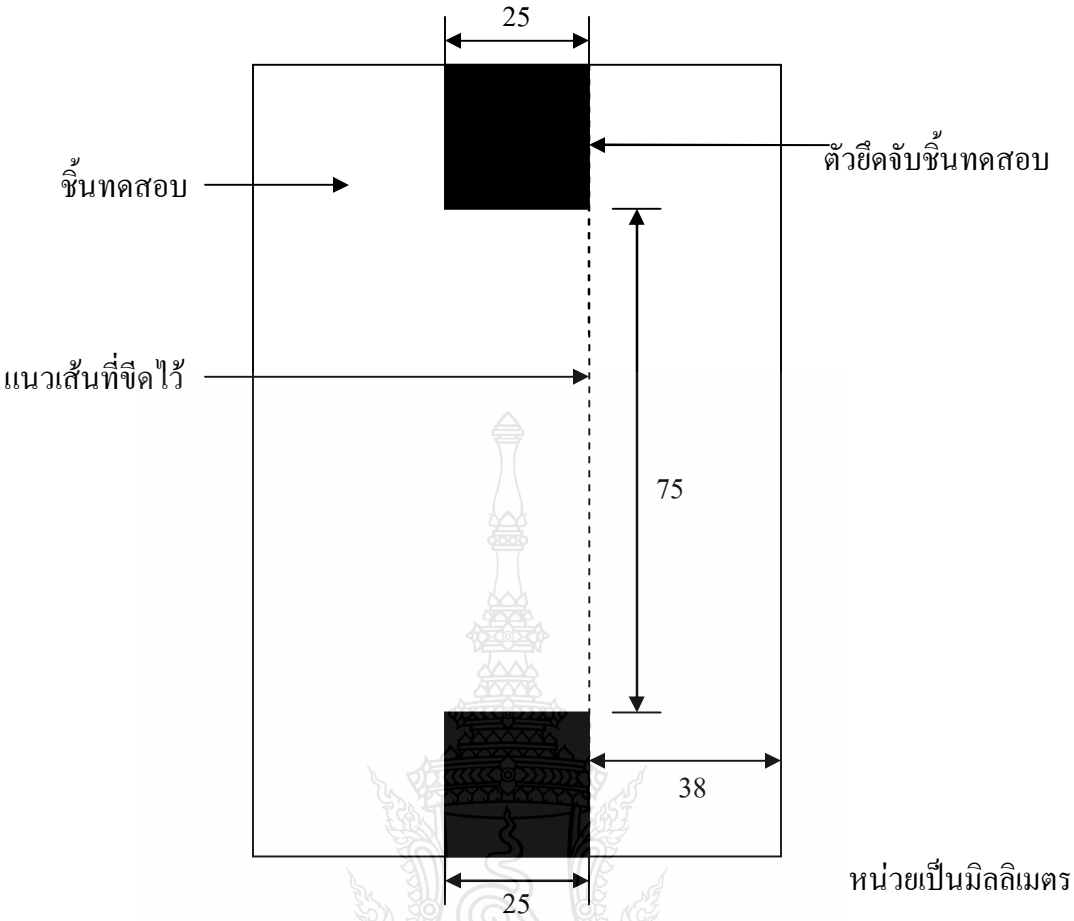
รูปที่ ก2 แบบการตัดชิ้นทดสอบ-การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง



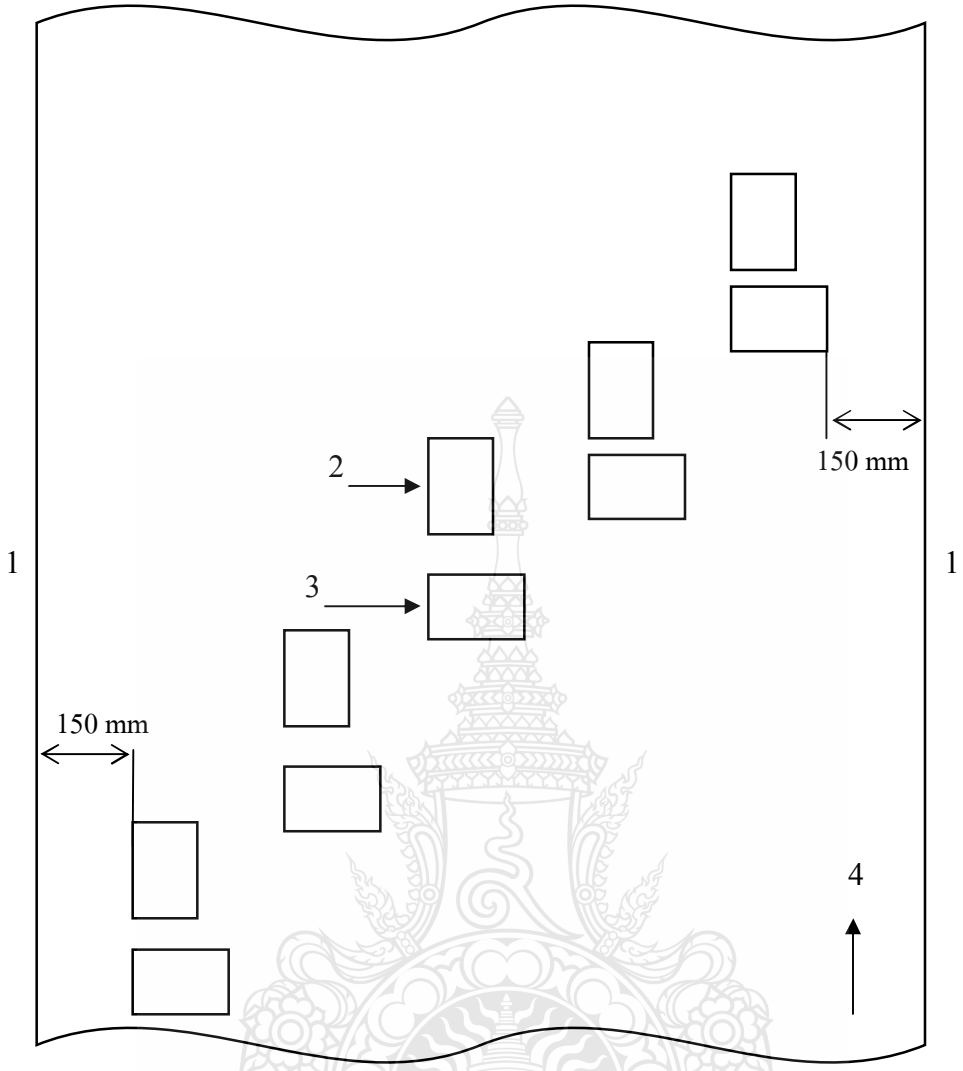
รูปที่ ก3 ตัวยึดจับทั้งด้านหน้าและด้านหลัง มีขนาด 25 มิลลิเมตร × 40มิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย



รูปที่ ก4 ตัวยึดจับด้านหน้ามีขนาด 25 มิลลิเมตร × 25มิลลิเมตร และตัวยึดด้านหลังมีขนาด 25 มิลลิเมตร × 40 มิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย

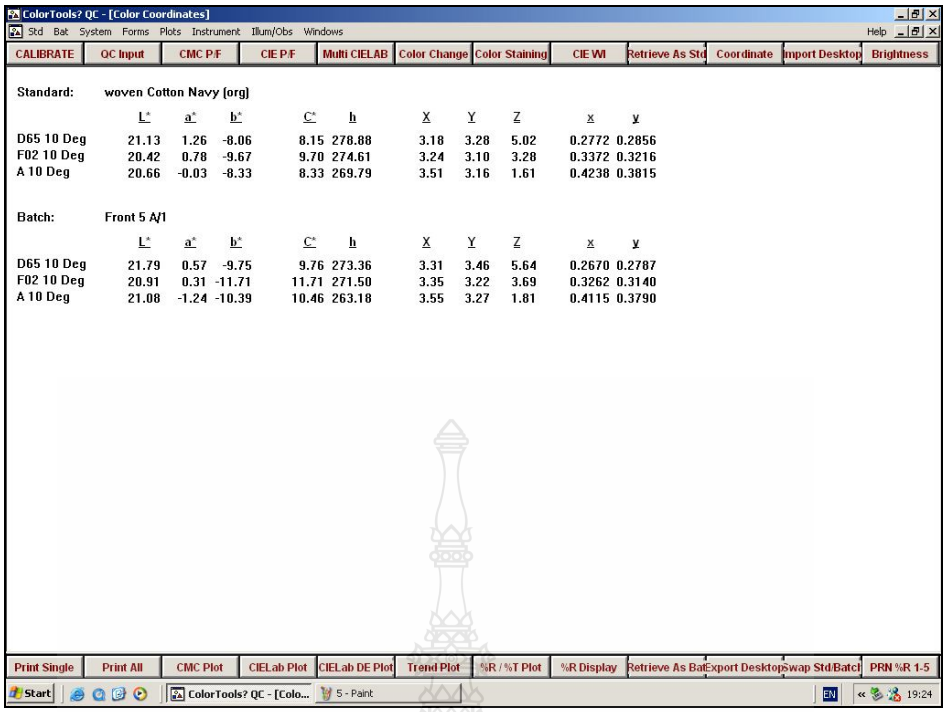


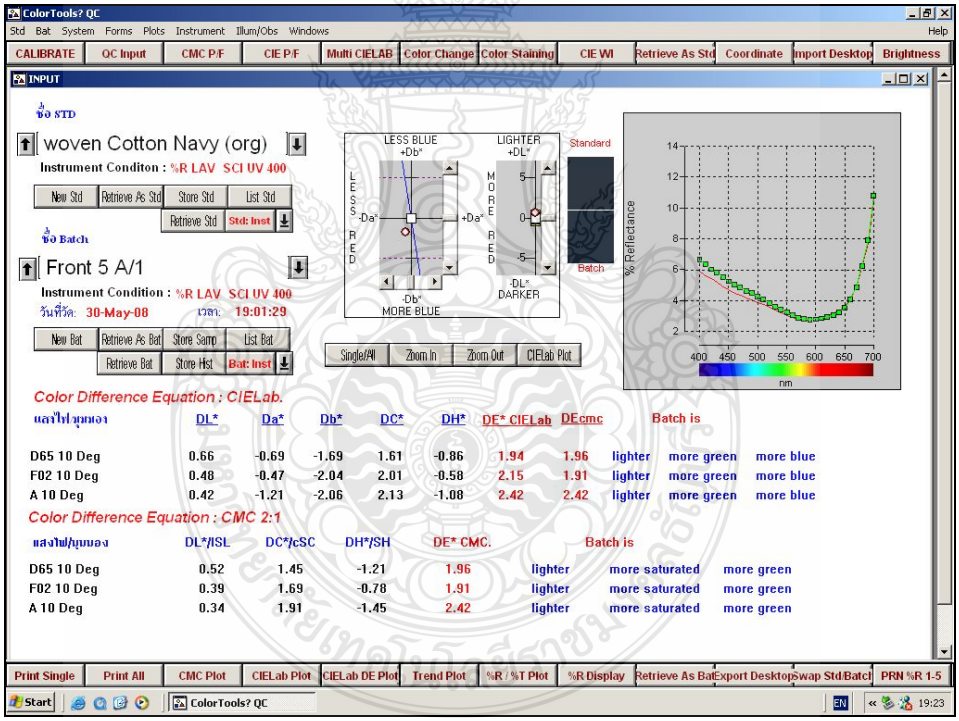
รูปที่ ก5 การยึดจับชิ้นทดสอบ การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง



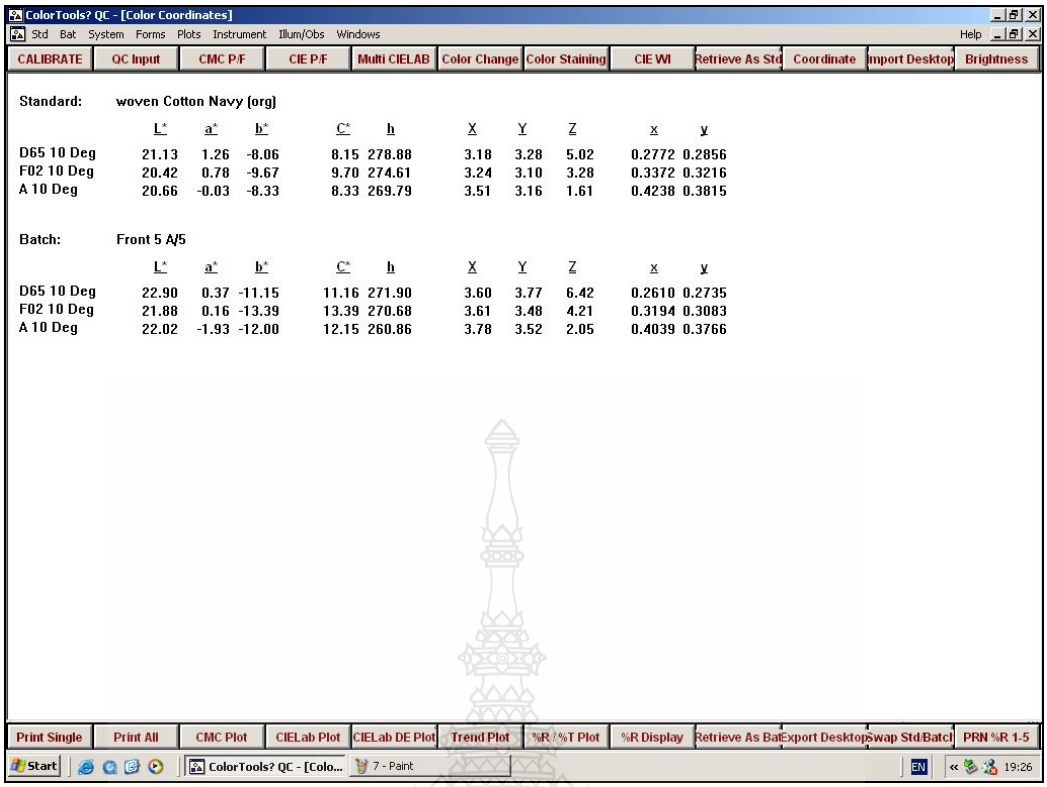
1. ริมผ้า
2. ชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบการฉีกแนวด้ายพุ่ง
3. ชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบการฉีกแนวด้ายยืน
4. แนวเส้นด้ายยืน

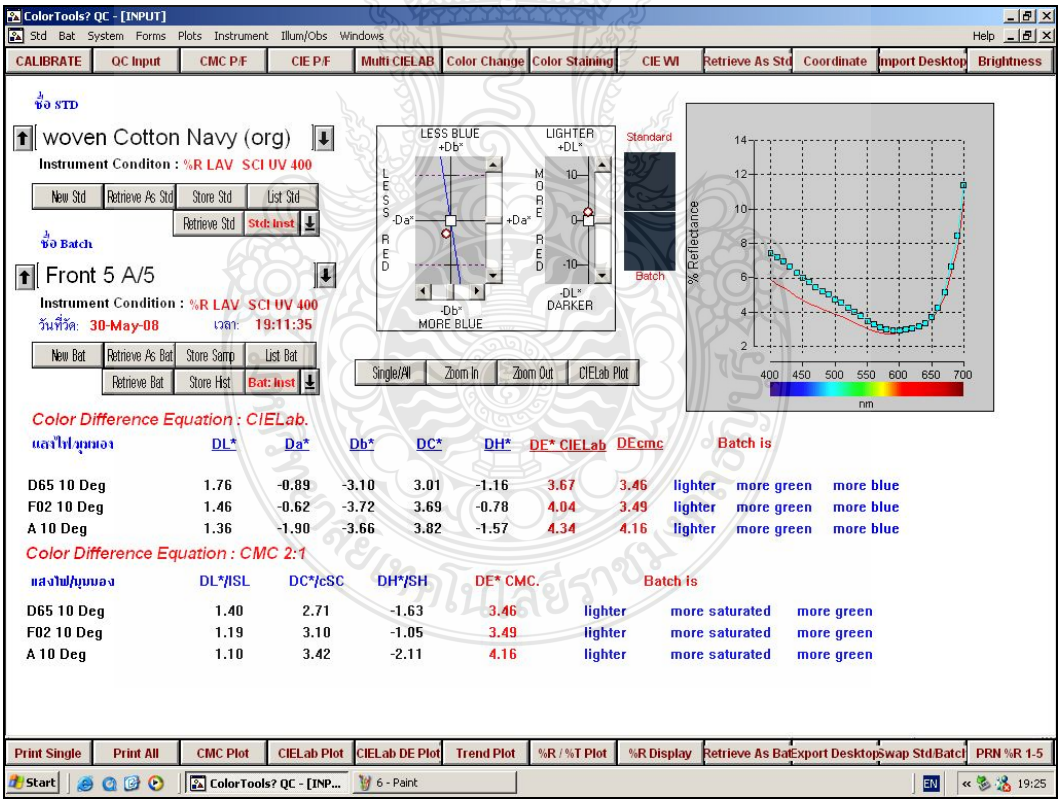
รูปที่ ก6 แบบการตัดชิ้นทดสอบ การทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด



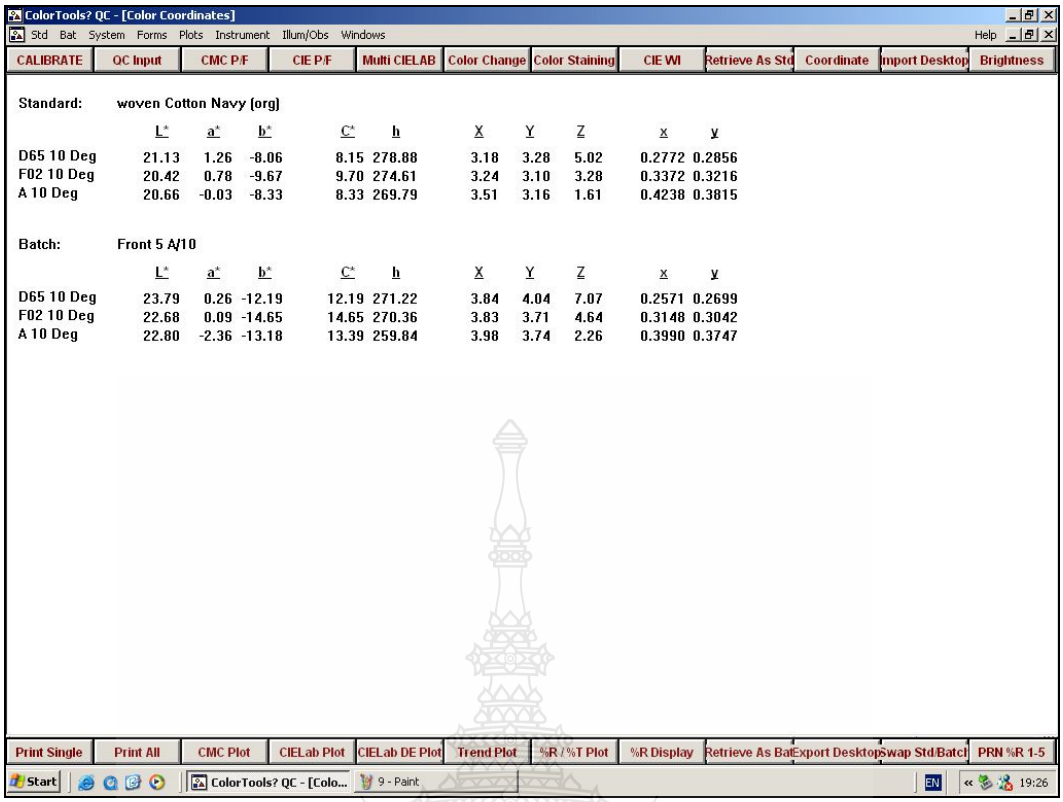


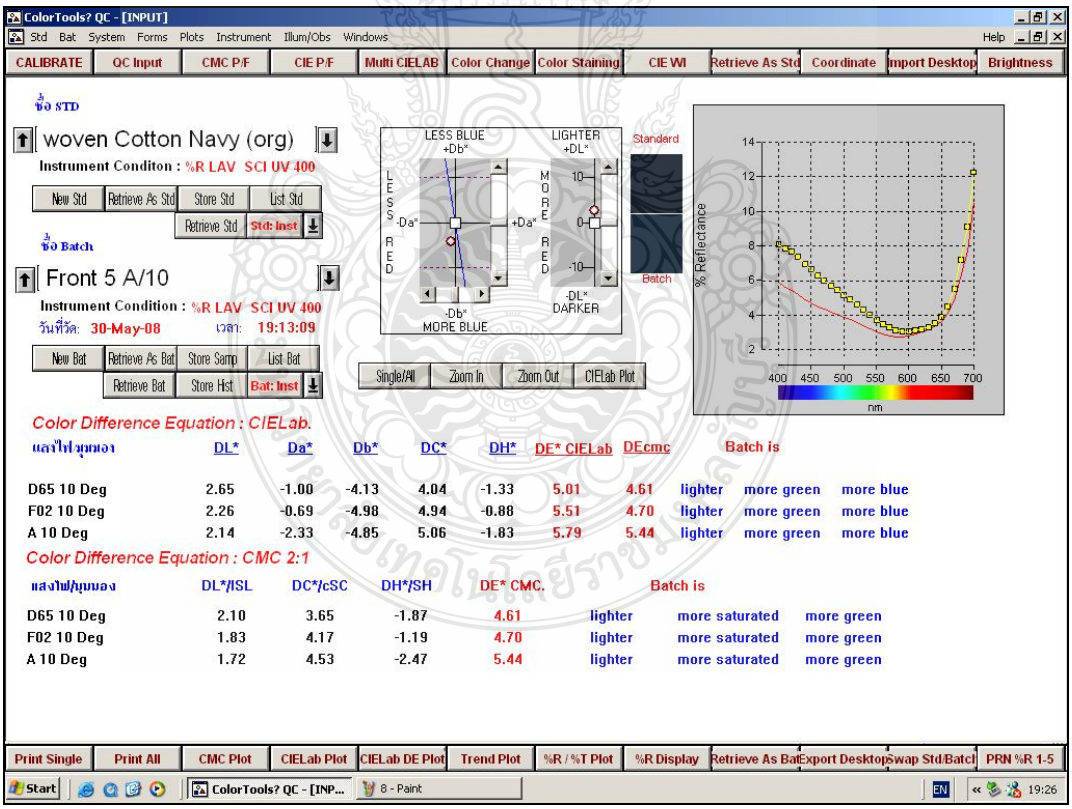
รูปที่ ข1 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก 1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



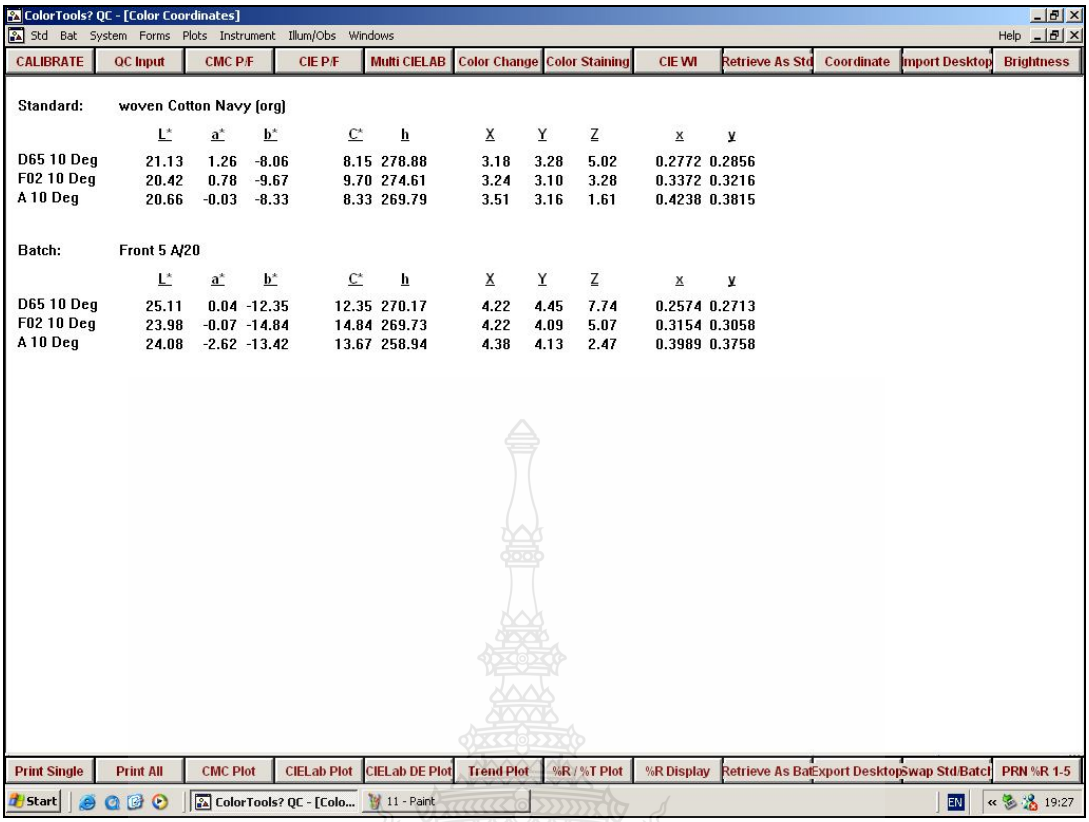


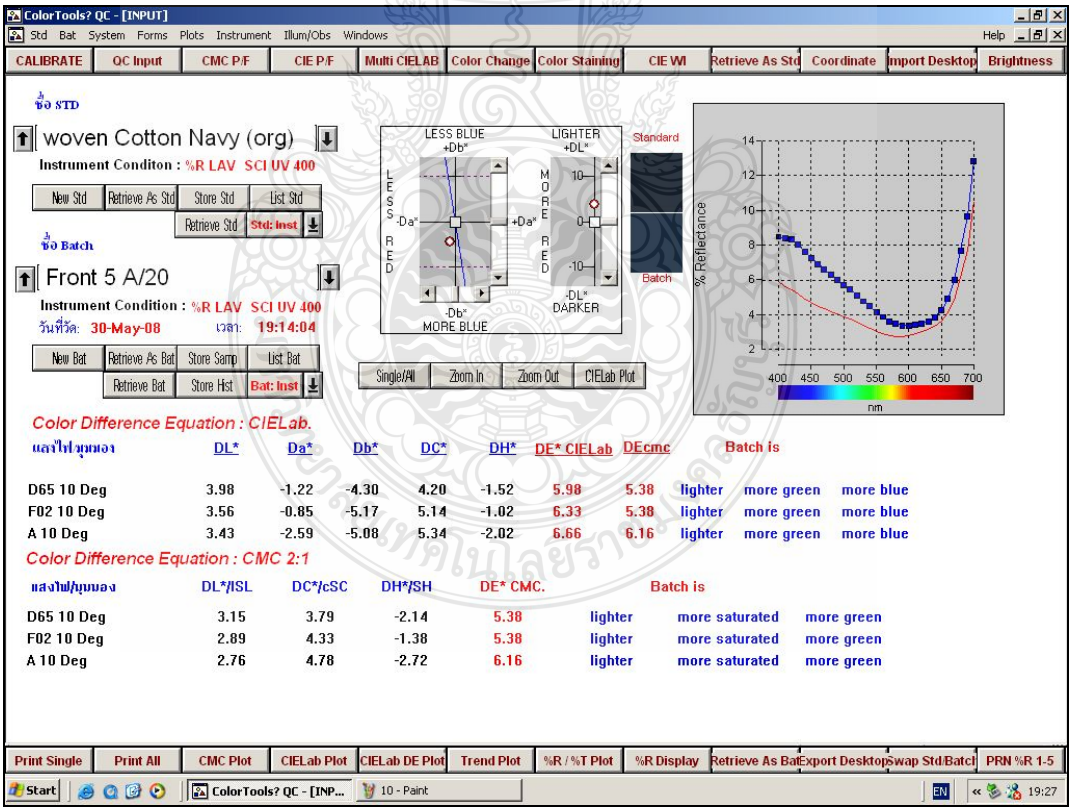
รูปที่ ข2 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



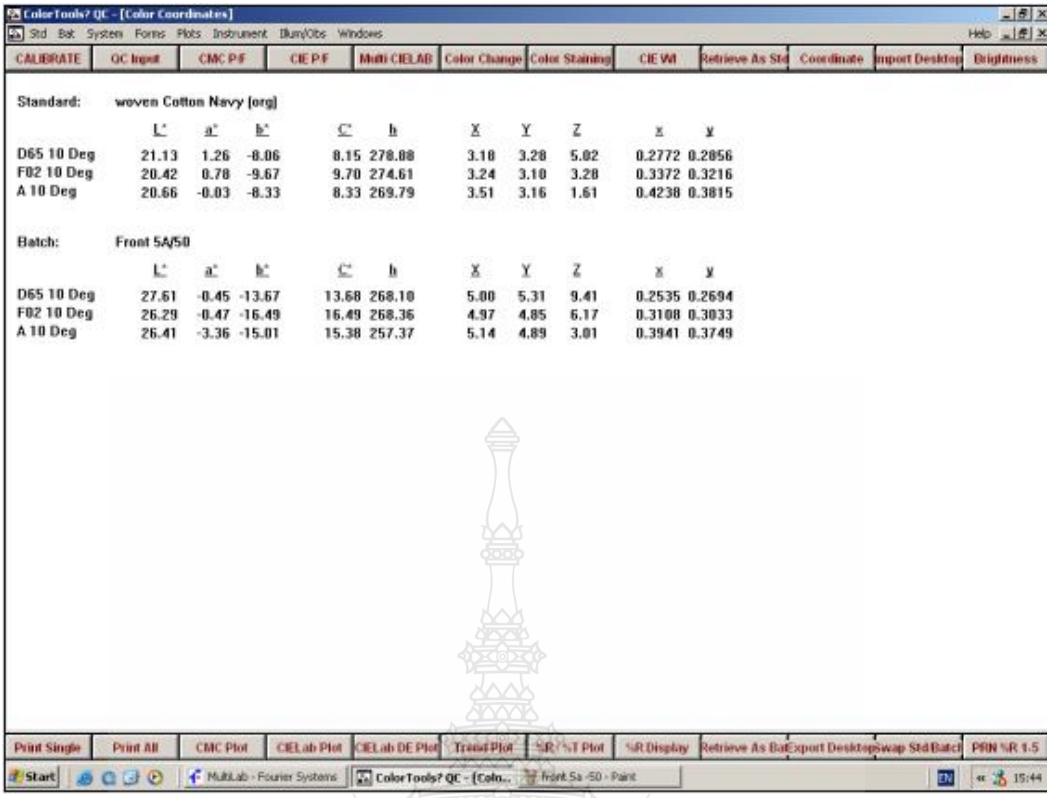


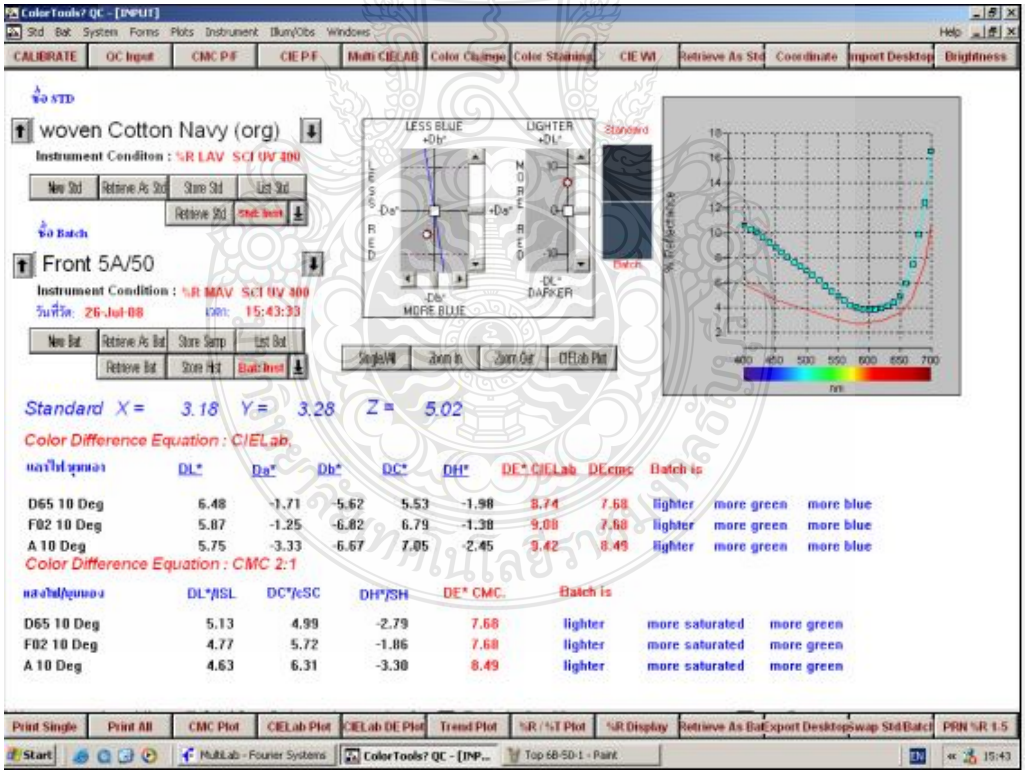
รูปที่ ข3 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



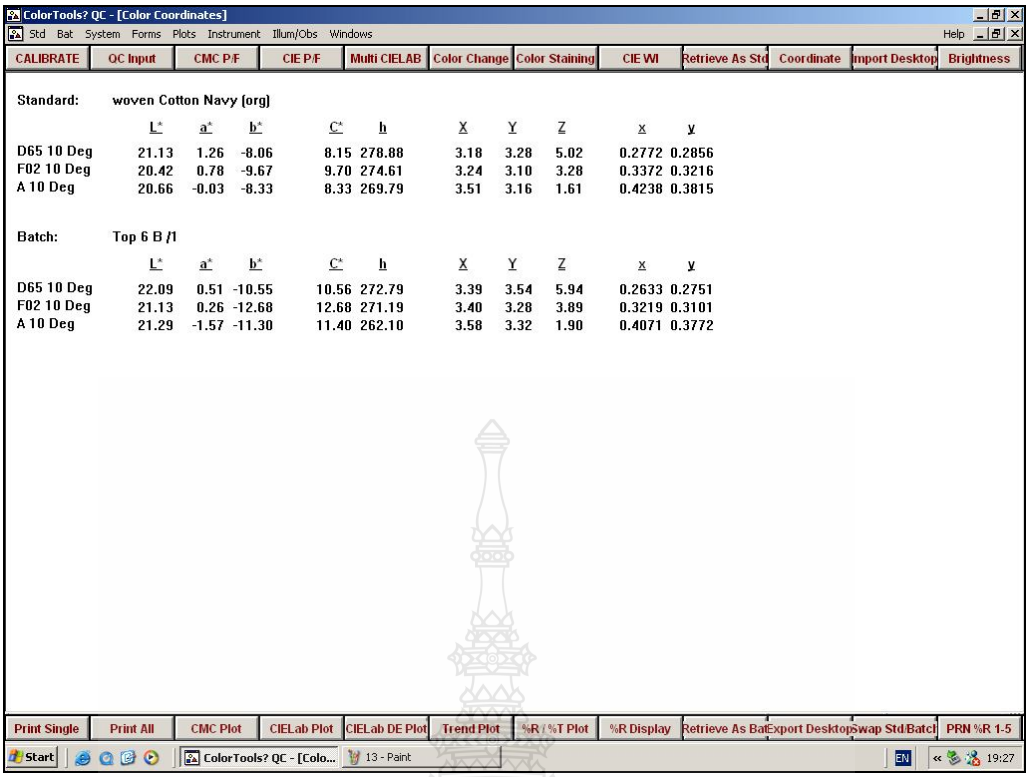


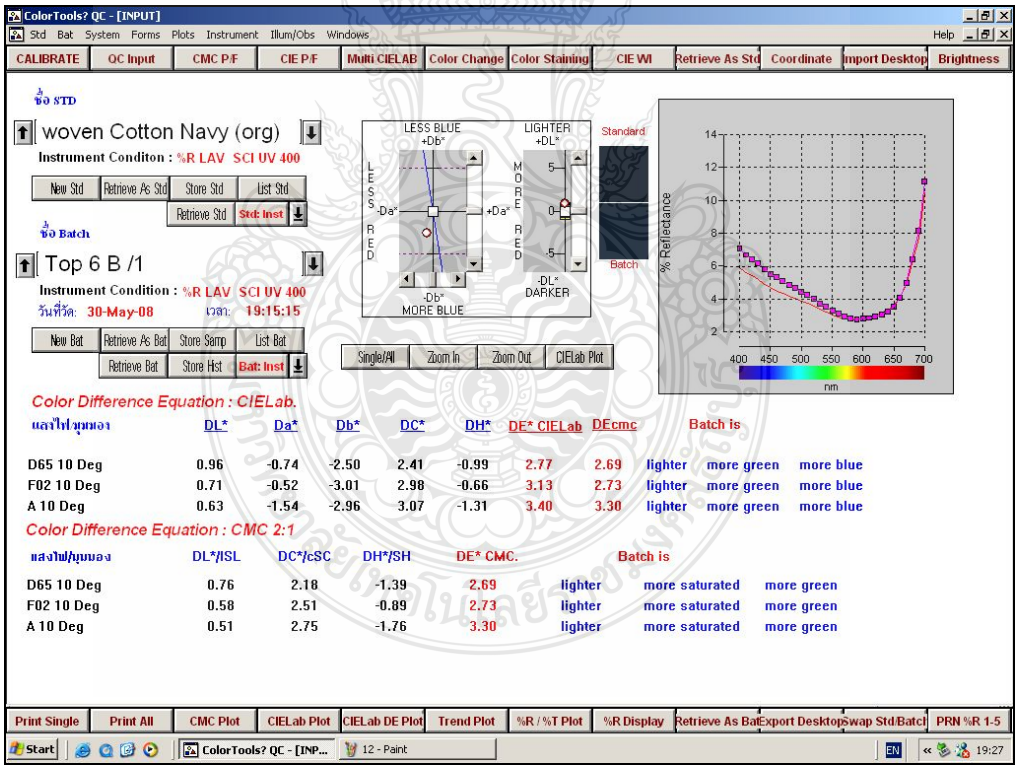
รูปที่ ข4 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



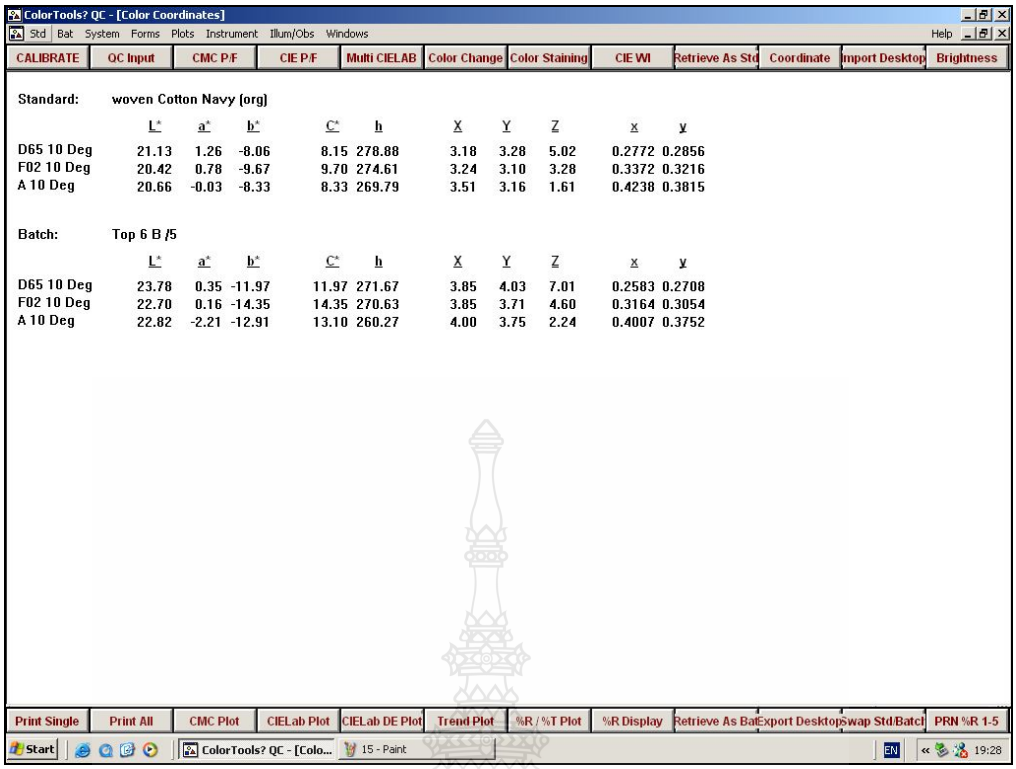


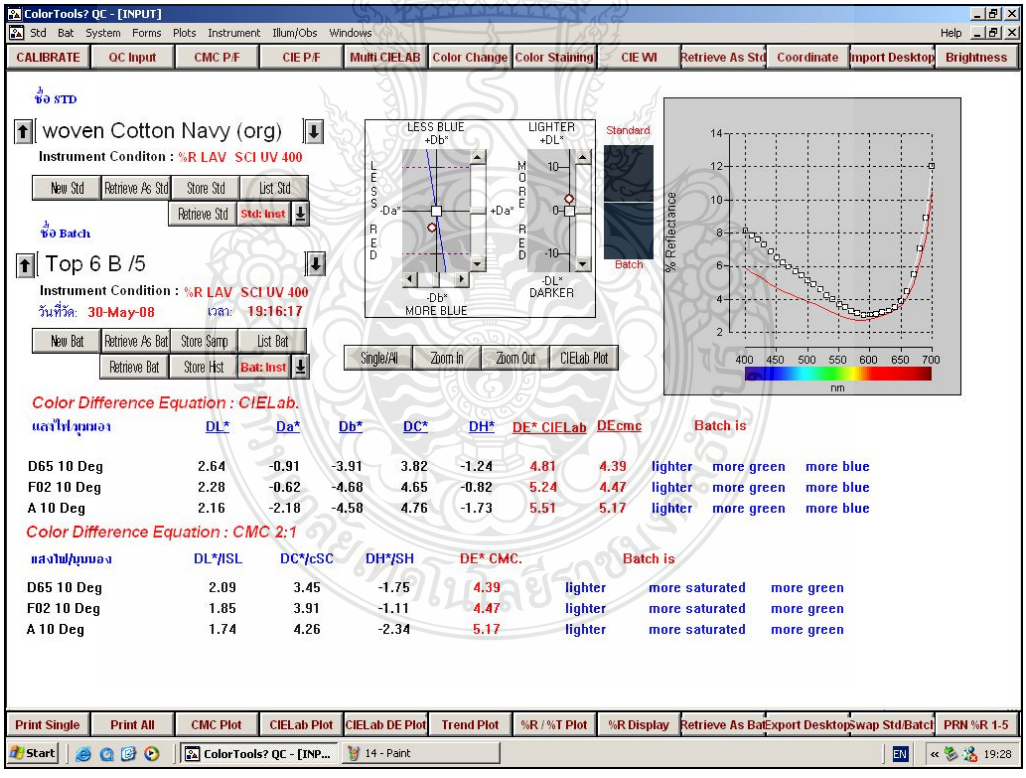
รูปที่ ข5 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



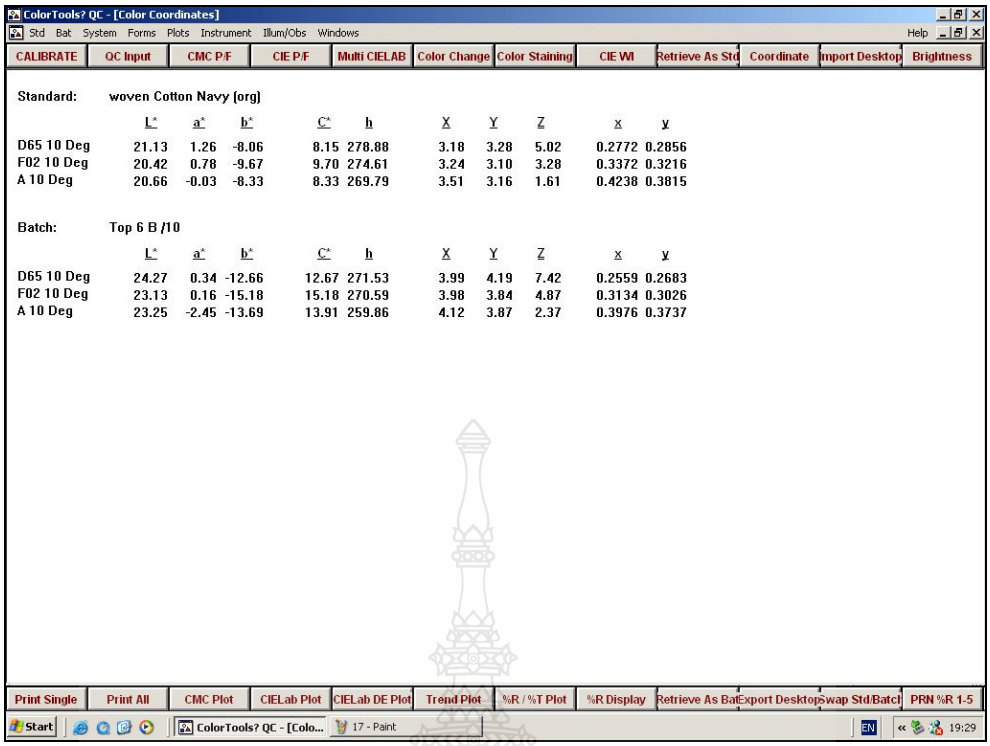


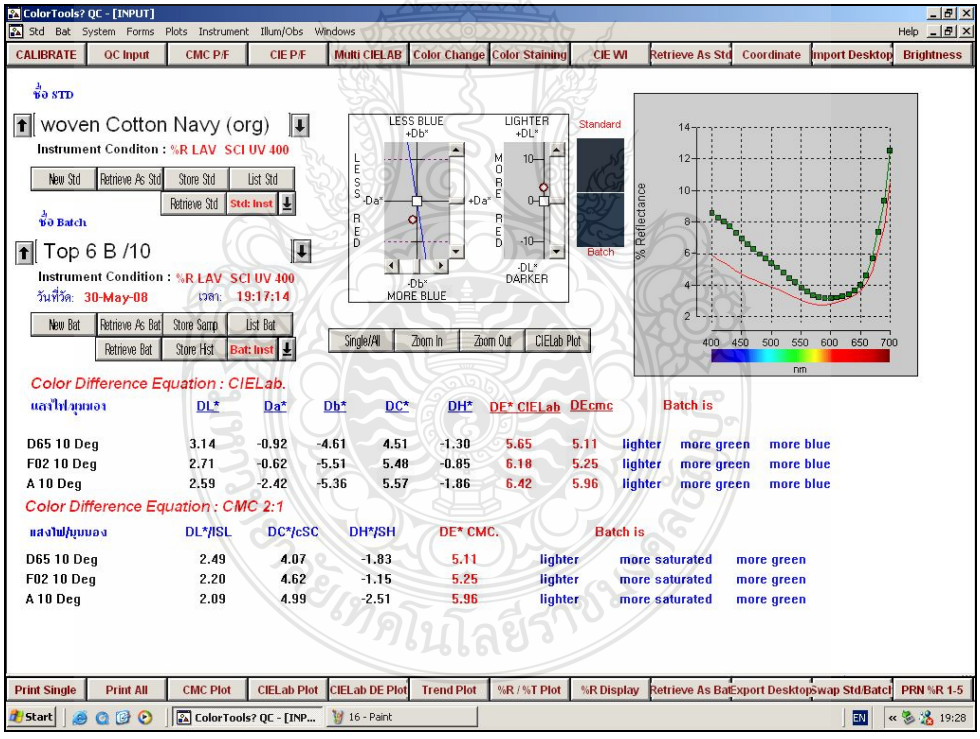
รูปที่ ข6 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก 1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



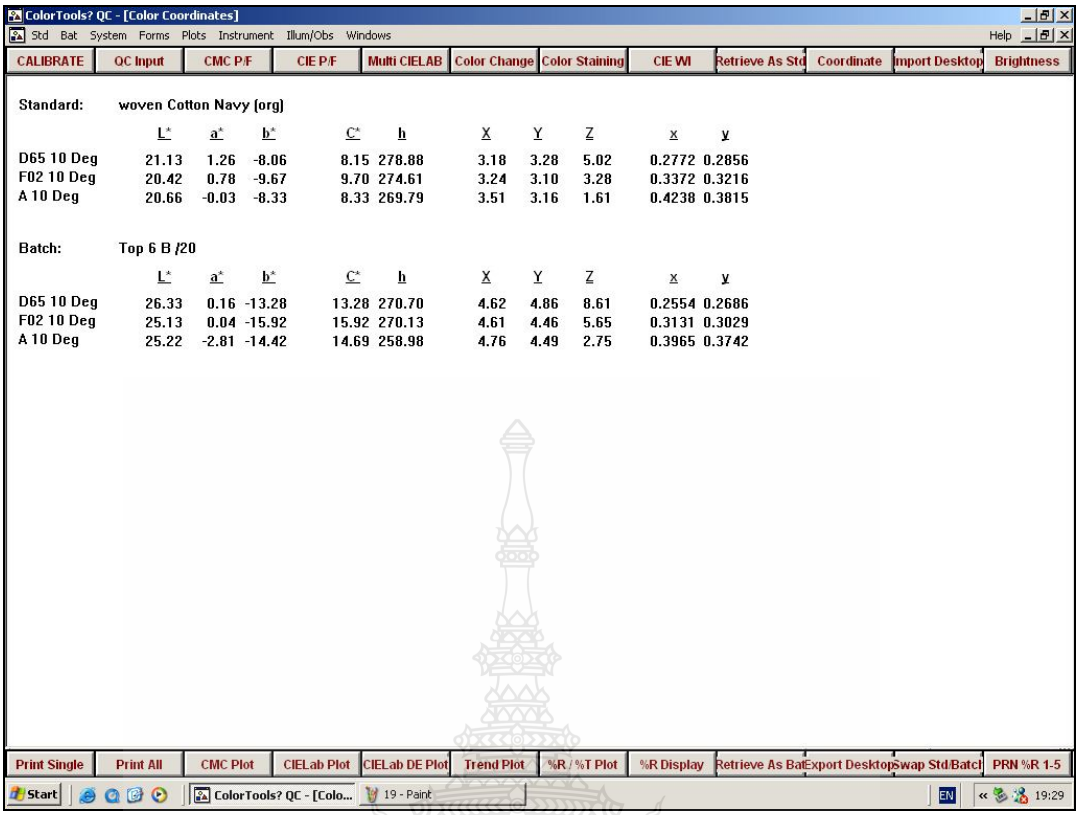


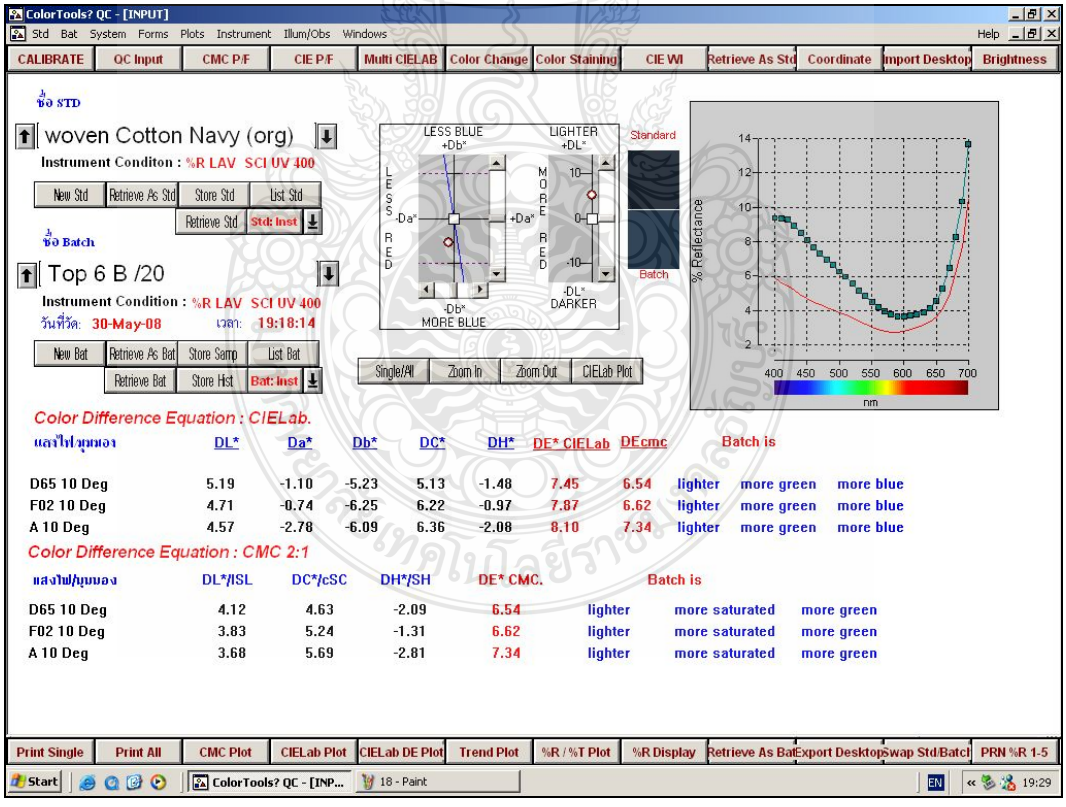
รูปที่ ข7 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



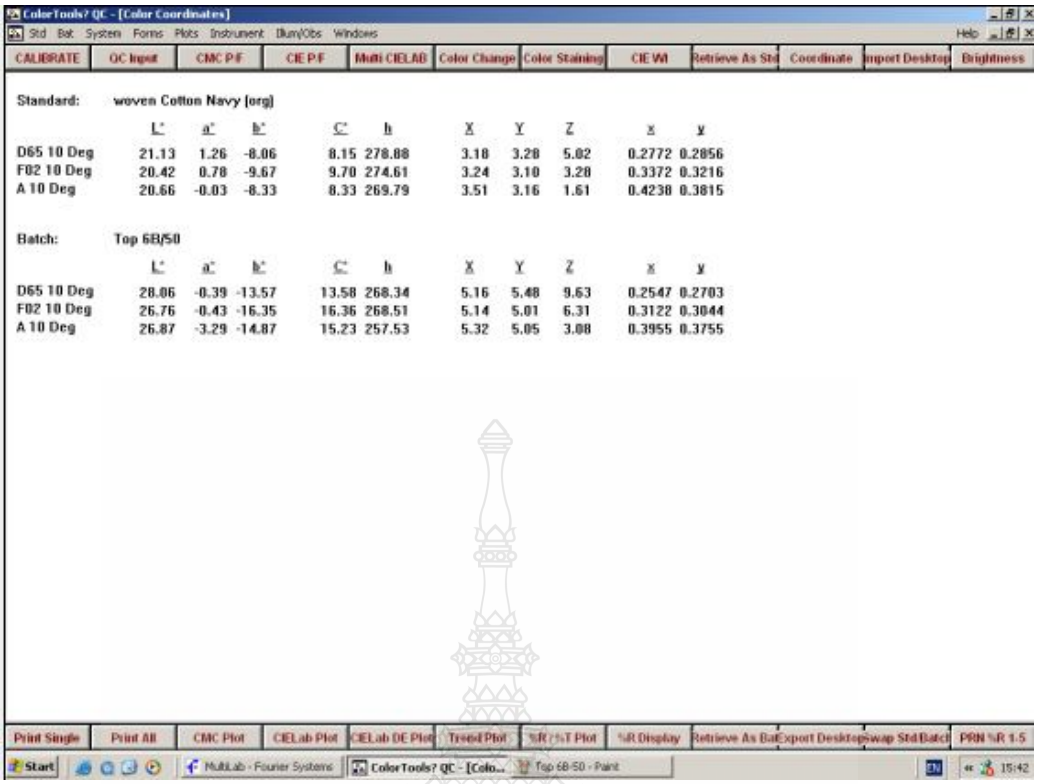


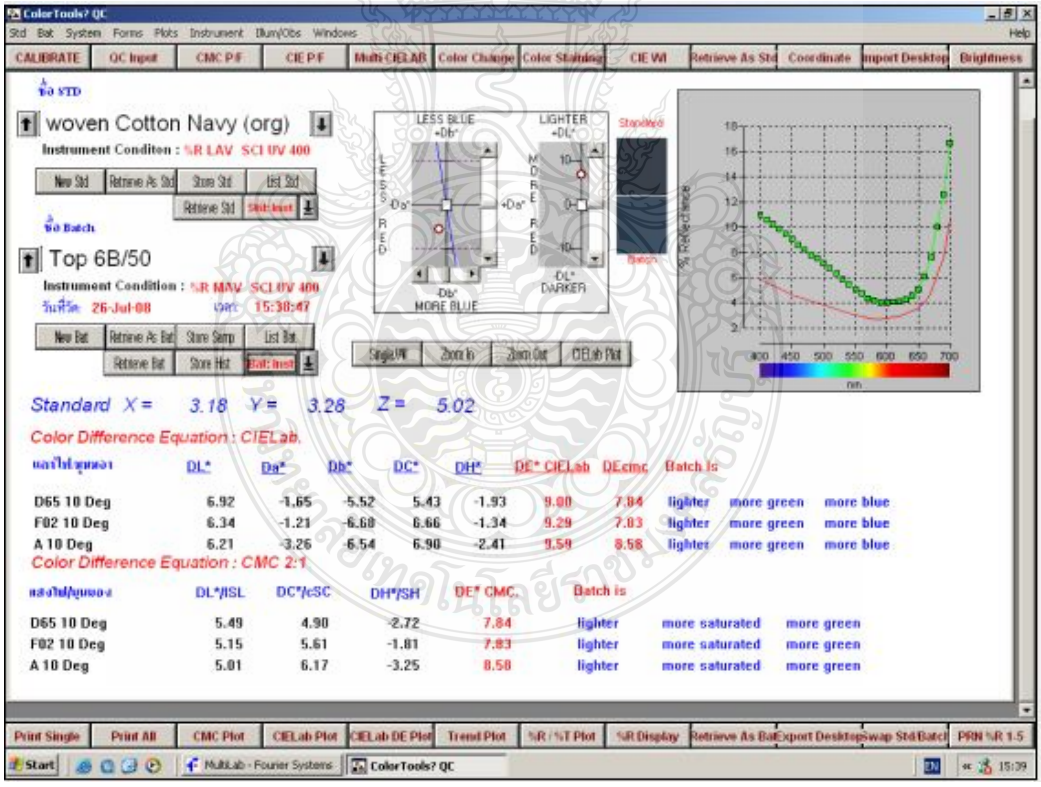
รูปที่ ข8 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน





รูปที่ ข9 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซักด้วย 20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน





รูปที่ ข10 การเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่ผ่านการซัก 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: --	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: Orginal	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 19/7/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 20	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 66		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	340.8
- warp 2	318.9
- warp 3	325.3
- warp 4	329.5
- warp 5	332.2
Mean	**329.3**
Std.Dev.	**8.13714**
Coe.Var.	**2.471**

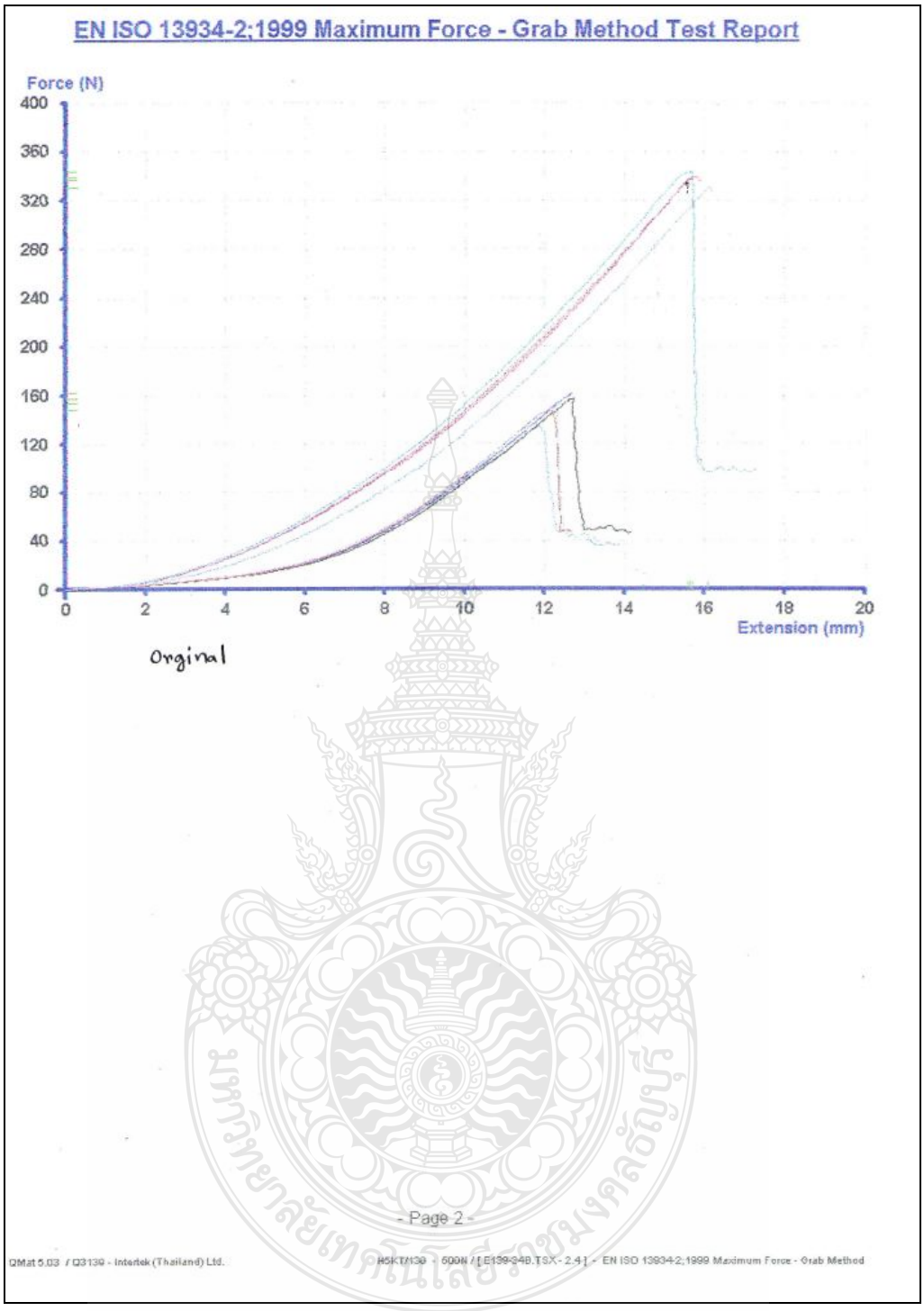
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	158.4
- weft 2	156.5
- weft 3	148.6
- weft 4	147.7
- weft 5	147.6
Mean	**151.8**
Std.Dev.	**5.25195**
Coe.Var.	**3.461**

- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q3139 - Intertek/Thailand Ltd. HSKT:139 - 500N / [E139-348.TSX-2.4] - EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force -Grab Method

รูปที่ ข11 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าก่อนซัก



รูปที่ ข12 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าก่อนซัก

EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Front Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *1 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 19/7/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 20	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 66		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	325.8
- warp 2	315.5
- warp 3	332.5
- warp 4	319.6
- warp 5	327.7
Mean	**324.2**
Std.Dev.	**6.71841**
Coe.Var.	**2.072**

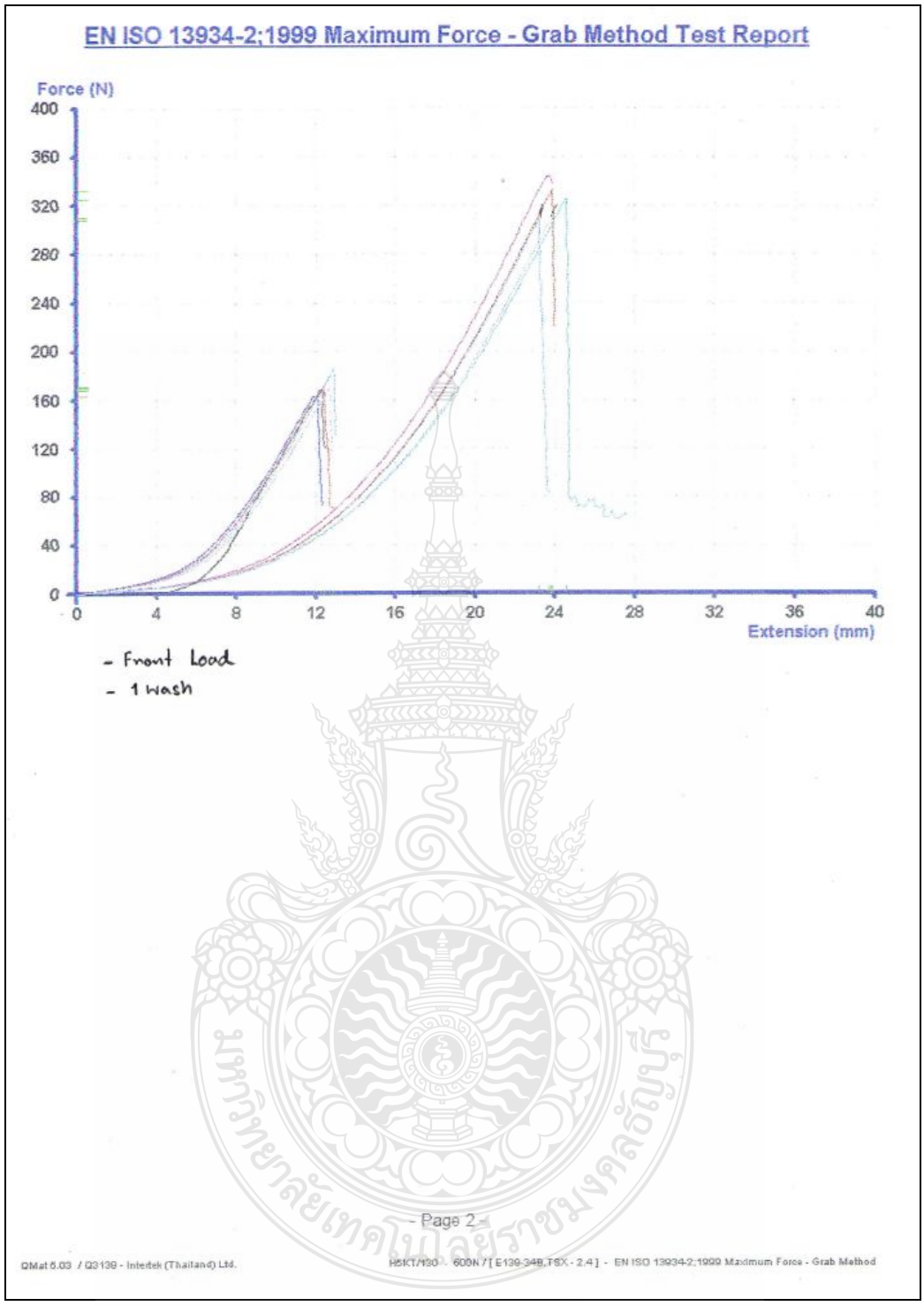
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	176.9
- weft 2	178.2
- weft 3	169.5
- weft 4	173.2
- weft 5	173.6
Mean	**174.3**
Std.Dev.	**3.41716**
Coe.Var.	**1.961**

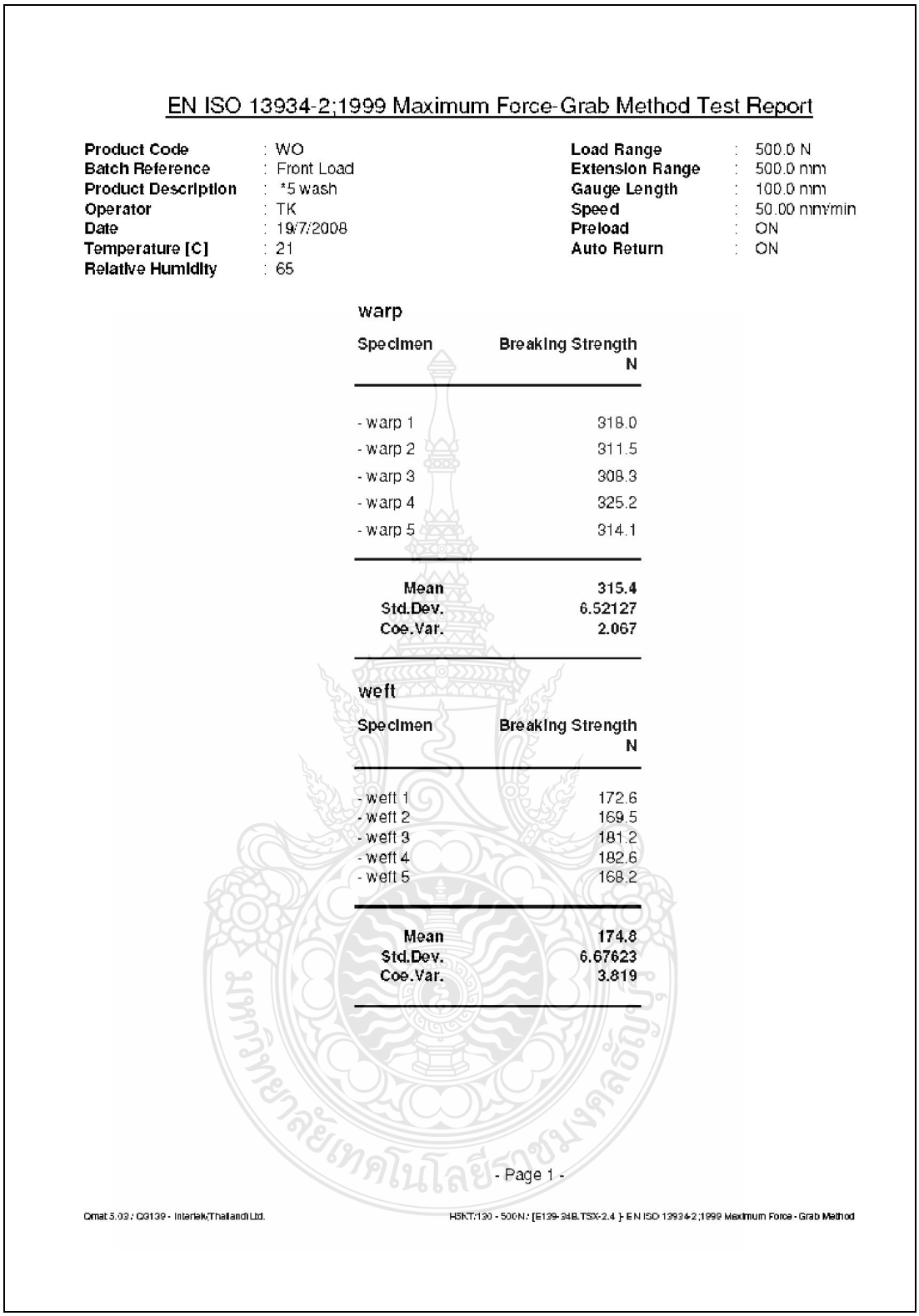
- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q3139 - IntertekThailandLtd. H5KT/130 - 500N / [E139-34B.TSX-2.4] - EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force -Grab Method

รูปที่ ข13 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก1รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ ข14 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ผ่านการซัก1รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Front Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *5 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 19/7/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 21	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	318.0
- warp 2	311.5
- warp 3	308.3
- warp 4	325.2
- warp 5	314.1
Mean	**315.4**
Std.Dev.	**6.52127**
Coe.Var.	**2.067**

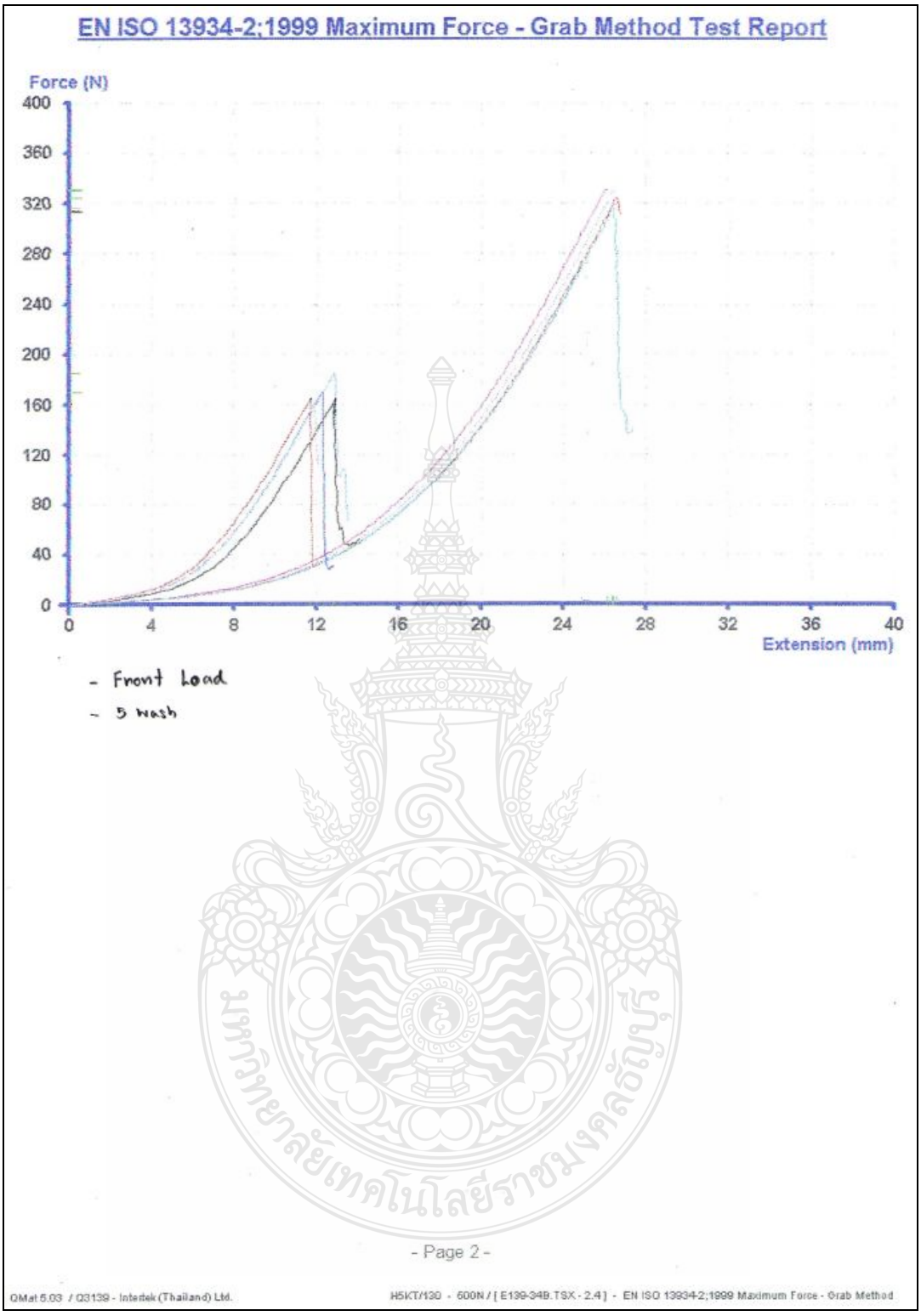
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	172.6
- weft 2	169.5
- weft 3	181.2
- weft 4	182.6
- weft 5	168.2
Mean	**174.8**
Std.Dev.	**6.67623**
Coe.Var.	**3.819**

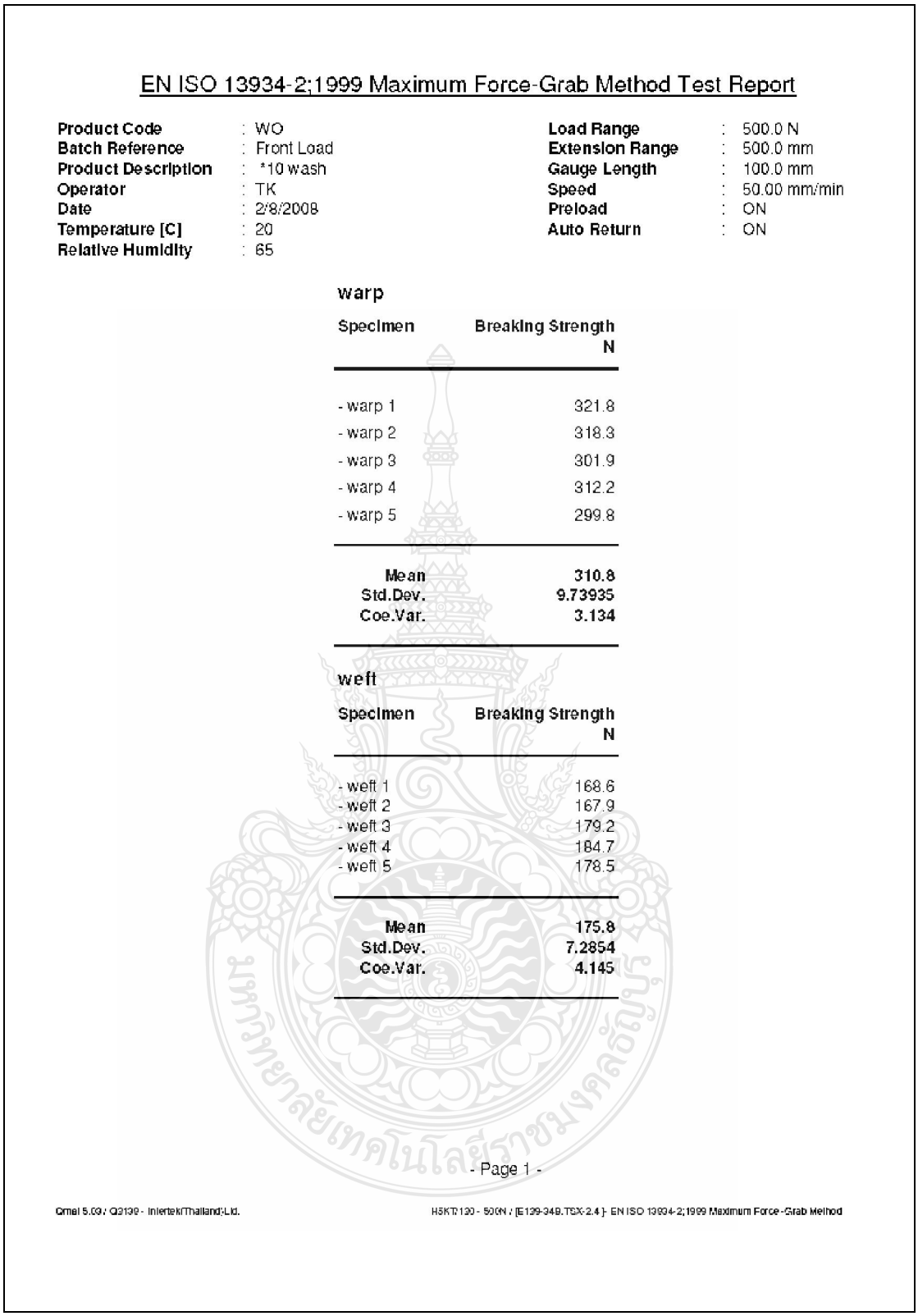
- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q9139 - Intertek/Thailand Ltd. H5KT:100 - 500N / [E139-34B.TSX-2.4]- E N ISO 13934-2;1999 Maximum Force - Grab Method

รูปที่ ข15 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ ข16 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Front Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *10 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 2/9/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 20	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	321.8
- warp 2	318.3
- warp 3	301.9
- warp 4	312.2
- warp 5	299.8
Mean	**310.8**
Std.Dev.	**9.73935**
Coe.Var.	**3.134**

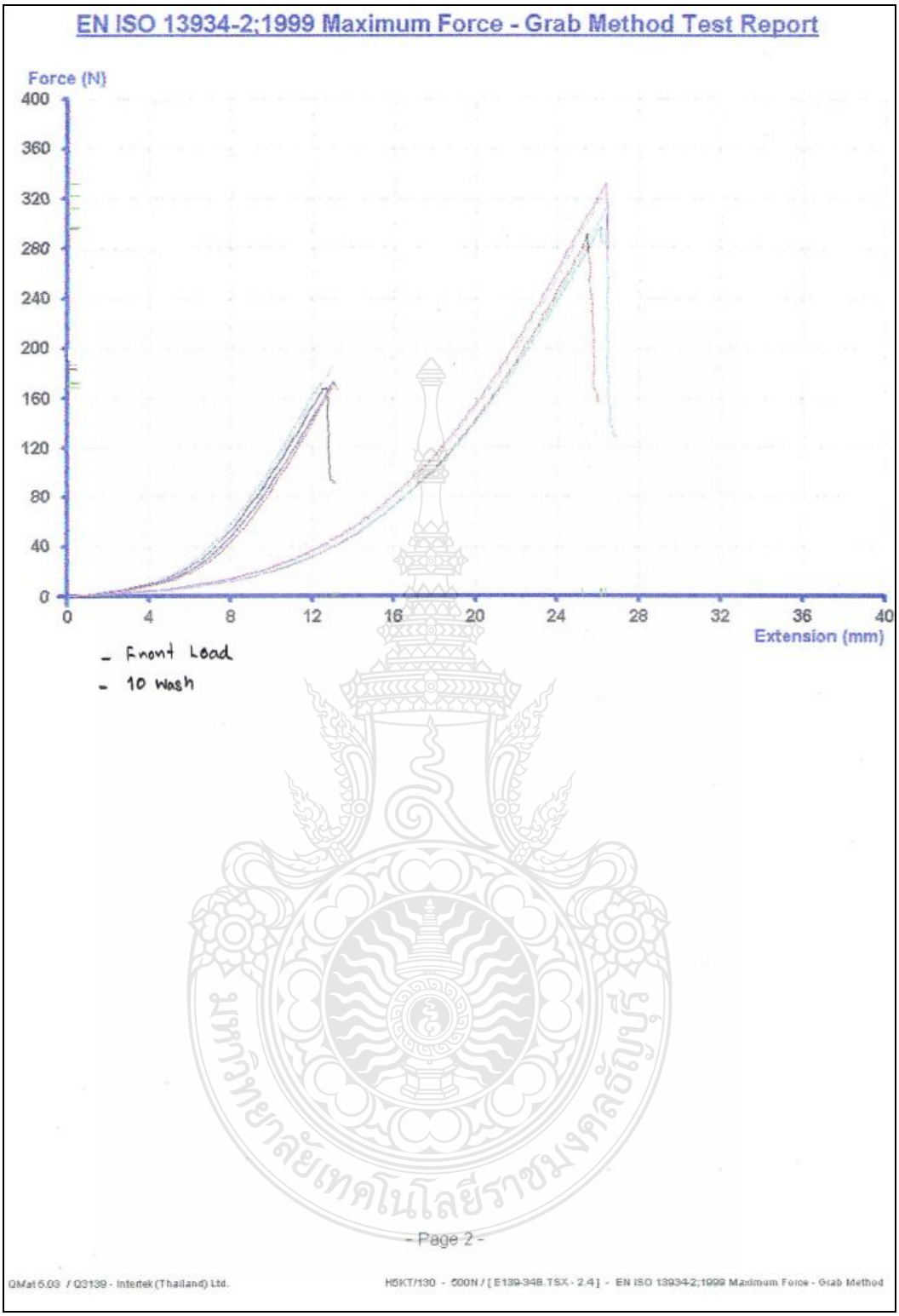
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	168.6
- weft 2	167.9
- weft 3	179.2
- weft 4	184.7
- weft 5	178.5
Mean	**175.8**
Std.Dev.	**7.2854**
Coe.Var.	**4.145**

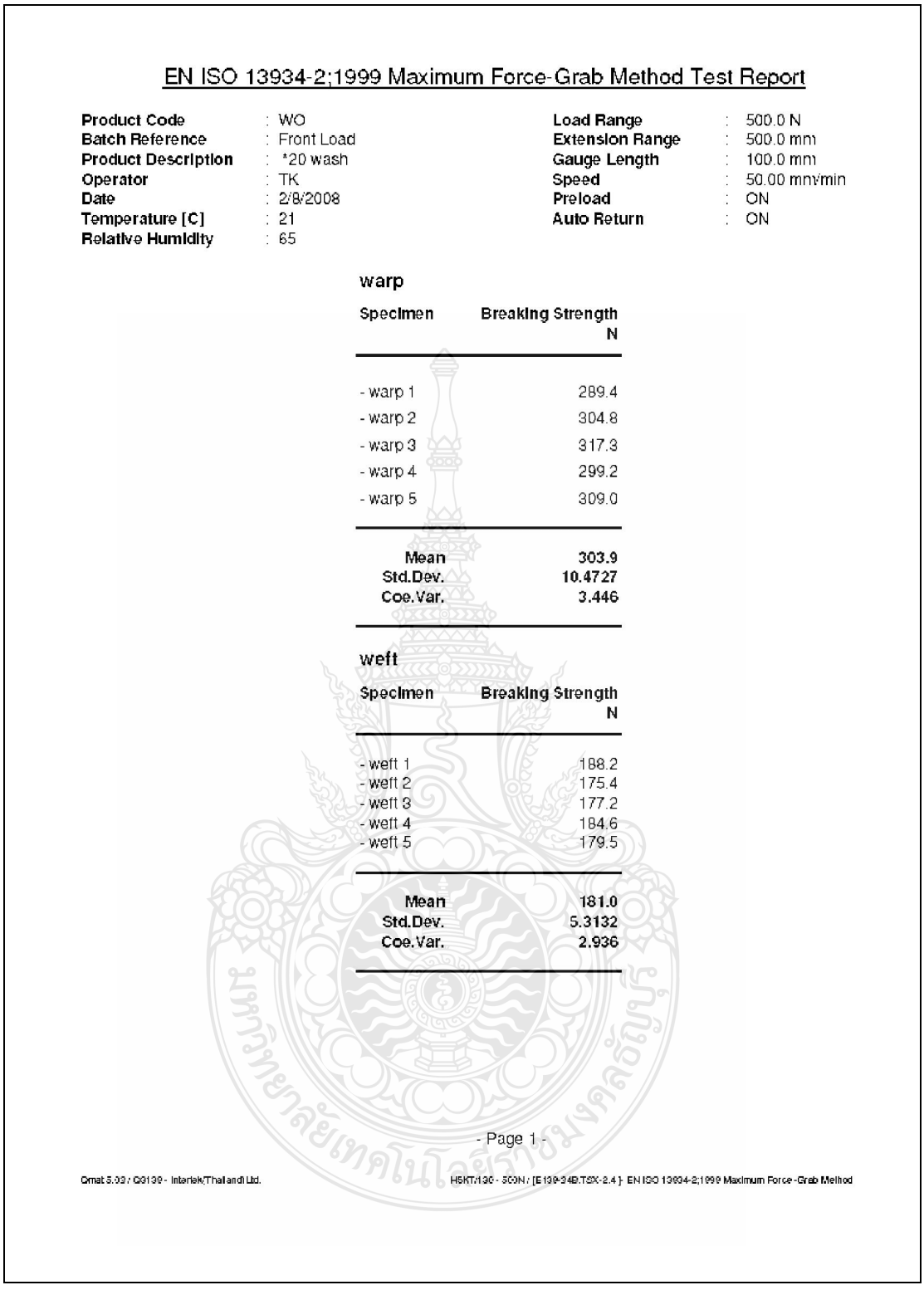
- Page 1 -

Qmat 5.09 / Q3139 - Intertek/Thailand;Ltd. H5KT130 - 500N / [E139-348.TSX-2.4]- EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method

รูปที่ ข17 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ ผ้าด้านหน้า



รูปที่ ข18 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Front Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *20 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 2/8/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 21	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	289.4
- warp 2	304.8
- warp 3	317.3
- warp 4	299.2
- warp 5	309.0
Mean	**303.9**
Std.Dev.	**10.4727**
Coe.Var.	**3.446**

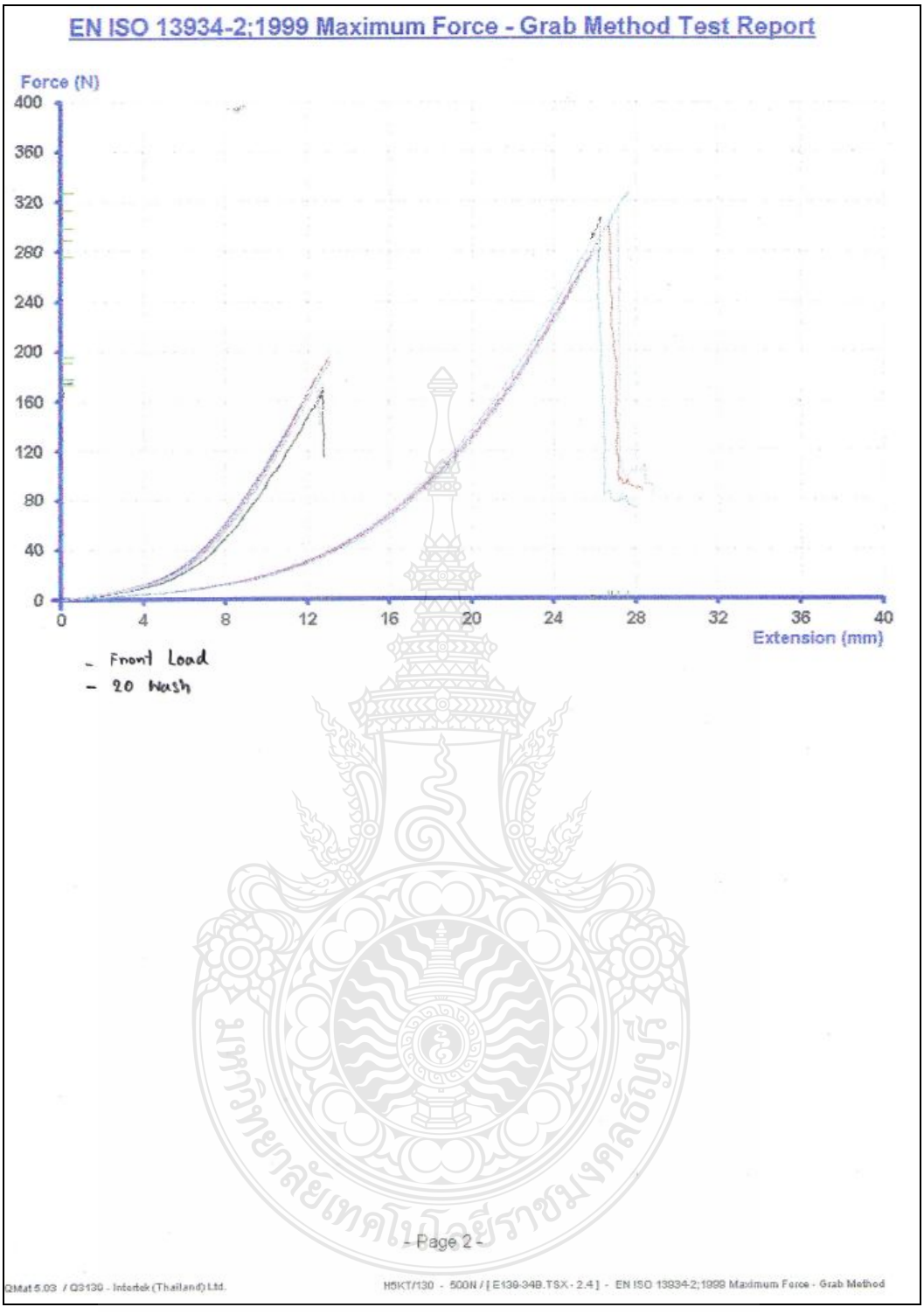
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	188.2
- weft 2	175.4
- weft 3	177.2
- weft 4	184.6
- weft 5	179.5
Mean	**181.0**
Std.Dev.	**5.3132**
Coe.Var.	**2.936**

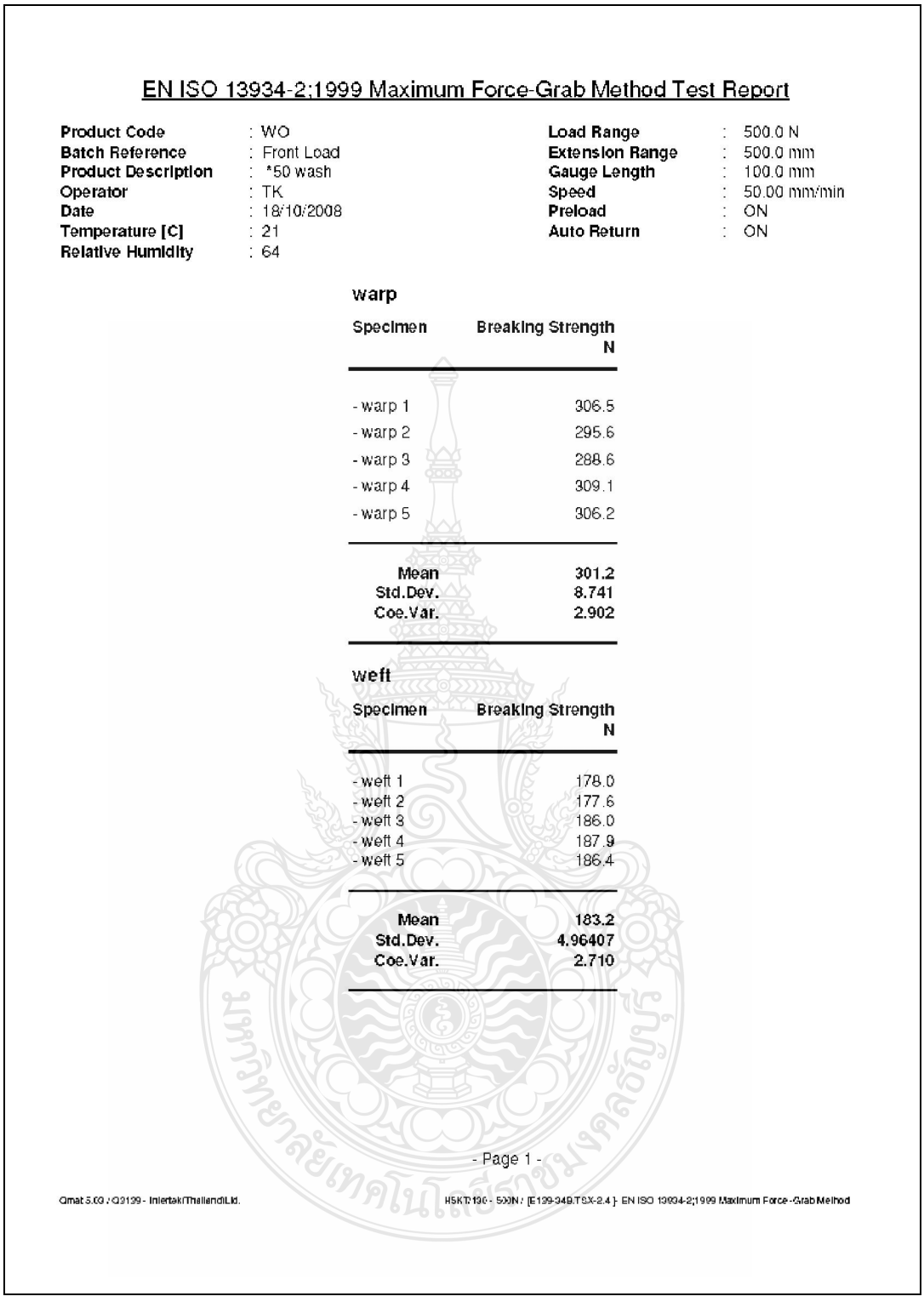
- Page 1 -

Qmat 5.02 / Q3139 - Intertek/Thailand Ltd. H5KT:/130 - SCON / [E139-34B.TSX-2.4]- EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method

รูปที่ ข19 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าที่ผ่านการซัก20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ ข20 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก 20 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Front Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *50 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 18/10/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 21	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 64		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	306.5
- warp 2	295.6
- warp 3	288.6
- warp 4	309.1
- warp 5	306.2
Mean	**301.2**
Std.Dev.	**8.741**
Coe.Var.	**2.902**

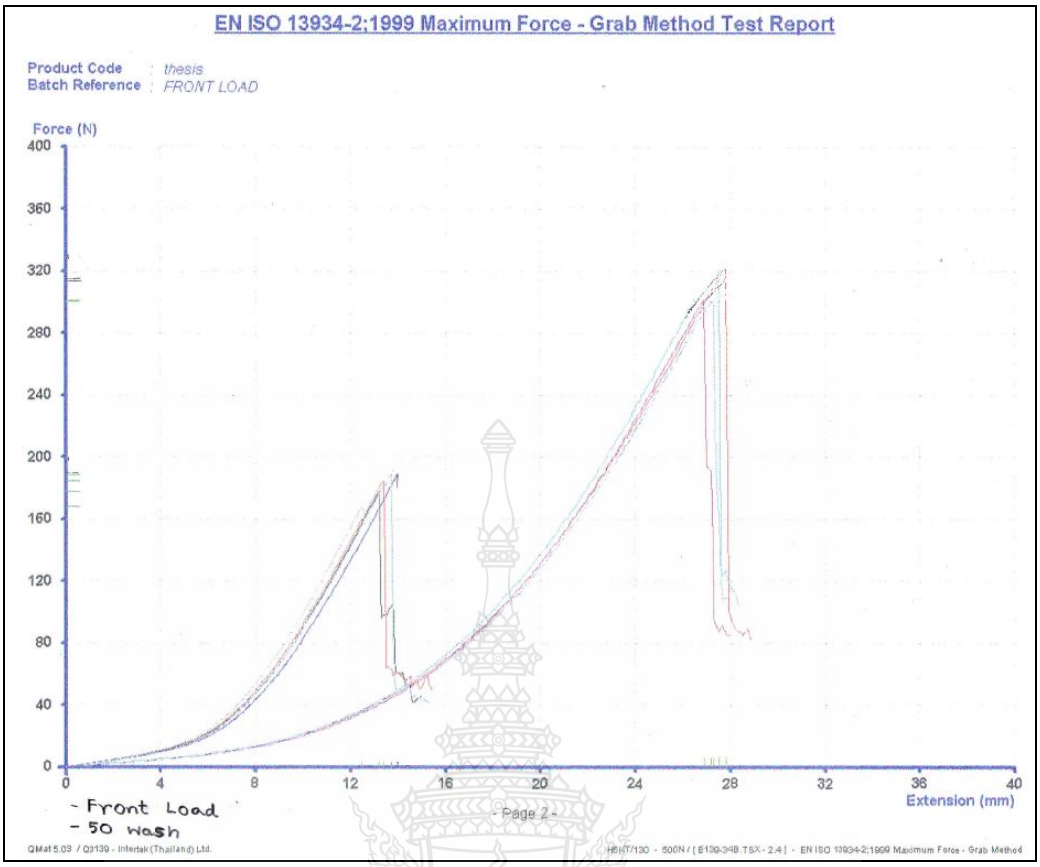
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	178.0
- weft 2	177.6
- weft 3	186.0
- weft 4	187.9
- weft 5	186.4
Mean	**183.2**
Std.Dev.	**4.96407**
Coe.Var.	**2.710**

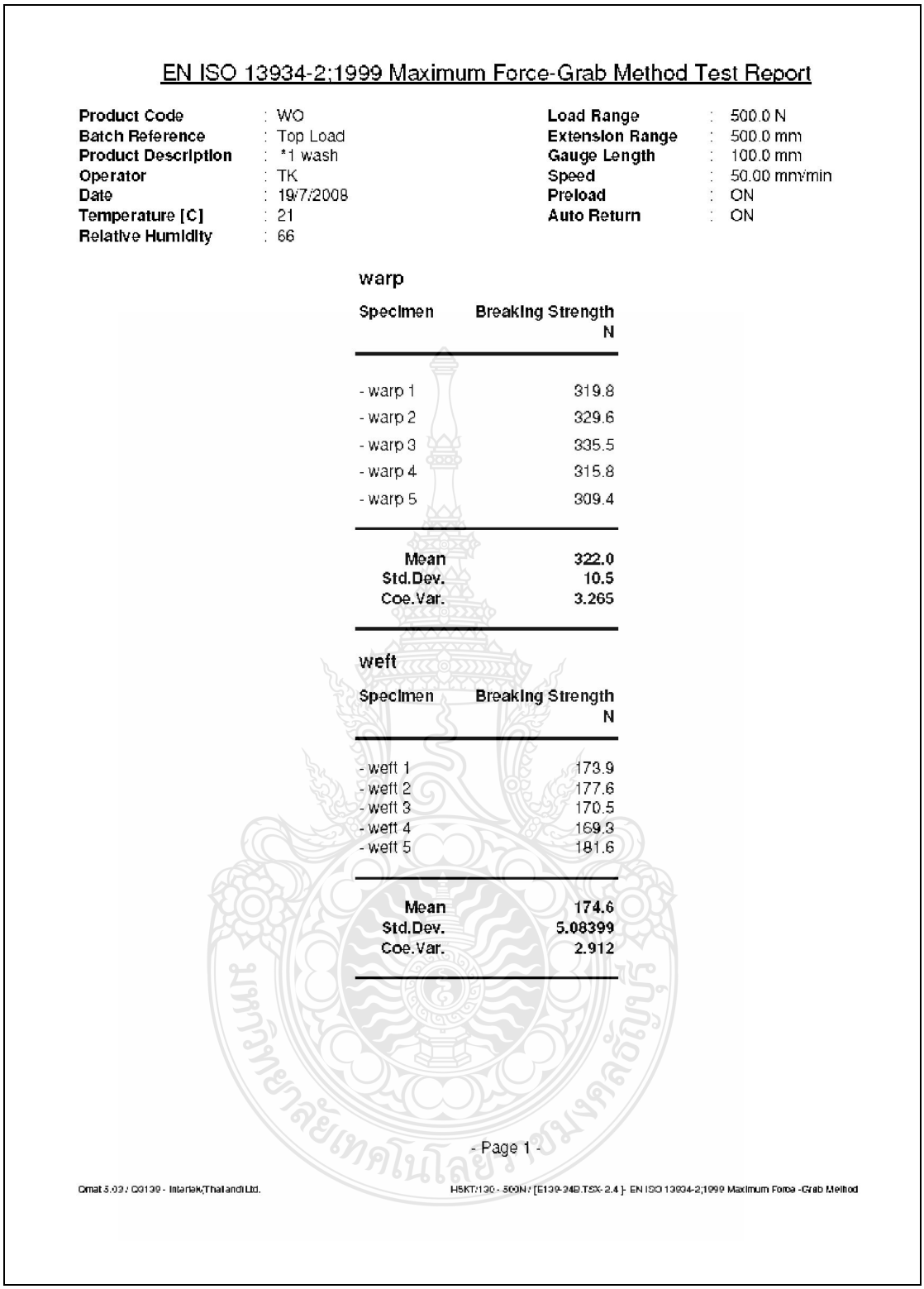
- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q3139 - Intertek Thailand Ltd. H5KT100 - 500N : [E139-34B.TSX-2.4] - EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force - Grab Method

รูปที่ ข21 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ ข22 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก 50 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13934-2:1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Top Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *1 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 19/7/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 21	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 66		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	319.8
- warp 2	329.6
- warp 3	335.5
- warp 4	315.8
- warp 5	309.4
Mean	**322.0**
Std.Dev.	**10.5**
Coe.Var.	**3.265**

weft

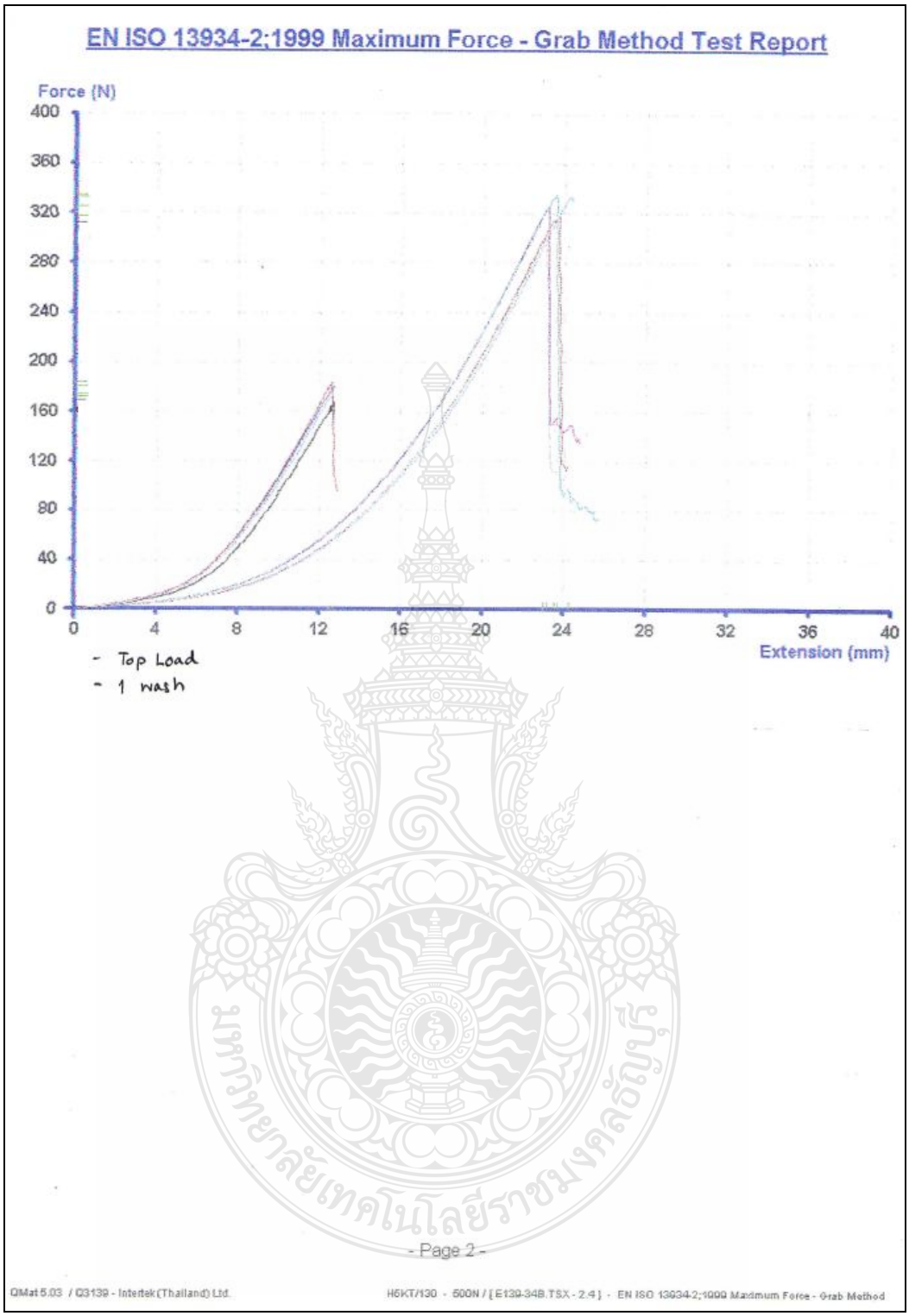
Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	173.9
- weft 2	177.6
- weft 3	170.5
- weft 4	169.3
- weft 5	181.6
Mean	**174.6**
Std.Dev.	**5.08399**
Coe.Var.	**2.912**

- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q0139 - Intertek/Thailand Ltd.

H5KT:130 - 500N / [E139-34B.TSX-2.4]- EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force -Grab Method

รูปที่ ข23 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ ข24 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Top Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *5 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 19/7/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 20	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 64		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	317.9
- warp 2	305.1
- warp 3	312.2
- warp 4	318.8
- warp 5	327.2
Mean	**316.2**
Std.Dev.	**8.21359**
Coe.Var.	**2.597**

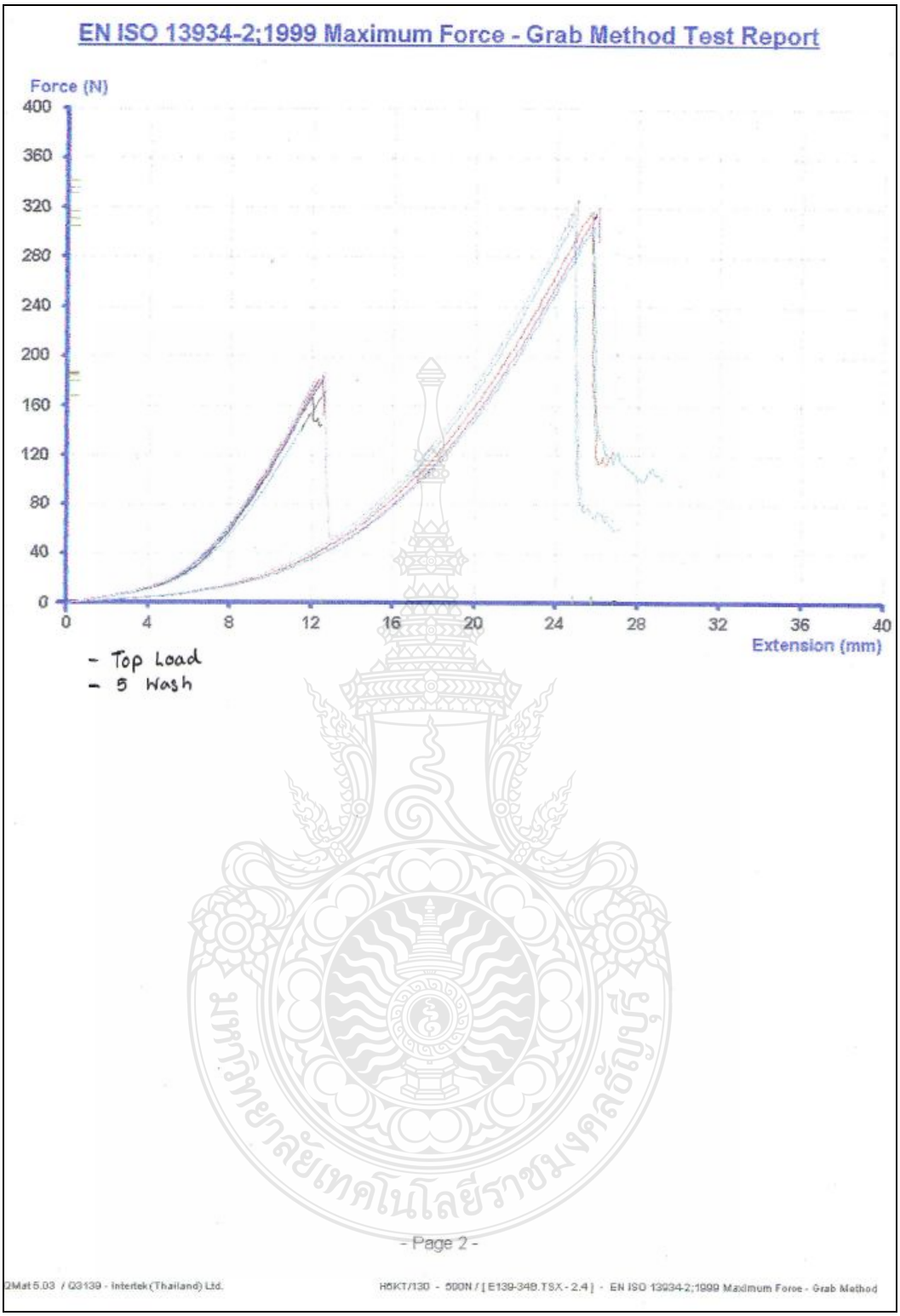
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	183.3
- weft 2	177.2
- weft 3	169.9
- weft 4	169.3
- weft 5	179.4
Mean	**175.8**
Std.Dev.	**6.08745**
Coe.Var.	**3.462**

- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q3139 - Intertek(Thailand)Ltd. HSKT:130 - 50ON / [E139-348.TSX-2.4]- EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method

รูปที่ ข25 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ ข26 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

EN ISO 13934-2:1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Top Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *10 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 2/8/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 20	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	308.9
- warp 2	304.1
- warp 3	319.5
- warp 4	313.5
- warp 5	307.6
Mean	**310.7**
Std.Dev.	**5.95164**
Coe.Var.	**1.915**

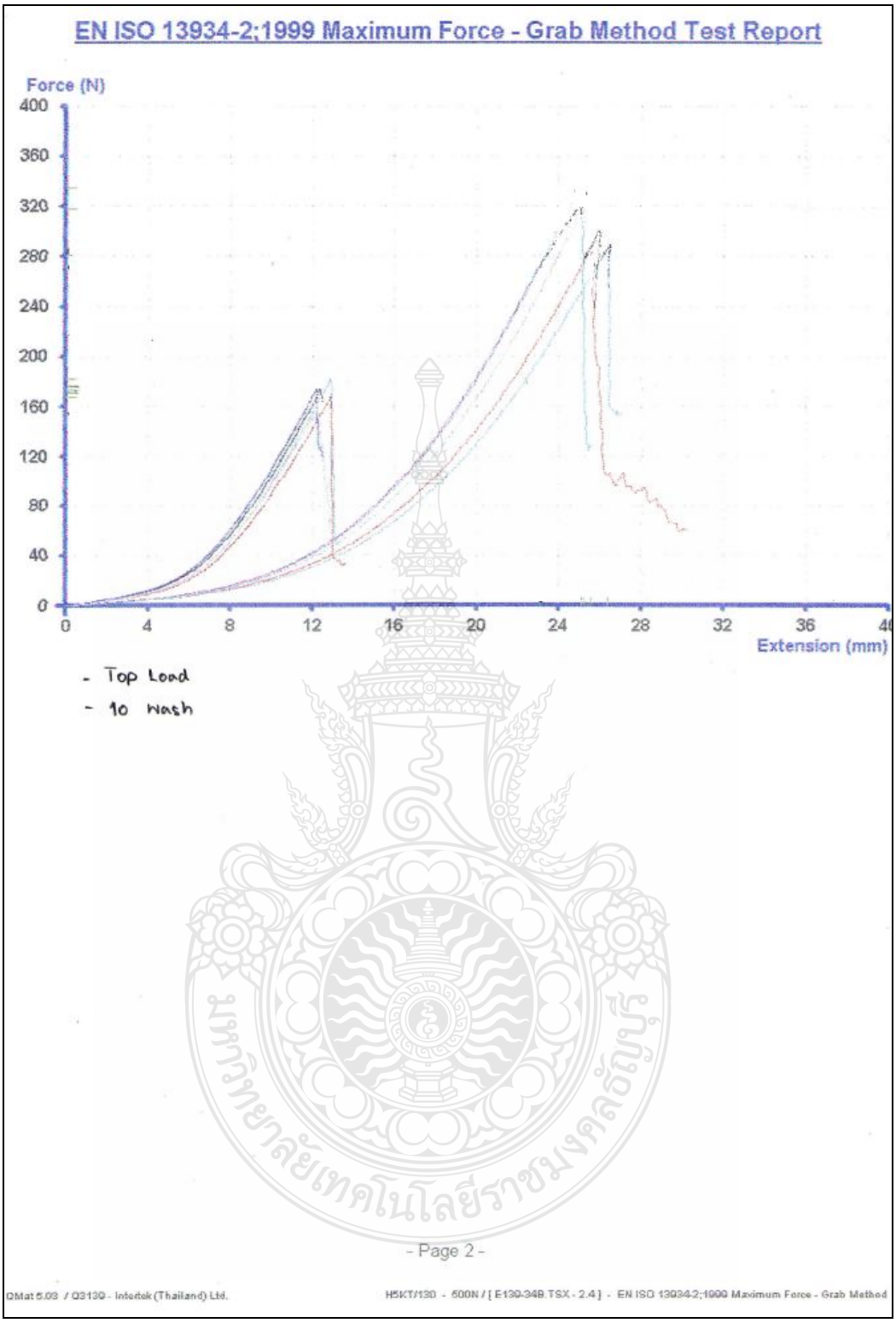
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	183.2
- weft 2	176.5
- weft 3	176.3
- weft 4	172.5
- weft 5	174.4
Mean	**176.6**
Std.Dev.	**4.04067**
Coe.Var.	**2.288**

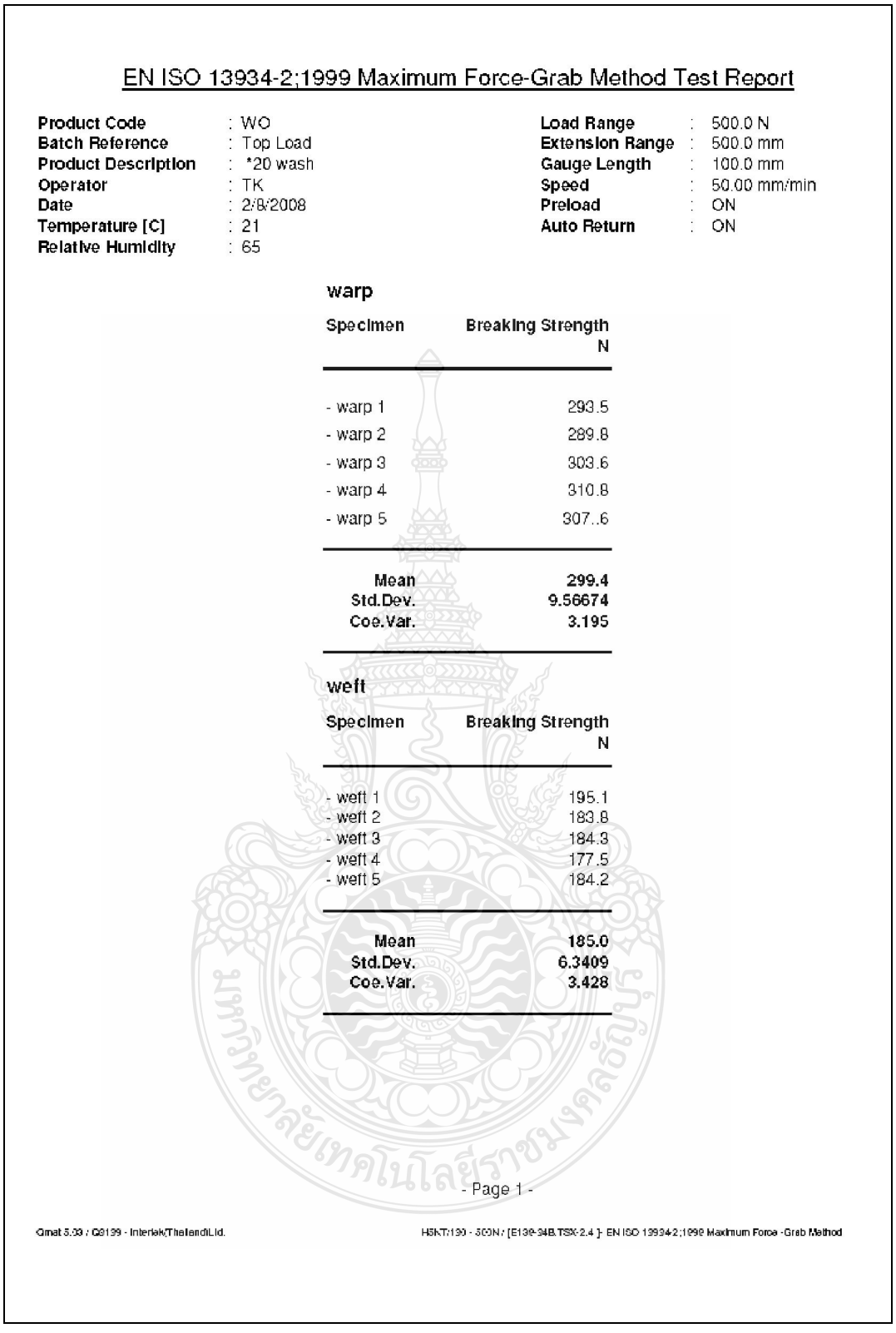
Qmat 5.09 / Q9199 - Intertek/Thailand Ltd.

H5KT130 - 3(ON) / [E139-94B.TSX-2.4] - EN ISO 13934-2:1999 Maximum Force -Grab Method

รูปที่ ข27 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ ข28 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Top Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *20 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 2/8/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 21	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	293.5
- warp 2	289.8
- warp 3	303.6
- warp 4	310.8
- warp 5	307..6
Mean	**299.4**
Std.Dev.	**9.56674**
Coe.Var.	**3.195**

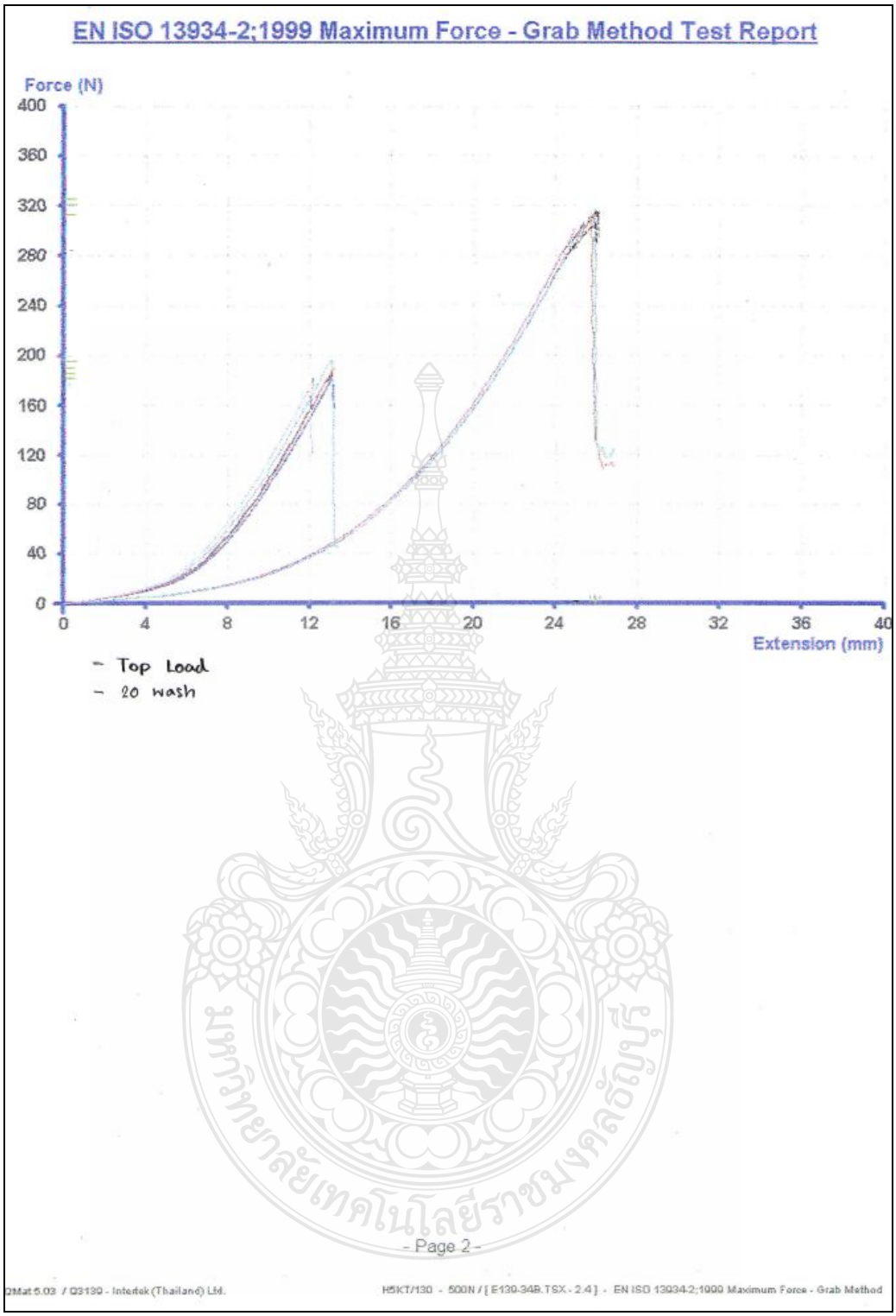
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	195.1
- weft 2	183.8
- weft 3	184.3
- weft 4	177.5
- weft 5	184.2
Mean	**185.0**
Std.Dev.	**6.3409**
Coe.Var.	**3.428**

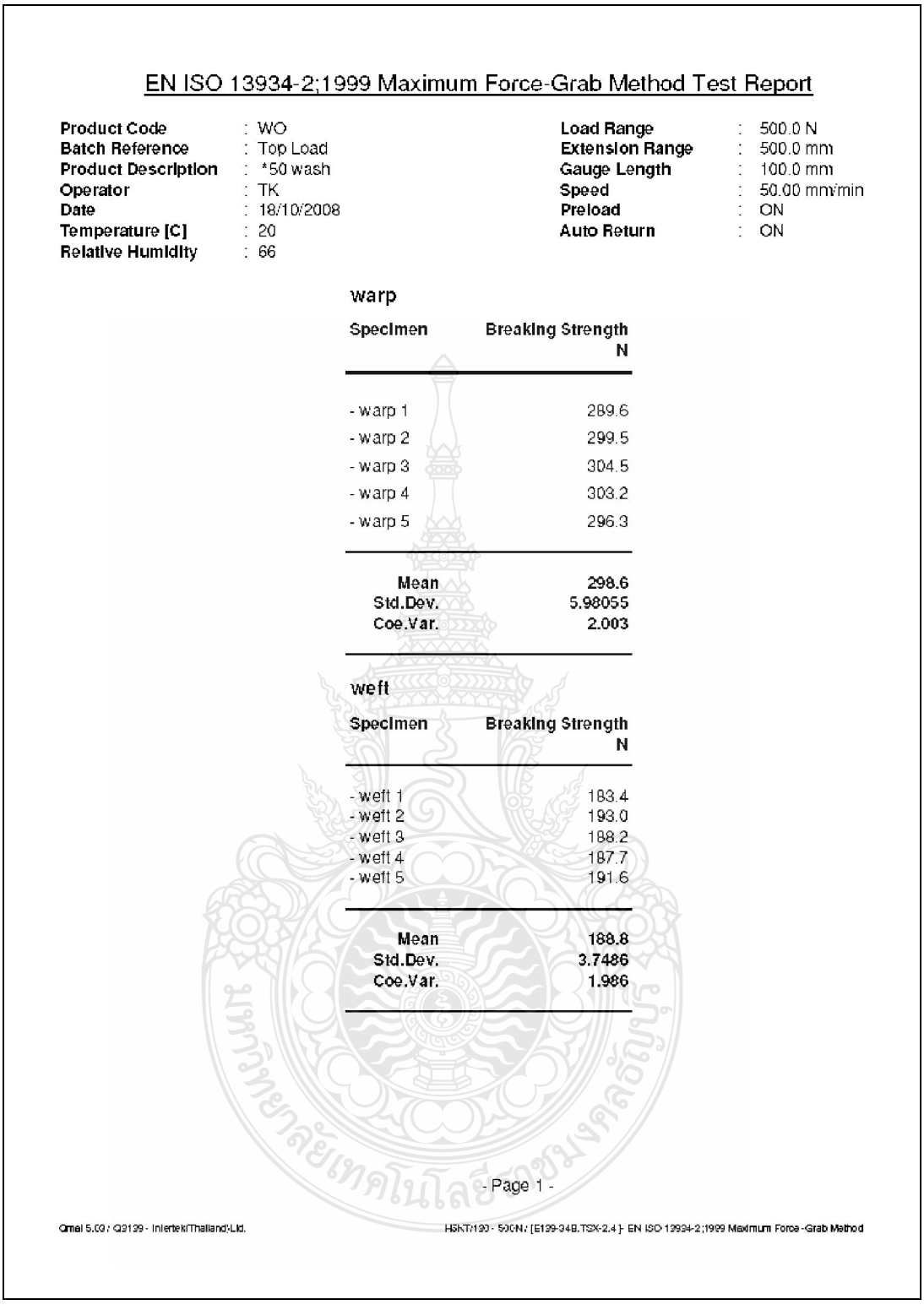
- Page 1 -

Qmat 5.03 / G2139 - Interlek/Thailand Ltd. HSNT:130 - SCON / [E139-34B.TSX-2.4]- EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force -Grab Method

รูปที่ ข29 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ ข30 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก 20 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 500.0 N
Batch Reference	: Top Load	**Extension Range**	: 500.0 mm
Product Description	: *50 wash	**Gauge Length**	: 100.0 mm
Operator	: TK	**Speed**	: 50.00 mm/min
Date	: 18/10/2008	**Preload**	: ON
Temperature [C]	: 20	**Auto Return**	: ON
Relative Humidity	: 66		

warp

Specimen	Breaking Strength N
- warp 1	289.6
- warp 2	299.5
- warp 3	304.5
- warp 4	303.2
- warp 5	296.3
Mean	**298.6**
Std.Dev.	**5.98055**
Coe.Var.	**2.003**

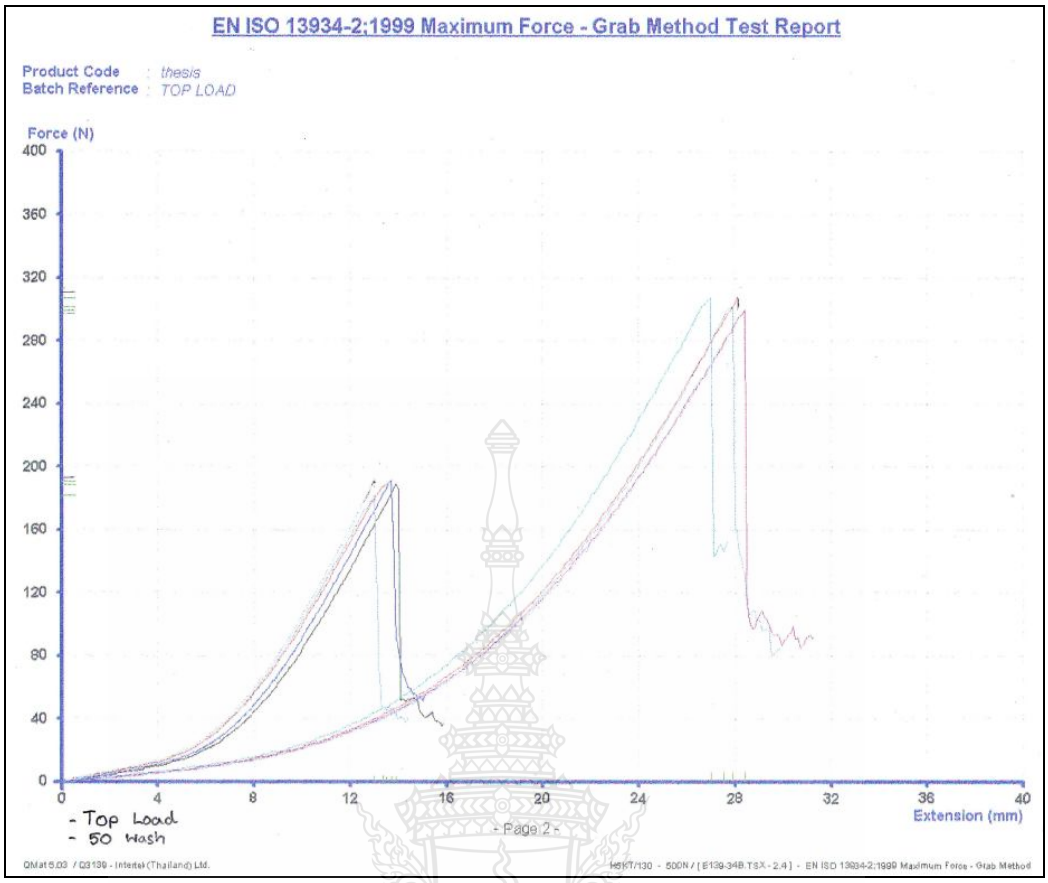
weft

Specimen	Breaking Strength N
- weft 1	183.4
- weft 2	193.0
- weft 3	188.2
- weft 4	187.7
- weft 5	191.6
Mean	**188.8**
Std.Dev.	**3.7486**
Coe.Var.	**1.986**

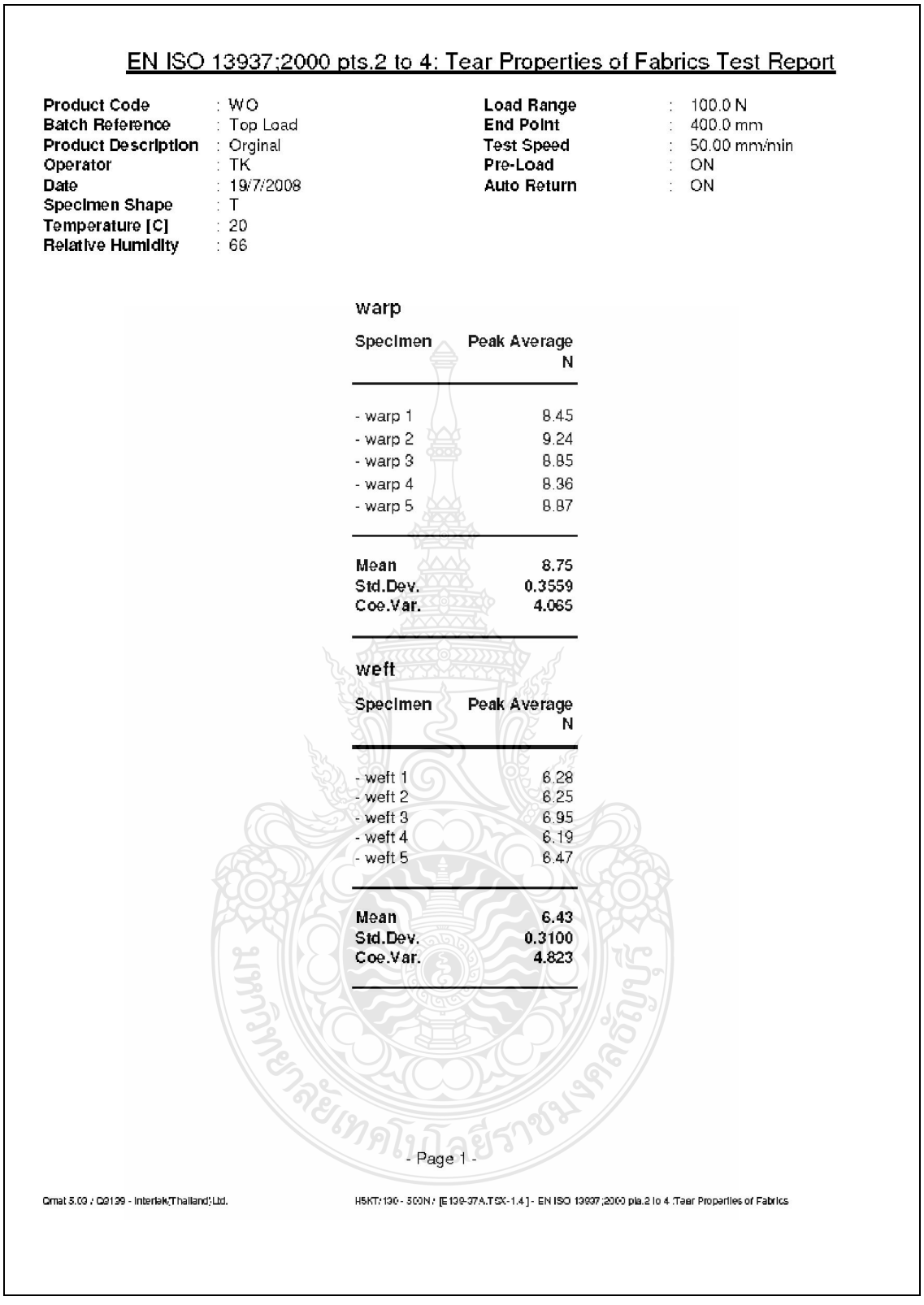
- Page 1 -

Qmat 5.03 / Q3129 - Intertek/Thailand Ltd. H5KT/100 - 500N / [E129-94B.TSX-2.4] - EN ISO 13934-2;1999 Maximum Force-Grab Method

รูปที่ ข31 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



รูปที่ ข32 กราฟผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้าที่ผ่านการซัก50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Top Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Description	: Orginal	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 19/7/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 20		
Relative Humidity	: 66		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	8.45
- warp 2	9.24
- warp 3	8.85
- warp 4	8.36
- warp 5	8.87
Mean	**8.75**
Std.Dev.	**0.3559**
Coe.Var.	**4.065**

weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	6.28
- weft 2	6.25
- weft 3	6.95
- weft 4	6.19
- weft 5	6.47
Mean	**6.43**
Std.Dev.	**0.3100**
Coe.Var.	**4.823**

- Page 1 -

Qmat 5.09 / Q9139 - Interlek(Thailand)Ltd. H5KT-100 - 500N / [E139-37A.TSX-1.4] - EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข33 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าก่อนซัก

EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Front Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Description	: *1 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 19/7/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 20		
Relative Humidity	: 66		

warp

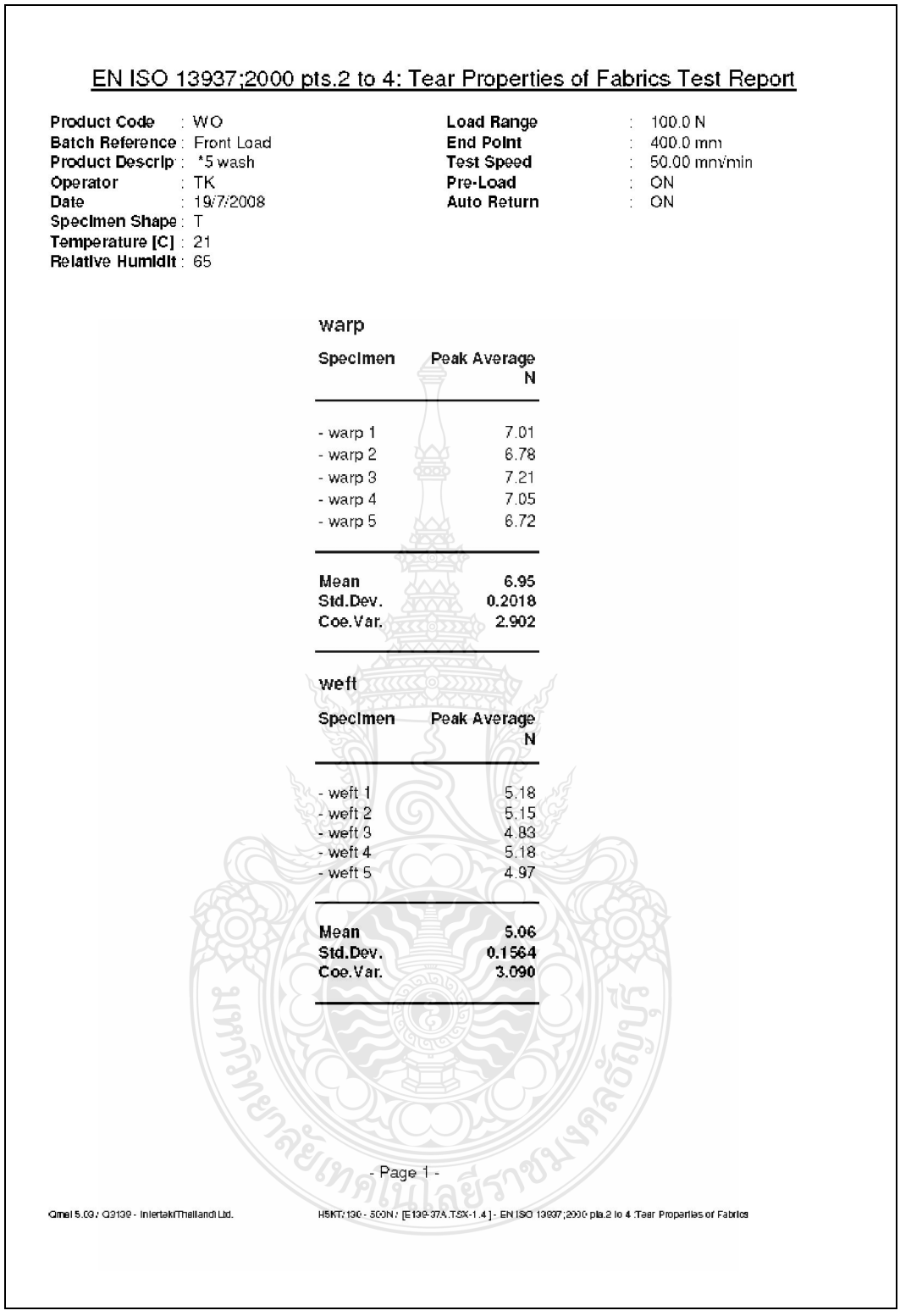
Specimen	Peak Average N
- warp 1	7.08
- warp 2	6.89
- warp 3	7.36
- warp 4	7.19
- warp 5	6.48
Mean	**7.00**
Std.Dev.	**0.3371**
Coe.Var.	**4.816**

weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	5.28
- weft 2	5.05
- weft 3	4.95
- weft 4	5.06
- weft 5	4.87
Mean	**5.04**
Std.Dev.	**0.1542**
Coe.Var.	**3.058**

Qmat 5.03 / Q3139 - Intertek(Thailand)Ltd. HSKT130 - 500N / [E139-97A,TSX-1.4] - EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข34 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก1 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Front Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descrip	: *5 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 19/7/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 21		
Relative Humidit	: 65		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	7.01
- warp 2	6.78
- warp 3	7.21
- warp 4	7.05
- warp 5	6.72
Mean	**6.95**
Std.Dev.	**0.2018**
Coe.Var.	**2.902**

weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	5.18
- weft 2	5.15
- weft 3	4.83
- weft 4	5.18
- weft 5	4.97
Mean	**5.06**
Std.Dev.	**0.1564**
Coe.Var.	**3.090**

- Page 1 -

Qmat 5.09./ Q3139 - Instron/Thailand Ltd. H5KT/100 - 500N / [E139-37A.T5X-1.4] - EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข35 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า

EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Front Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descript	: *10 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 2/8/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 20		
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	6.49
- warp 2	6.89
- warp 3	6.96
- warp 4	6.34
- warp 5	6.86
Mean	**6.71**
Std.Dev.	**0.2751**
Coe.Var.	**4.101**

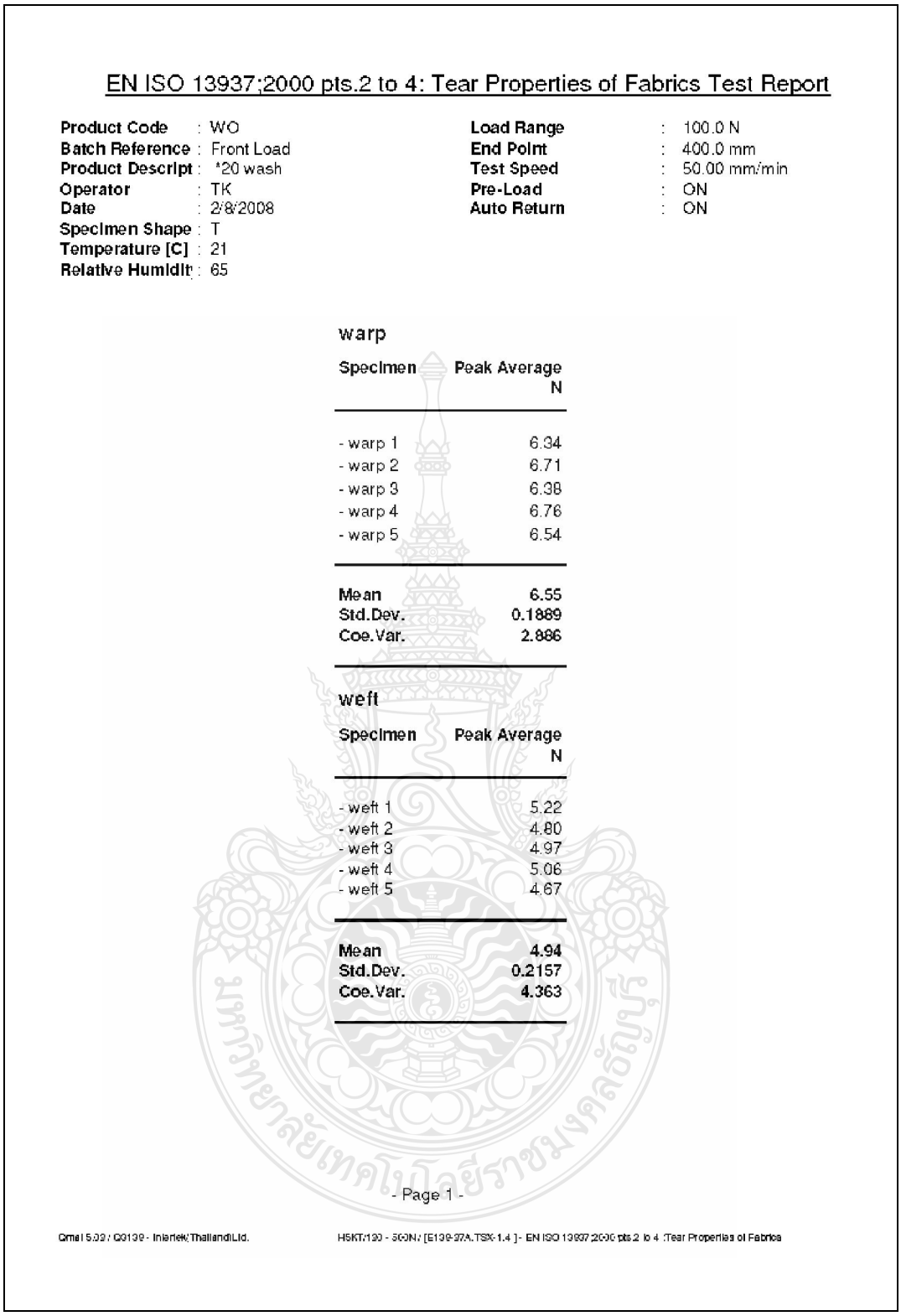
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	5.08
- weft 2	5.17
- weft 3	4.83
- weft 4	4.89
- weft 5	5.12
Mean	**5.02**
Std.Dev.	**0.1492**
Coe.Var.	**2.974**

Qmat 5.02 / Q9139 - Intertek(Thailand)Ltd.

H5KT/100 - 500N / [E139-37A.TSK-1.4] - EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4 : Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข36 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Front Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descript	: *20 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 2/8/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 21		
Relative Humidit	: 65		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	6.34
- warp 2	6.71
- warp 3	6.38
- warp 4	6.76
- warp 5	6.54
Mean	**6.55**
Std.Dev.	**0.1889**
Coe.Var.	**2.886**

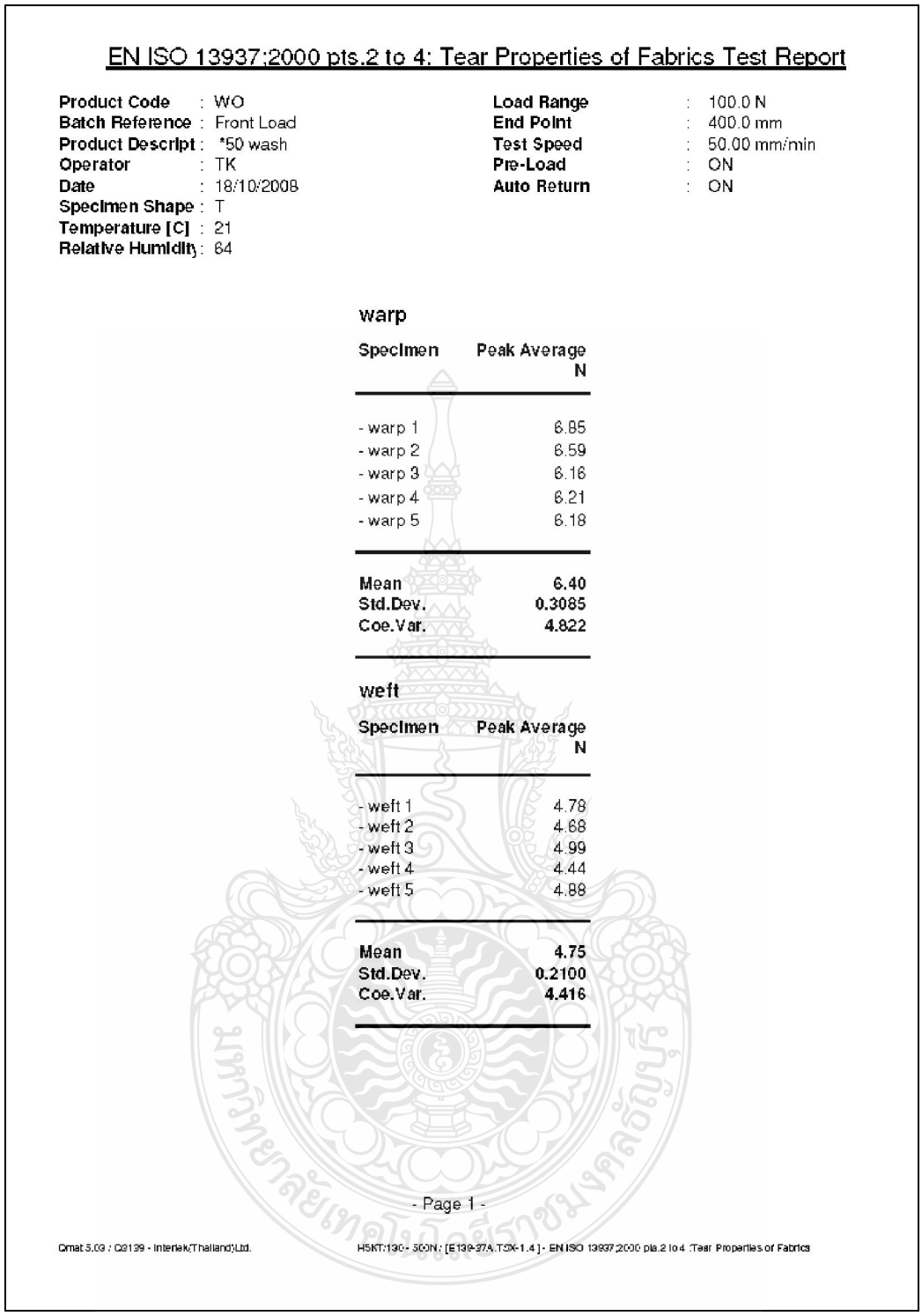
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	5.22
- weft 2	4.80
- weft 3	4.97
- weft 4	5.06
- weft 5	4.67
Mean	**4.94**
Std.Dev.	**0.2157**
Coe.Var.	**4.363**

- Page 1 -

Qmat 5.02 / Q3139 - Intertek Thailand Ltd. H5KT/130 - 3-03N / [E139-97A.TSX-1.4] - EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข37 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก20รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Front Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descript	: *50 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 18/10/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 21		
Relative Humidity	: 64		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	6.85
- warp 2	6.59
- warp 3	6.16
- warp 4	6.21
- warp 5	6.18
Mean	**6.40**
Std.Dev.	**0.3085**
Coe.Var.	**4.822**

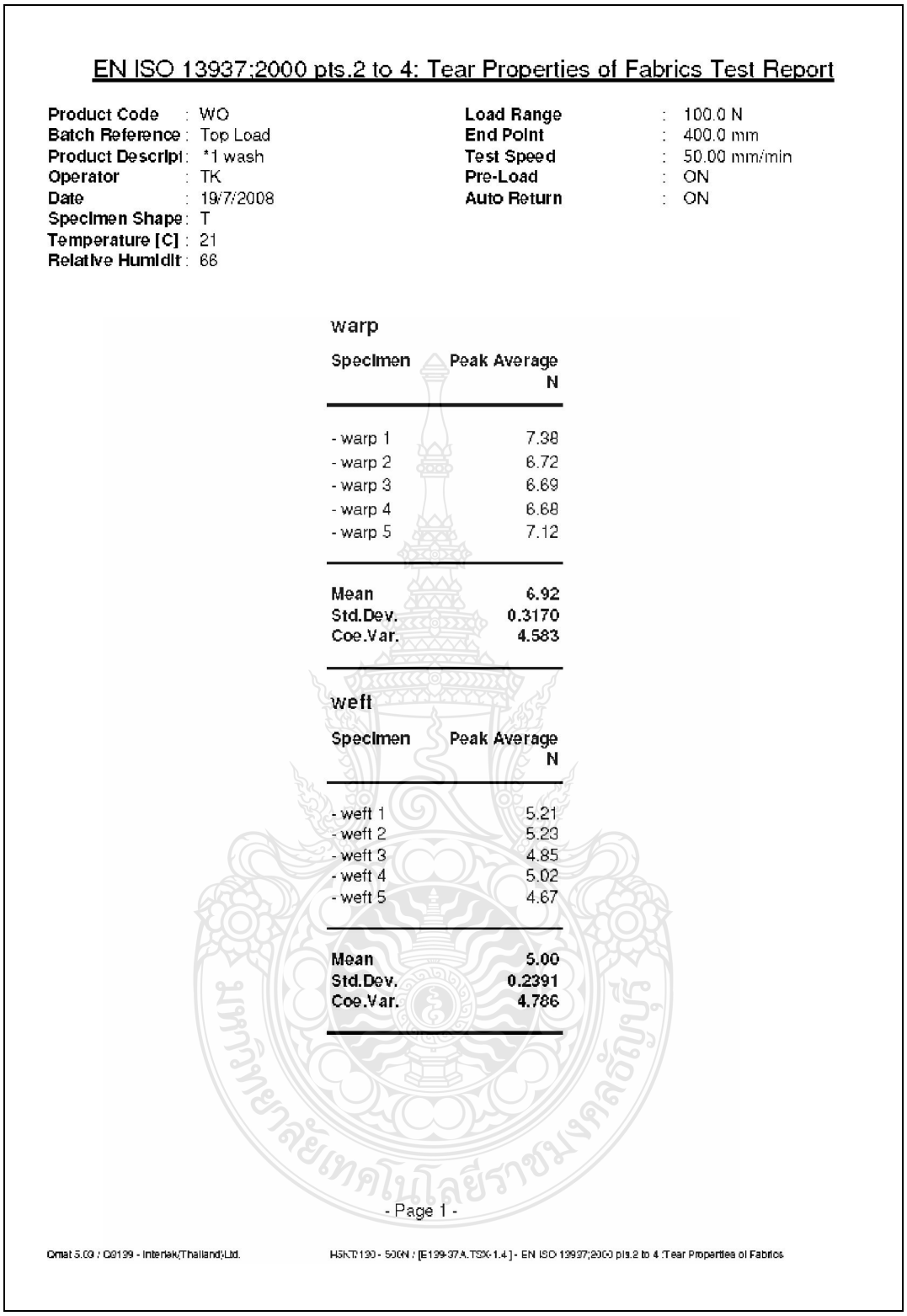
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	4.78
- weft 2	4.68
- weft 3	4.99
- weft 4	4.44
- weft 5	4.88
Mean	**4.75**
Std.Dev.	**0.2100**
Coe.Var.	**4.416**

- Page 1 -

Qmat 5.03 : Q9139 - Intertek(Thailand)Ltd. H5KT:130- 500N.: [E139-97A.TSX-1.4] - EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข38 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า



EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Top Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descripl	: *1 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 19/7/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 21		
Relative Humidit	: 66		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	7.38
- warp 2	6.72
- warp 3	6.69
- warp 4	6.68
- warp 5	7.12
Mean	**6.92**
Std.Dev.	**0.3170**
Coe.Var.	**4.583**

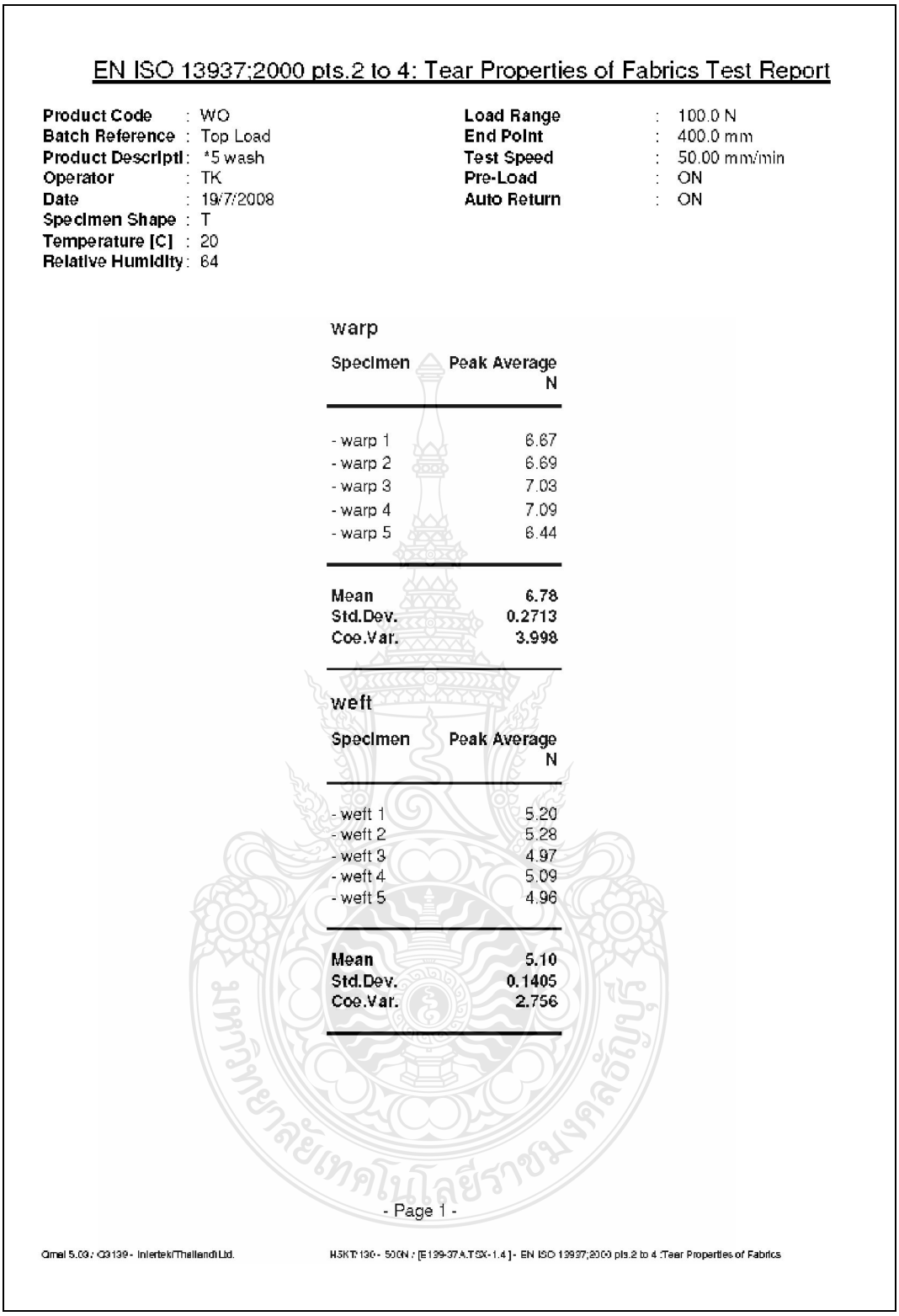
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	5.21
- weft 2	5.23
- weft 3	4.85
- weft 4	5.02
- weft 5	4.67
Mean	**5.00**
Std.Dev.	**0.2391**
Coe.Var.	**4.786**

- Page 1 -

Qmat 5.09 / Q8199 - Interlak(Thailand)Ltd. H5KT2190 - 500N / [E139-97A.TSX-1.4] - EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข39 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก1 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13937:2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Top Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descripti	: *5 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 19/7/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 20		
Relative Humidity	: 64		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	6.67
- warp 2	6.69
- warp 3	7.03
- warp 4	7.09
- warp 5	6.44
Mean	**6.78**
Std.Dev.	**0.2713**
Coe.Var.	**3.998**

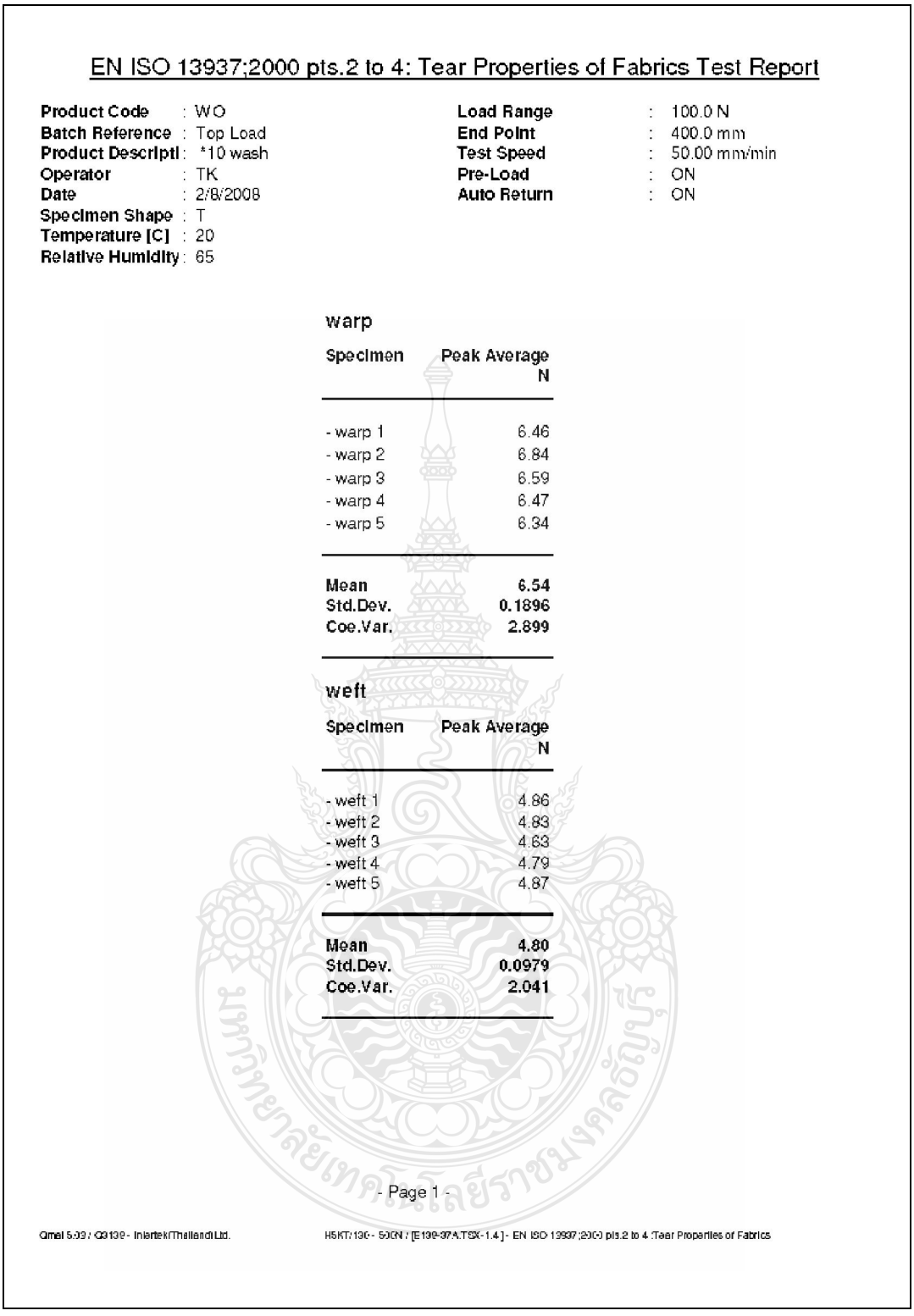
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	5.20
- weft 2	5.28
- weft 3	4.97
- weft 4	5.09
- weft 5	4.96
Mean	**5.10**
Std.Dev.	**0.1405**
Coe.Var.	**2.756**

- Page 1 -

Qmat 5.03 / 03139 - Intertek/Thailand Ltd. H3KT-130 - 500N / [E139-37A.TSX-1.4] - EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข40 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก5 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Top Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descriptl	: *10 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 2/8/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 20		
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	6.46
- warp 2	6.84
- warp 3	6.59
- warp 4	6.47
- warp 5	6.34
Mean	**6.54**
Std.Dev.	**0.1896**
Coe.Var.	**2.899**

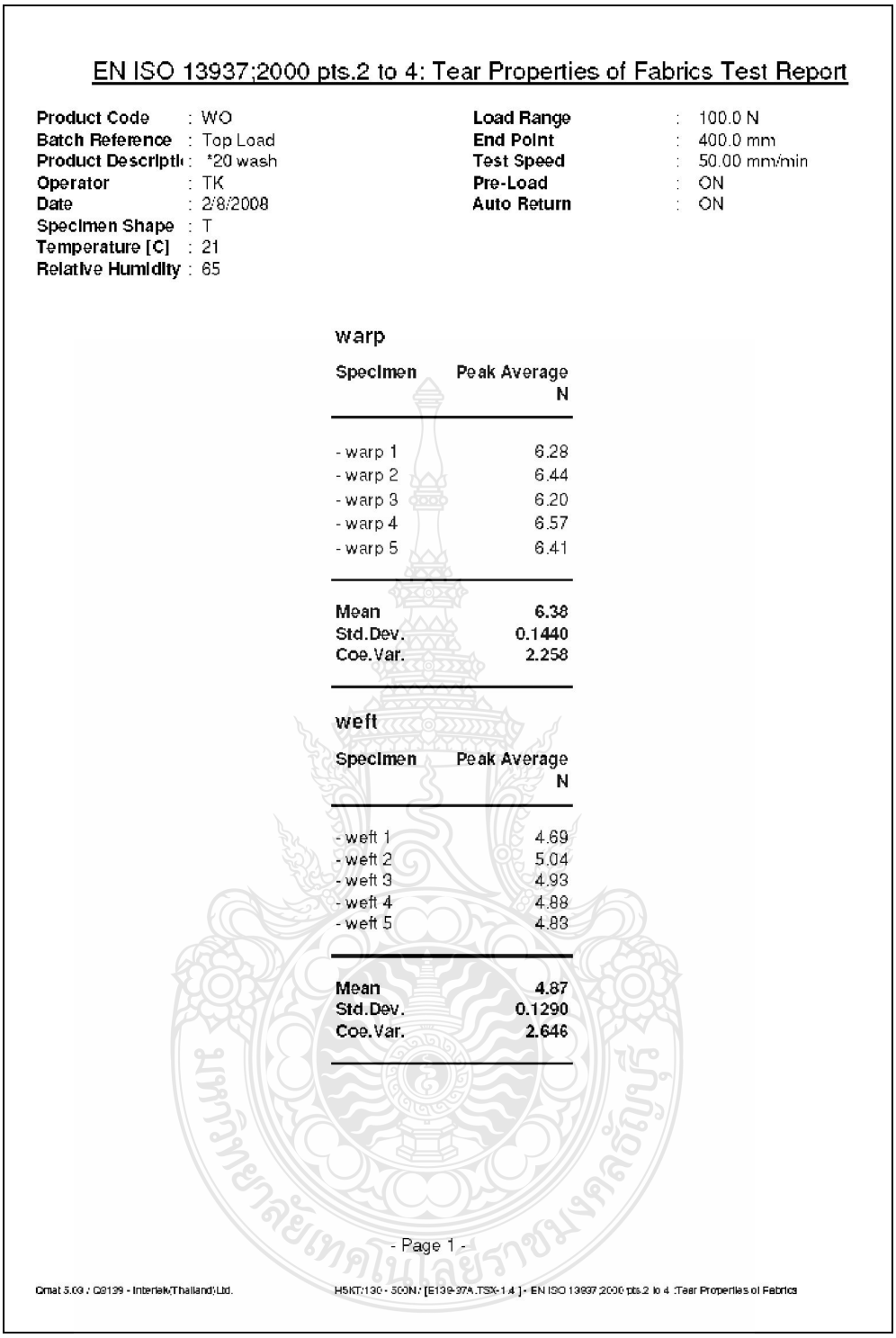
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	4.86
- weft 2	4.83
- weft 3	4.63
- weft 4	4.79
- weft 5	4.87
Mean	**4.80**
Std.Dev.	**0.0979**
Coe.Var.	**2.041**

- Page 1 -

Qmel 5.03 / Q3139 - Intertek/Thailand Ltd. H5KT:130 - 50CN / [E139-97A.TSX-1.4] - EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข41 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก 10 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Top Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descripti	: *20 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 2/8/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 21		
Relative Humidity	: 65		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	6.28
- warp 2	6.44
- warp 3	6.20
- warp 4	6.57
- warp 5	6.41
Mean	**6.38**
Std.Dev.	**0.1440**
Coe.Var.	**2.258**

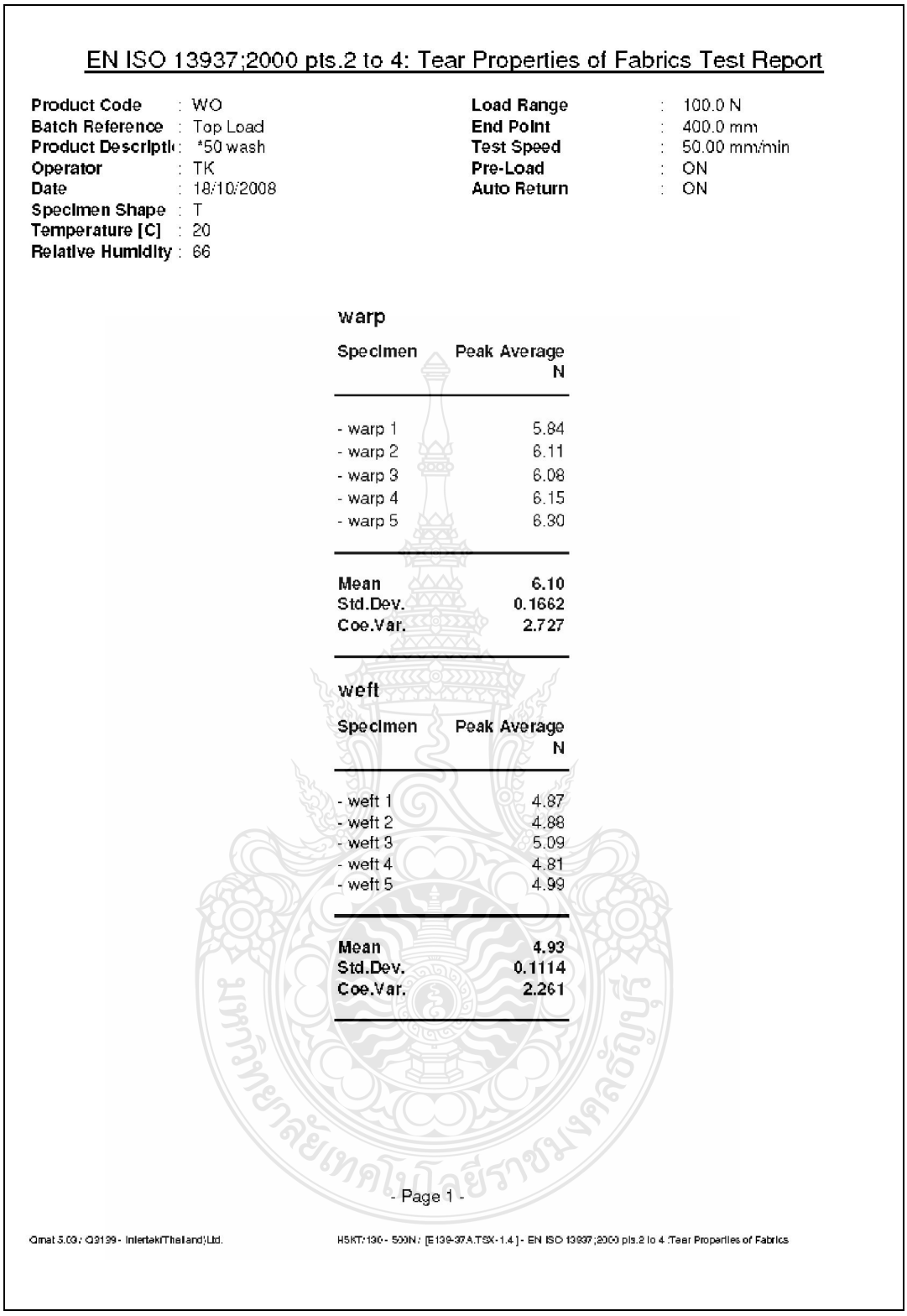
weft

Specimen	Peak Average N
- weft 1	4.69
- weft 2	5.04
- weft 3	4.93
- weft 4	4.88
- weft 5	4.83
Mean	**4.87**
Std.Dev.	**0.1290**
Coe.Var.	**2.646**

- Page 1 -

Qmat 5.03 : C9139 - Interlek/Thailand/Ltd. H5KT:130 - 500N : [E139-97A.TSX-1.4] - EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข42 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก 20 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน



EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4: Tear Properties of Fabrics Test Report

Product Code	: WO	**Load Range**	: 100.0 N
Batch Reference	: Top Load	**End Point**	: 400.0 mm
Product Descripti	: *50 wash	**Test Speed**	: 50.00 mm/min
Operator	: TK	**Pre-Load**	: ON
Date	: 18/10/2008	**Auto Return**	: ON
Specimen Shape	: T		
Temperature [C]	: 20		
Relative Humidity	: 66		

warp

Specimen	Peak Average N
- warp 1	5.84
- warp 2	6.11
- warp 3	6.08
- warp 4	6.15
- warp 5	6.30
Mean	**6.10**
Std.Dev.	**0.1662**
Coe.Var.	**2.727**

weft

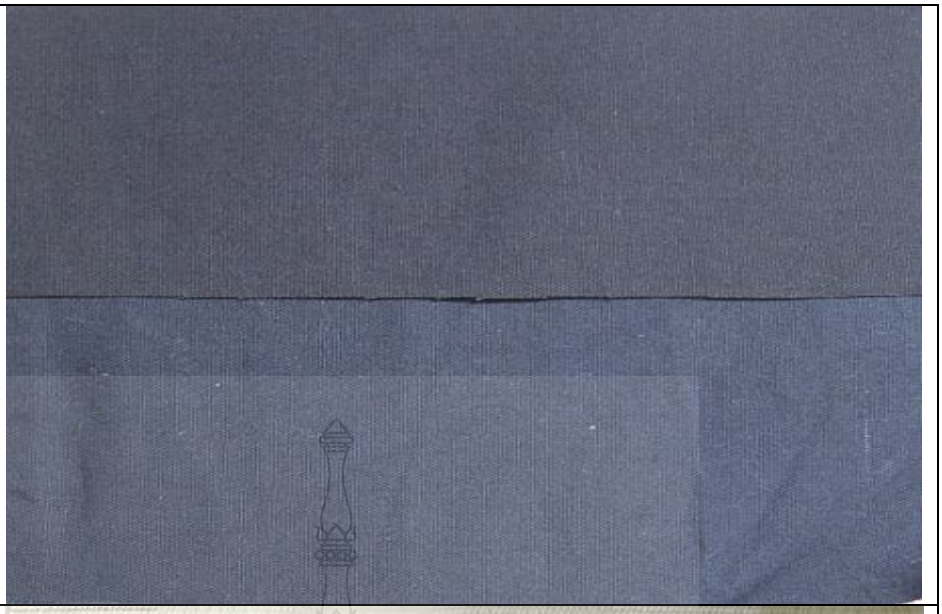
Specimen	Peak Average N
- weft 1	4.87
- weft 2	4.88
- weft 3	5.09
- weft 4	4.81
- weft 5	4.99
Mean	**4.93**
Std.Dev.	**0.1114**
Coe.Var.	**2.261**

- Page 1 -

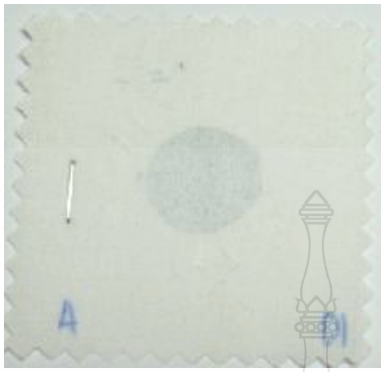
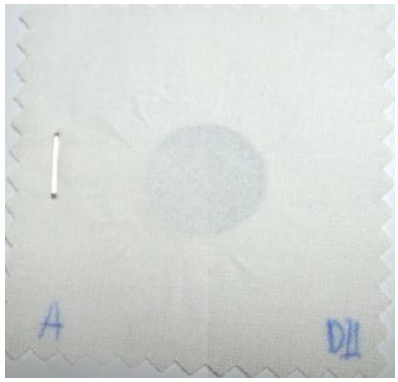
Qmat 5.09./ Q3139 - Intertek/Thailand;Ltd. H5KT:130 - 500N : [E139-97A.TSX-1.4] - EN ISO 13937;2000 pts.2 to 4 :Tear Properties of Fabrics

รูปที่ ข43 ผลการทดสอบความแข็งแรงต่อการฉีกขาด ของผ้าที่ผ่านการซัก 50 รอบด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน

<table>
<tr><td>การเปลี่ยนสี

3</td><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">การติดเปื้อนสีบนเส้นใย 6 ชนิด</td><td colspan="6"> </td></tr>
<tr><td>แอซิเทต</td><td>ฝ้าย</td><td>ไนล่อน</td><td>พอลิเอสเทอร์</td><td>อะคริริค</td><td>ขนสัตว์</td></tr>
<tr><td>4.5</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4.5</td></tr>
</table>

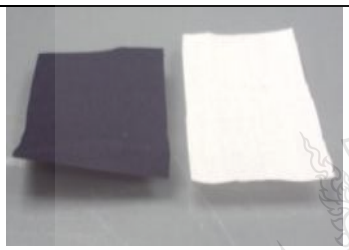
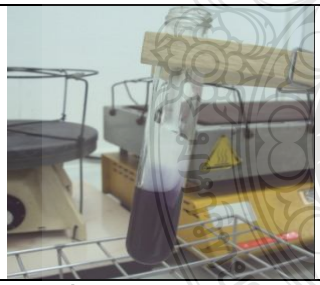
รูปที่ ข44 ผลการทดสอบความทนทานของสีต่อการซัก ISO 105 C 06 ของผ้าก่อนซัก (สภาวะทดสอบ A2S , 40 °C ,ลูกกลมเหล็ก 10 ลูก , เวลา 30 นาที)

สภาวะ	การติดเปื้อนสีบน ผ้าฝ้ายขาว	
สภาวะแห้ง	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง
		
	4	**4**
สภาวะเปียก		
	2	**2**

รูปที่ ข45 ผลการทดสอบความทนทานของสีต่อการขัดถู ISO 105 X 12 ของผ้าก่อนซัก

<u>การพิสูจน์สี ย้อมไดเร็คท์ บนผ้าฝ้าย [28]</u>

1. เตรียมสารละลาย สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 1 %โดยเทน้ำกลั่น 10 -5 ml ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 1.0-0.5 ml ผสมให้เข้ากัน
2. ใส่ชิ้นผ้าทดสอบ (ผ้าสี) ลงในหลอดทดลอง
3. ต้ม ให้เดือด เพื่อสกัดสีออกจากผ้า นำชิ้นผ้าทดสอบ ออกจากน้ำที่สกัด
4. ใส่ชิ้นผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี 30-10 mg ลงในน้ำที่สกัดได้ในหลอดทดลอง
5. เติม เกลือแกง (NaCl) 50-5 mg ลงในน้ำที่สกัดในหลอดทดลอง
6. ต้ม ให้เดือด 40-80 วินาที
7. ทิ้งไว้ให้เย็น ล้างด้วยน้ำให้สะอาด
8. ถ้าพบว่าผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี ติดสีใกล้เคียงกับชิ้นผ้าทดสอบ สามารถสันนิฐานได้ว่าสีที่ย้อมผ้าเป็นสีไดเร็คท์

	
1.สีผ้าตัวอย่างและผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี	2.สกัดสีต้มผ้าด้วยส้าด้วยสารละลายแอมโมเนีย 1 %
	
3.ใส่ชิ้นผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี30 mg เติมเกลือแกง 50 mg ต้มเดือด 40-80 วินาที	4. เปรียบเทียบสีผ้าสีที่ถูกสกัดสี กับ สีของผ้าขาวหลังต้มในเกลือแกง ขณะเปียก และแห้ง

รูปที่ ข46 การพิสูจน์สี ย้อมไดเร็คท์ บนผ้าฝ้าย

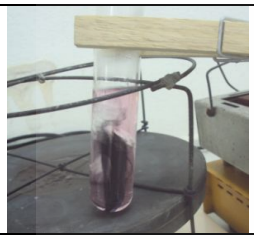
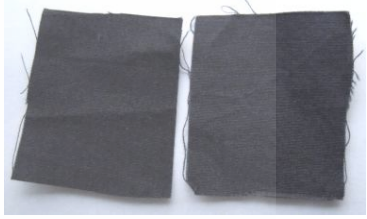
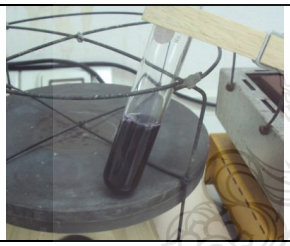
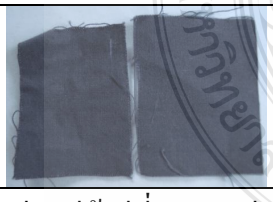
สรุป

พบว่าผ้าผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี มีสีติดไม่ใกล้เคียงกับชิ้นผ้าทดสอบ

สามารถสันนิษฐานได้ว่าสีที่ย้อมของผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดลอง**ไม่ใช่เป็นสีไดเร็คท์** ***(แบบปกติ)***

<u>การพิสูจน์สีย้อมไดเร็คท์ที่ปรับปรุงคุณภาพ ด้วยโลหะบนผ้าฝ้าย [28]</u>

1. เตรียม กรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 1 % ปริมาตร 100 เท่าของผ้าที่ต้องการล้าง
2. ต้มผ้าสีในกรด ไฮโดรคลอริค 1 % ให้เดือดใส่ตัวอย่างผ้า ต้มเดือด 2 นาที
3. ล้างด้วยน้ำให้สะอาด
4. นำผ้าที่เตรียมแล้ว (ข้อ 3.) ต้มด้วยสารละลาย สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 1 % ตามขั้นตอนด้านบน
5. ถ้าพบว่าผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี มีสีติดใกล้เคียงกับชิ้นผ้าทดสอบ สามารถสันนิฐานได้ว่าสีที่ย้อมผ้าเป็นสีไดเร็คท์ ที่ปรับปรุงคุณภาพ ด้วยโลหะ

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>1. ต้ม ตัวอย่างผ้าในกรดไฮโดรคลอริค 1% ให้เดือดนาน 2 นาที</td><td>2.เปรียบเทียบสีผ้าก่อนและหลังต้มในกรดไฮโดรคลอริค 1 %</td></tr>
<tr><td>  </td><td> </td></tr>
<tr><td>3.สกัดสี ต้มผ้าด้วยสารละลายแอมโมเนีย 1 %</td><td>4.ใส่ชิ้นผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี30 mg เติมเกลือแกง 50 mg ต้มเดือด 40-80 วินาที</td></tr>
<tr><td>  </td><td></td></tr>
<tr><td>5.เปรียบเทียบสีผ้าสีที่ถูกสกัดสี กับ สีของผ้าขาวหลังต้มในเกลือแกง</td><td></td></tr>
</table>

รูปที่ ข47 การพิสูจน์สีย้อมไดเร็คท์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโลหะบนผ้าฝ้าย

สรุป

พบว่าผ้าผ้าขาวที่ไม่ถูกย้อมสี มีสีติดใกล้เคียงกับชิ้นผ้าทดสอบ

สามารถสันนิษฐานได้ว่าสีที่ย้อมของผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดลอง **เป็นสีไดเร็คท์ ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยโลหะ**

<u>การพิสูจน์สีย้อมรีแอ็คทีฟ บนผ้าฝ้าย [28]</u>

1. เตรียม กรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 1 % ปริมาตร 100 เท่าของผ้าที่ต้องการล้าง
2. ต้มผ้าสีในกรด ไฮโดรคลอริค 1 % ให้เดือดใส่ตัวอย่างผ้า ต้มเดือด 2 นาที
3. ล้างด้วยน้ำให้สะอาด
4. เตรียมสารละลายผสมระหว่าง N,N–ไดเมททิลฟอร์มาไมด์ กับน้ำกลั่น ในอัตราส่วย 1:1
5. นำผ้าที่เตรียมแล้ว (ข้อ 3.) เขย่าในสารละลาย N,N–ไดเมททิลฟอร์มาไมด์ที่เตรียมไว้ 5 ml ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3-4 นาที
6. ถ้าพบว่าสีผ้าตัวอย่าง มีหลุดออกไปสารละลายเล็กน้อยหรือไม่มีเลย สามารถสันนิฐานได้ว่าสีที่ย้อมผ้าเป็นสีรีแอ็คทีฟ

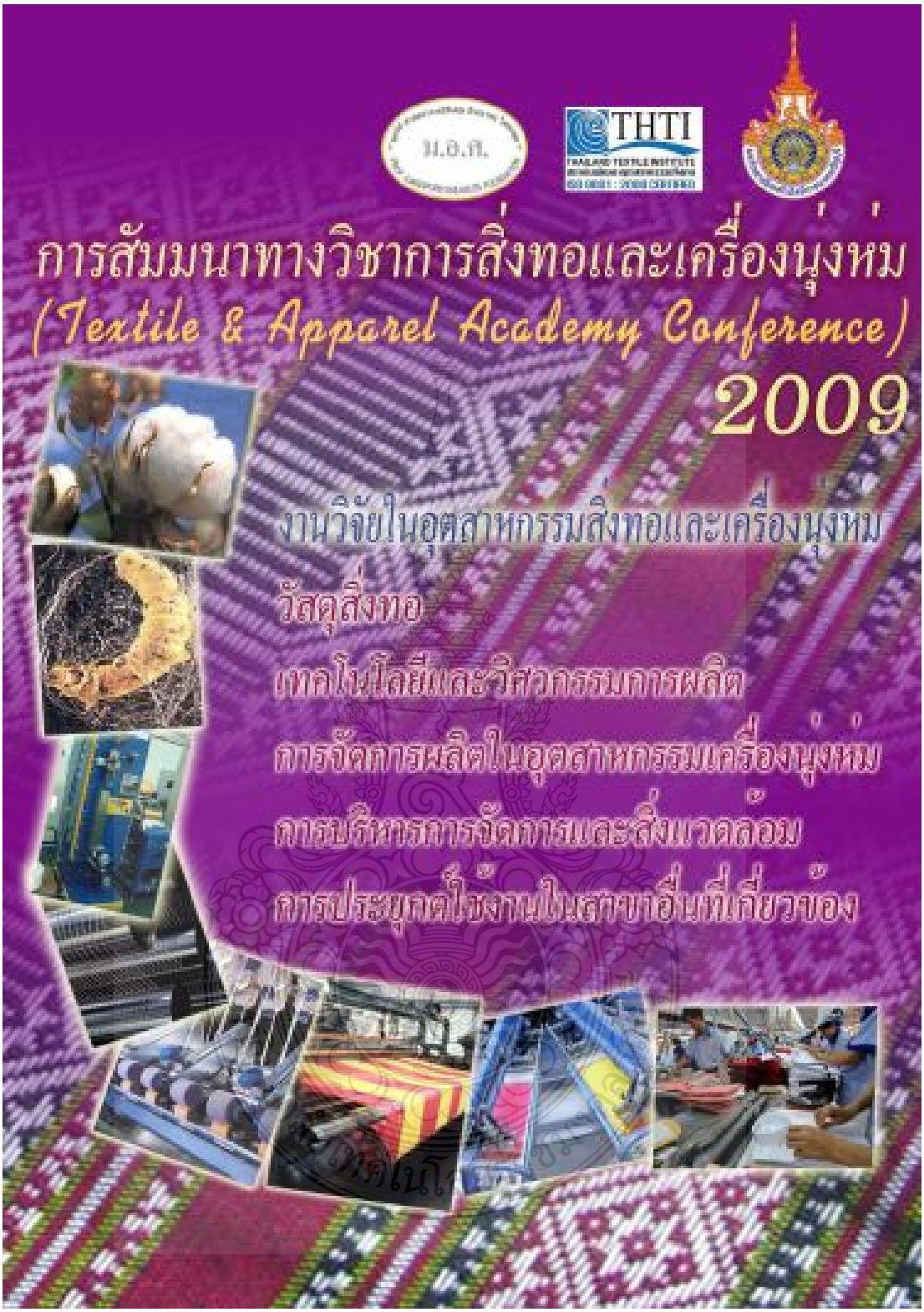
1. ต้ม ตัวอย่างผ้า ในกรดไฮโดรคลอริค1 % ให้เดือดนาน 2 นาที	2.สกัดสีต้มผ้าด้วยสารละลาย N,N–ไดเมททิลฟอร์มาไมด์ 50 %
3.เปรียบเทียบสีผ้าสีที่ถูกสกัดสีด้วยสารละลาย N,N–ไดเมททิลฟอร์มาไมด์ 50 % กับ สีของผ้าก่อนสกัด	

รูปที่ ข48 การพิสูจน์สีย้อมรีแอ็คทีฟบนผ้าฝ้าย

สรุป

พบว่าสีผ้าตัวอย่าง มีหลุดออกไปสารละลายมาก

สามารถสันนิษฐานได้ว่าสีที่ย้อมของผ้าตัวอย่างที่ใช้ทดลอง**ไม่ใช่สีรีแอ็คทีฟ**


การสัมมนาทางวิชาการสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม
(Textile & Apparel Academy Conference)
2009
งานวิจัยในอุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม
วัสดุสิ่งทอ
เทคโนโลยีและวิศวกรรมการผลิต
การจัดการผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม
การบริหารการจัดการและสิ่งแวดล้อม
การประยุกต์ใช้งานในสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง

รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
การสัมมนาทางวิชาการด้านสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ประจำปี 2552
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ชื่อ	นามสกุล	มหาวิทยาลัย/สถาบัน
ศ.(พิเศษ) อัจฉราพร	ไศละสูต	ที่ปรึกษาภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คุณพิชัย	อุตมาภินันท์	รองประธานคณะกรรมาธิการเศรษฐกิจ การพาณิชย์ และอุตสาหกรรม วุฒิสภา
คุณปราโมทย์	วิทยาสุข	อธิบดีกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
อาจารย์สุชาติ	อินทรโชติ	อาจารย์พิเศษภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ
คุณวิรัตน์	ตันเดชานุรัตน์	ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ดร.ชาญชัย	ศิริเกษมเลิศ	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
ดร.นราพร	รังสิมันตกุล	สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ
คุณพิสมัย	ลิขิตบรรณกร	สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา
รศ.ดร.เข็มชัย	เหมะจันทร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.สิริวรรณ	กิตติเนาวรัตน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.อุษา	แสงวัฒนาโรจน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.เจียรนัย	เล็กอุทัย	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.นพวรรณ	ตันพิพัฒน์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
อาจารย์นิตยา	ทับทิมทัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.เฟื่องฟูรัตน์	มุ่งทวีสินสุข	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.สยาม	อรุณศรีมรกต	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.สมพงษ์	ธงไชย	มหาวิทยาลัยมหิดล
คุณนิพันธ์	สิมะกรัย	คณะบุคคล พลอย นิพันธ์
คุณเชาวลิต	นิ่มละออ	บริษัท โอเรียลตอลการ์เมนท์ จำกัด
ดร.สาธิต	พุทธชัยยงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ
ดร.ประเทืองทิพย์	ปานบำรุง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพฯ
รศ.ธีระพงษ์	ไชยเฉลิมวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.ชัยยุทธ	ช่างสาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.สมนึก	สังข์หนู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.สุจิระ	ขอจิตต์เมตต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.สมประสงค์	ภาษาประเทศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.อภิชาติ	สนธิสมบัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ปลื้มจิตต์	เดชธรรมรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปพลาสติกด้วยกระบวนการแบบหมุนโดยใช้การเสริมแรงด้วยวัสดุสิ่งทอ 123
ณรงค์ชัย โอเจริญ

ความสัมพันธ์ของโครงสร้างผ้าทอต่อสมบัติทางกายภาพของผ้า 128
วิชัย เพ็ชร์ทองคำ

โครงการพัฒนาและผลิตเพิ่มเติมชุดลดอันตรายจากสะเก็ดระเบิดสังหารบุคคล 132
สุจิระ ขอจิตต์เมตต์

ชุดตรวจสอบพิสูจน์ทราบชนิดของพลาสติกอย่างง่าย 140
ชวลิต แสงสวัสดิ์

เทคนิควิศวกรรมแบบตัดเพื่อลดปริมาณผ้าในการผลิตเสื้อสำเร็จรูป 146
ศรีประไพ จุ้ยน้อย

ผลของการใช้กลีเซอรอลโมโนสเตียเรตผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีต่อความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวและสมบัติเชิงกลของพอลิโพรพิลีน 151
อำนวย ลาภเกษมสุข

ศึกษาความเป็นไปได้ของการเมอร์เซอร์ไรส์กางเกงเดนิมเปรียบเทียบกับการเมอร์เซอร์ไรส์ผืนผ้าเดนิม 154
ถาวร รัตนาพรประดิษฐ์

ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดเมื่อซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนและแบบใส่ผ้าด้านหน้า 158
ธเนส คงใหญ่

สมบัติของฝ้ายที่ปลูกด้วยระบบเกษตรอินทรีย์และเกษตรเคมี 164
รสนันท์ ศิริธรรมปิติ

Adsorption of phenolic wastewater using activated carbon 168
ประธาน วงศ์ศรีเวช

Development of One-dimensional Nanostructured TiO_2 Prepared by Hydrothermal Method 172
สรพงษ์ ภวสุปรีย์

The Effect of Far-Infrared Ray Macca charcoals in a Sauna Room 179
จิตต์ลดา ศักดาภิพาณิชย์

ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดเมื่อซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนและแบบใส่ผ้าด้านหน้า

Study of properties of cotton fabric after wash by Top load and Front load washing machine

ธนส คงใหญ่* สมประสงค์ ภาษาประเทศ*
*ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
Email: kythanate@gmail.com

Thanate Khongyai* Somprasong Parsapratet*
*Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, RMUTT, Thanyaburi, Pathumthani 12110
Email: kythanate@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้รายงานผลการทดลองศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของเครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านบนแบบใบกวนและเครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านหน้าแบบถังนอน ที่มีต่อผ้าฝ้าย โครงสร้าง ผ้าทอลายขัด สีกรมท่า โดยควบคุมการซักด้วยโปรแกรมที่เทียบเคียงกันได้ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานการกำหนดป้ายบริบาลเสื้อผ้า และกำหนด ตัวแปรอื่น ให้เหมือนกัน โดยกำหนดรอบการซักไว้ที่ 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการซัก มาทดสอบทางกายภาพ และ การเปลี่ยนแปลงสี

จากผลการทดลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเครื่องซักทั้ง 2 แบบ ไปในแนวทางเดียวกัน และค่าใกล้เคียงกันแต่จะพบข้อแตกต่างที่เห็นในเบื้องต้นในด้านการเปลี่ยนแปลงสีซึ่งผ้าที่ผ่านการซักจากเครื่องแบบใบกวนมีการซีดจางของสีมากกว่าผ้าที่ผ่านการซักจากเครื่องแบบถังนอน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเครื่องซักผ้าแบบใบกวนใช้น้ำซักมากกว่าเครื่องแบบถังนอน ประมาณ 3 เท่า

คำหลัก : เครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านบนแบบใบกวน / เครื่องซักผ้าใส่ผ้าด้านหน้าแบบถังนอน / การทดสอบ

Abstract

This research report an experimental the physical properties and colour change of navy cotton plain weave fabric after washed by agitator type top load washing and horizontal drum type front load washing machine.The washing program was complied with standard of textiel care labelling by fixed wash parameter and vary number of wash at 1,5,10,20 and 50 cycles .

The experimental results found that the physical properties of fabric that washed by both machine were inline and similar results. while the colour of fabric which washed by Top load machine more fade than the fabric was washed by front load washing machine, it might be the water volume of top load washing machine is higher than front load washing machine in an approximately 3 times..

Keywords: Agitator type Washing Machine / horizontal type Washing Machine /Testing

1. บทนำ

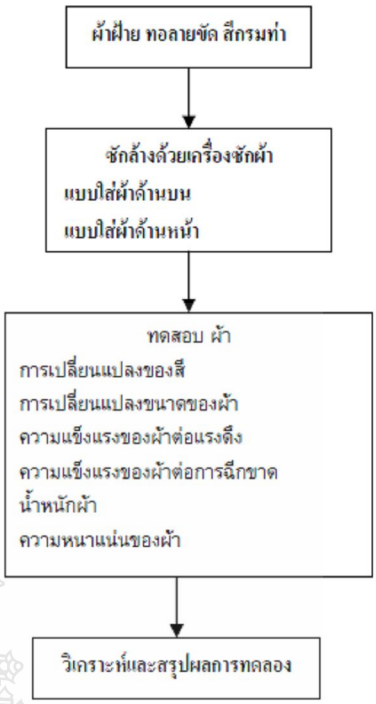
การซักผ้าเป็นวิธีการขจัดสารมลทิน หรือสิ่งสกปรกออกจากผ้าวิธีหนึ่งที่ปฏิบัติกันทุกครัวเรือน ความมุ่งหมายในการซักผ้าก็คือทำความ เนื่องจากสังคมทุกวันนี้มีสภาวะการแข่งขันที่สูงมากขึ้นผู้คนหันมานิยมสิ่งอำนวยความสะดวกมาใช้งานในชีวิตประจำวันกันมากขึ้นซึ่งการซักผ้าก็เช่นกัน มีการใช้เครื่องซักผ้ามาใช้ในครัวเรือนมากขึ้น ซึ่งเครื่องซักผ้าที่ใช้กันแบ่งได้เป็น 2 แบบได้แก่ เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน (Top load washing Machine) และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า (Front Load Washing Machine) [1]

เครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบนี้มีกลไกในการทำความสะอาดผ้าที่แตกต่างกัน เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน เป็นเครื่องซักผ้าที่ออกแบบให้มีตะกร้าซักด้านใน และท่อด้านนอกอยู่ในแนวตั้ง และมีใบกวน หรือใบพัดตรงกลางของตะกร้าซัก ใช้การใส่ผ้าที่ด้านบนเครื่องซัก ซึ่งต้องการน้ำมากพอที่ทำให้ผ้าลอย อยู่ในน้ำอย่างอิสระ การปั่นซักอาศัยใบกวนหมุนพาผ้าเคลื่อนลงที่กลางถังซัก แล้วพาออกด้านนอก และขึ้นด้านบน ในลักษณะหมุนซ้ำๆ กันไป ในขณะที่เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้าเป็นเครื่องซักผ้าที่ออกแบบให้มีตะกร้าด้านใน และท่อมีการปั่นซักในลักษณะไปและกลับด้วยการหมุนของถังซักและแรงโน้มถ่วง ผ้าจะถูกยกขึ้นด้วยใบกั้นที่ผนังถังด้านใน แล้วผ้าจะถูกปล่อยให้ตกลงมาเกิดแรงกระทำระหว่างผ้า น้ำ และผงซักฟอก [12] ซึ่งความแตกต่างของหลักการทำความสะอาดนี้เอง ทำให้เครื่องทั้ง 2 แบบมีการกระทำต่อผ้าที่ แตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อสมบัติของผ้าที่ต่างกันด้วย

จากความแตกต่างของหลักการทำความสะอาดของเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่าการศึกษาเปรียบเทียบ การเปลี่ยนสมบัติของผ้าที่ผ่านการซักด้วยเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงสี และสมบัติทางกายภาพ จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติของผ้าที่ ผ่านการซักจากเครื่องซักผ้าทั้ง 2 แบบได้ และเนื่องจากเครื่องซักผ้าที่มีใช้กันมีหลายแบบ และหลายยี่ห้อ ซึ่งแต่ละแบบก็ต่าง เทคโนโลยีกัน ทำให้ยากที่จะเลือกมาเป็นตัวแทนในการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้เลือกเครื่องซักผ้าที่เป็นตัวแทนของเครื่องทั้ง 2 แบบ ตามมาตรฐานการกำหนดป้ายบริบาลเสื้อผ้า (care Label) ตามมาตรฐาน ISO 3758 [4] ซึ่งกำหนดเครื่องซักผ้าที่ใช้ซักเพื่อทดสอบ ตามมาตรฐานการซัก ISO 6330 [8]

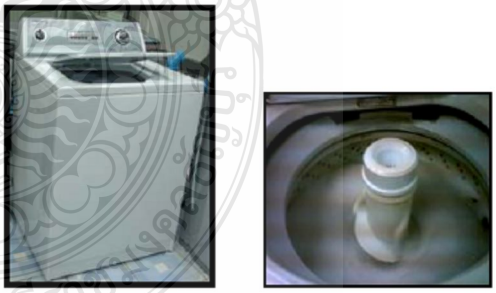
2. การทดลอง

วิธีการวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบการทดลอง (Experimental Process) ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติของผ้าภายหลังผ่านการซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า ในการทำงานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้



ผ้าตัวอย่าง เลือก เส้นใยฝ้ายล้วน (100 %) โครงสร้างทอลายขัด (Plain Weave)ซึ่งย้อมสีกรมท่า(Navy)

เครื่องซักผ้า ใช้เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน แบบใบกวน (agitator type) และเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า แบบถังนอน (Horizontal drum type) สอดคล้องกับข้อกำหนด ของเครื่องซักผ้าที่ใช้ซักเพื่อทดสอบ ตามมาตรฐาน ISO 6330



รูปที่ 1 เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบน แบบใบกวน ยี่ห้อ Whirlpool, รุ่น **3XWTW5905**, ขนาดความจุ **10.5** กิโลกรัม [14]

รูปที่ 2 เครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้า แบบถังนอน ยี่ห้อ **Electrolux, รุ่น Wascator/FOM71MP LAB , ขนาดความจุ 5 กิโลกรัม [13]**

โปรแกรมการซัก เลือกโปรแกรมการซักให้สอดคล้องกับมาตรฐานการกำหนดป้ายบริบาลเสื้อผ้า (ISO 3758:2005) สำหรับการซักผ้า ฝ้าย โปรแกรม แบบปกติ (Normal Process) [4]

-โปรแกรม 5A ที่ อุณหภูมิ 40 ° C สำหรับเครื่องซักผ้าแบบถังนอน ปริมาณน้ำซักอยู่ที่ 26 ลิตร (13 cm)

-โปรแกรม 6B ที่ อุณหภูมิ 40 ° C สำหรับเครื่องซักแบบใบกวน ปริมาณน้ำซัก อยู่ที่ 68 ลิตร

จำนวนรอบการซัก เลือกที่ทดสอบเปรียบหลังการซักที่ 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ

ผงซักฟอก (Detergent) ใช้ผงซักฟอกที่ใช้ สำหรับเครื่องซักผ้า ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.78ในปริมาณ 1 g/l [2]

ผ้าถ่วงน้ำหนัก (Wash load) ใช้ผ้าฝ้ายล้วน (100 %) ปริมาณ 2 ± 0.1 กิโลกรัม

น้ำที่ใช้ในการซัก (Water) มีความกระด้าง อยู่ไม่เกิน 20 ppm , สอดคล้องกับ ข้อกำหนด ตามมาตรฐาน ISO 6330

การทำแห้ง (Drying) ใช้การทำแห้ง โดยวิธี แขวนตาก (Line Dry) เพื่อลดปัจจัยด้านอิทธิพลของความร้อนจากการอบแห้ง

การทดสอบ (Testing)

- การวัดสี (Color measurement) ตามมาตรฐาน ISO 105- A05 (Instrument Measurement) [3]
- การเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้า (Dimensional Stability)ตามมาตรฐาน ISO 3759[5]/ ISO 5077 [7]และ ISO 6330 [8]
- ความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า (Tensile Strength) ตามมาตรฐาน ISO 13934-2(Grap method) [10]
- ความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้า (Tear Strength) ตามมาตรฐาน ISO 13937-2(Single Rib Tear method)[11]
- ความหนาแน่นของผ้า (Fabric Density) ตามมาตรฐาน ISO 7211-2 [9]
- น้ำหนักผ้า (Fabric Weight) ตามมาตรฐาน ISO 3801 [6]

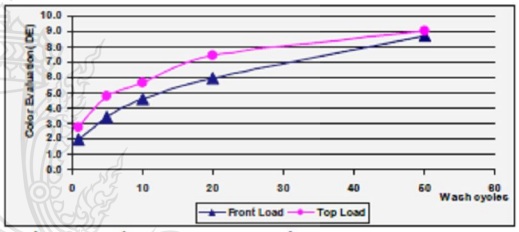
3. ผลการทดลอง

จากทดลองนำผ้าฝ้าย ทอลายขัด สีกรมท่า มาซัก ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ และ นำมาทดสอบผลที่ได้ เป็นดังนี้

3.1 ผลต่อการเปลี่ยนสี

พบว่าจำนวนรอบการซัก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนสีของผ้า โดยจะพบว่าสีของผ้าเปลี่ยน ไป อย่างต่อเนื่องเมื่อจำนวนรอบซักเพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นมาก อัตราการเปลี่ยนของสีเริ่มลดลง เนื่องจากปริมาณสีที่อยู่บนผ้าเริ่มลดน้อยลง

พบว่าเครื่องซักผ้าทีทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนสีไปในแนวทางเดียวกัน แต่จะพบว่าเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนจะส่งผลต่อ การเปลี่ยนสีของผ้ามากกว่าแบบใส่ผ้าด้านหน้า เนื่องจากเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบน ใช้ปริมาณน้ำสำหรับซัก มากกว่า ใส่ผ้าด้านบน ถึง 2.6 เท่า

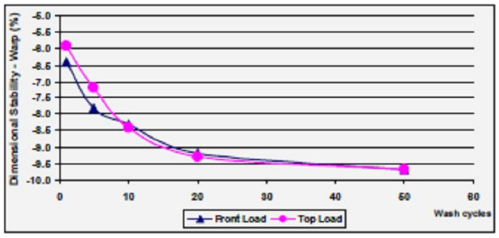


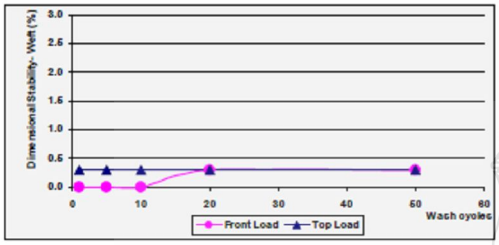
รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงสี ของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า

3.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดผ้า

พบว่าจำนวนรอบการซัก ส่งผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยน ขนาดของผ้ามากในแนวด้ายยืน ช่วงการซักรอบแรก (6.0 และ 6.5 %) และเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงเมื่อจำนวนรอบการซักเพิ่มขึ้น (5-20 รอบ) จากนั้นเริ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนในแนวด้านพุ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากผ้าตัวอย่างชิ้นนี้ มีการดึงยืด ของแนวด้ายยืนมากในระหว่างการผลิต เมื่อผ้าถูกน้ำและผงซักฟอก เส้นด้ายจึงหดตัวเข้าสู่ภาวะสมดุลจึงพบการเปลี่ยนแปลงมากในรอบแรก และค่อยๆ เพิ่มขึ้นในการซักรอบถัดๆไป และเริ่มคงที่เมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล ส่วนแนวด้ายพุ่งนั้นถูกดึงรั้งระหว่างการผลิตน้อยมากจึงไม่เกิดการหดตัว

พบว่าเครื่องซักผ้าทีทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดไปในแนวทางเดียวกัน แต่จะพบว่าเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านหน้าจะส่งผลต่อ การเปลี่ยนขนาดของผ้ามากกว่าแบบใส่ผ้าด้านบน เล็กน้อยในช่วงการซักแรกๆ (รอบที่ 1-5) และเมื่อรอบการซักเพิ่มขึ้นผ้าเริ่มเกิดการสมดุลการเปลี่ยนแปลงขนาดจึงใกล้เคียงกัน



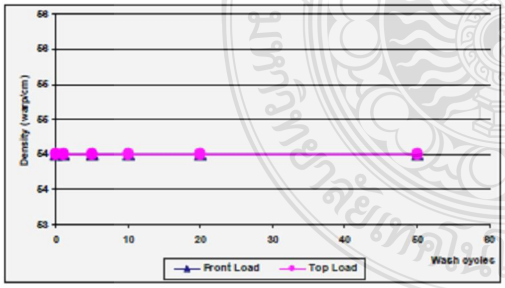


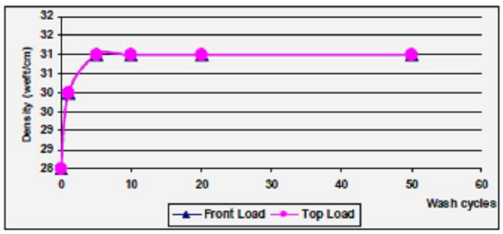
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงขนาดผ้า ที่ผ่านการซัก **1, 5, 10, 20** และ **50** รอบ ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า

3.3 ผลต่อความหนาแน่น

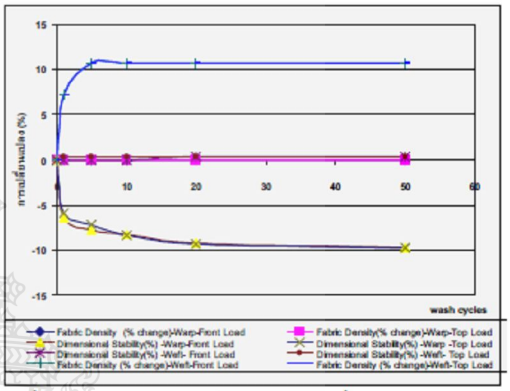
พบว่าจำนวนรอบการซัก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น โดยจะพบว่าความหนาแน่น ของผ้าแนวด้ายพุ่งจะเพิ่มขึ้นมากในรอบแรก และเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงเมื่อจำนวนรอบการซักเพิ่มขึ้นจนถึง 10 รอบ ความหนาแน่นของผ้าเริ่มคงที่ และพบว่าความหนาแน่น จะเพิ่มขึ้นตามการหดตัวของผ้าในแนวด้ายยืน เนื่องมาจากเมื่อแนวด้ายยืนหดตัวจะรั้ง ด้ายพุ่งให้เข้ามาชิดกันมากขึ้น ส่วนความหนาแน่นในแนวด้ายยืนนั้นไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากการหดตัวของผ้าในแนวด้ายพุ่งไม่เปลี่ยนแปลง

พบว่าเครื่องซักผ้าทีทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไปในแนวทางเดียวกัน





รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของผ้า ที่ผ่านการซัก **1, 5, 10, 20** และ **50** รอบ ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า

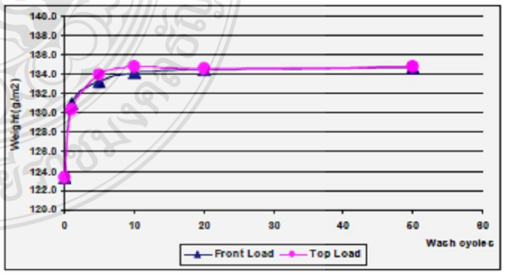


รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้ากับการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่น

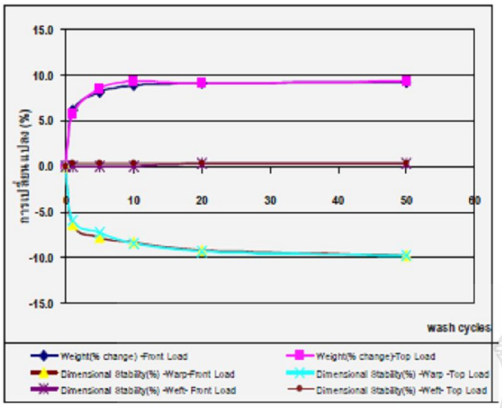
3.4 ผลต่อน้ำหนัก

พบว่าจำนวนรอบการซัก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก โดยจะพบว่าน้ำหนักของผ้าจะเพิ่มขึ้นมากในรอบแรก และเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงเมื่อจำนวนรอบการซักเพิ่มขึ้นจนถึง 10 รอบ น้ำหนักผ้าเริ่มคงที่ และ พบว่าน้ำหนักผ้าจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการหดตัวของผ้า เนื่องจากจำนวนด้ายต่อพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น

พบว่าเครื่องซักผ้าทีทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไปในแนวทางเดียวกัน



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผ้า ที่ผ่านการซัก **1, 5, 10, 20** และ **50** รอบ ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า

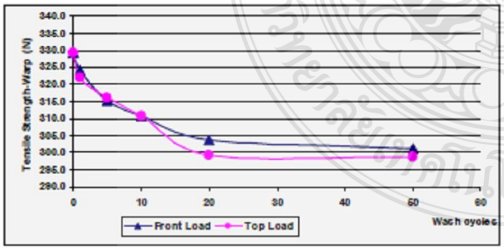


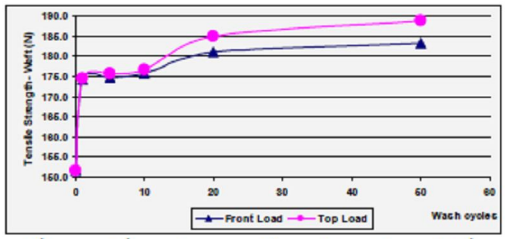
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้ากับการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผ้า

3.5 ผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึง

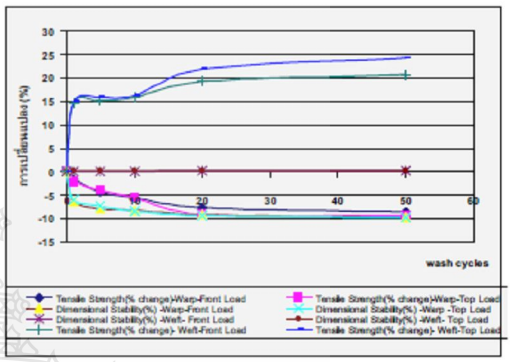
พบว่าจำนวนรอบการซัก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้า โดยจะพบว่าความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าแนวด้ายยืนจะลดลงทันทีเมื่อถูกซักรอบแรก คาดว่าน่ามีผลมาจากการหดตัวของผ้าในแนวยืนทำให้เกิดการพองของเส้นด้าย การยึดเกาะระหว่างเส้นใยในเส้นด้ายลดลง หรือ น่าจะมีผลมาจากสารตกแต่งที่เคลือบเส้นด้ายหลุดออกไประหว่างการซักทำให้แรงดึงของผ้าต่ำลง ทั้งนี้อาจต้องตรวจสอบโดยใช้กล้องขยายกำลังสูง และพบว่าเมื่อทำการซักต่อไป ความแข็งแรงต่อแรงดึงค่อยๆลงลงอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับการหดตัวของผ้า เนื่อง และในทางกลับกันความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าแนวด้ายพุ่งจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อผ้าหดตัวแนวด้ายยืนทำให้มีความหนาแน่นของเส้นด้ายพุ่งมากขึ้นความแข็งแรงจึงมากตามการหดตัวของผ้า

พบว่าเครื่องซักผ้าทีทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึง ไปในแนวทางเดียวกัน





รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อแรงดึงของผ้า ที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า

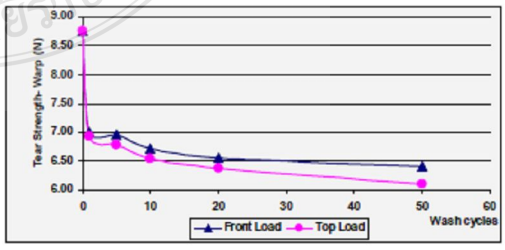


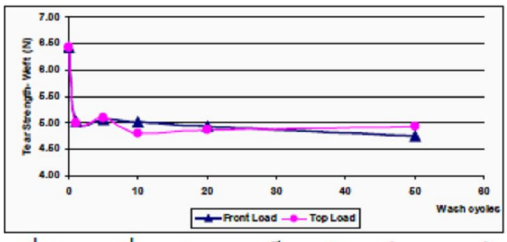
รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้ากับการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงต่อแรงดึง

3.6 ผลต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาด

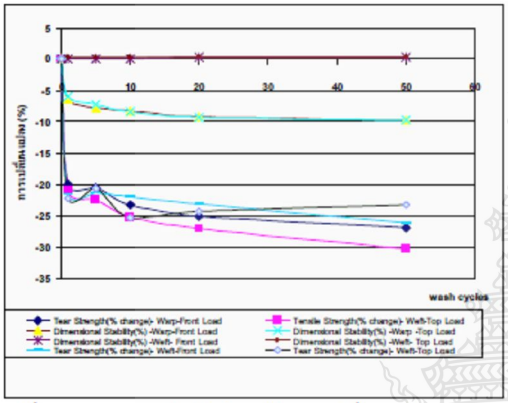
พบว่าจำนวนรอบการซัก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าแนวด้ายยืนซึ่งจะลดลงทันทีเมื่อถูกซักรอบแรก คาดว่าน่าจะมาจากเหตุผลเหตุเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงในแนวด้ายยืน ส่วนความแข็งแรงต่อการความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าแนวด้ายพุ่งลดลงทันทีเมื่อถูกซักรอบแรกนั้นน่าเป็นผลมาจากการหดตัวของเส้นด้ายแนวด้ายยืนทำให้เส้นด้ายพุ่งถูกรวบให้มาอยู่ชิดกันทำให้ช่องว่างระหว่างโซ่เส้นด้ายยืนลดลง เกิดการรัดที่เส้นด้ายพุ่งไว้ และเมื่อถูกแรงเฉือนจึงทำให้ขาดง่ายขึ้น

พบว่าเครื่องซักผ้าทีทั้ง 2 แบบ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความแข็งแรงต่อการฉีกขาดไปในแนวทางเดียวกัน





รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงต่อการฉีกขาดของผ้าที่ผ่านการซัก 1, 5, 10, 20 และ 50 รอบ ด้วยเครื่องซักผ้า แบบใส่ผ้าด้านบน และแบบใส่ผ้าด้านหน้า



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้ากับการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด

4.สรุป

จากผลการทดลอง พบว่า ด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนแบบใบกวน และแบบใส่ผ้าด้านหน้าแบบถังนอนเมื่อซักด้วยโปรแกรมการซักที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับ แต่เครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านบนแบบใบกวน ส่งผลแตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงของสีผ้ามากกว่า แบบใส่ผ้าด้านหน้าแบบถังนอนทั้งนี้เป็นผลมาจากเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนใช้น้ำซักที่มีผงซักฟอกมากกว่า และพบว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ความแข็งแรง ความหนาแน่น น้ำหนักผ้า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ เพราะได้รับความช่วยเหลือและคำชี้แนะต่างๆจากคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และได้รับการสนับสนุนด้านสถานที่ทำการวิจัยจาก บริษัท อินเตอร์เทคเทสติ้ง เซอร์วิสเซส ประเทศไทยจำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องซักผ้าใช้ในที่อยู่อาศัย. มอก1462, หน้า 1.
2. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผงซักฟอก มอก. 78. หน้า 1.
3. ISO.1996. 105-A05 .Tests for colour fastness-Instrumental assessment of change in colour for determination of grey scale rating .
4. ISO .2005.3758.Textile care labeling code using symbols
5. ISO. 2007.3759 Textiles preparation, marking and measuring of fabric specimens and garments in tests for determination of dimensional change
6. ISO. 1977.3801 .Woven fabrics determination of mass per unit length and mass per unit area
7. ISO. 2007 .5077 Textiles determination of dimensional change in washing and drying
8. ISO . 9000. 6330 .Textiles -Domestic washing and drying procedures for Textile Testing
9. ISO. 1984.7211 -2. Textiles Woven fabrics construction methods of analysis-determination of number of threads pre unit length
10. ISO.1999.13943-2.Textiles - Tensile properties of fabrics-Determination of maximum force using the grab method
11. ISO .2000. 13937-2. Textiles- Tear properties of fabrics-Determination of tear force of trouser shaped(Single tear)
12. G.Jakobi and A Lohr.VCH.1987. Detergents and Textile Washing, .205-217.
13. Electrolux (Wascator), Operating and Instruction Manual. Wascator FOM 71 MP Lab
14. Whirlpool. Use and Care Guide. Model 3XWTW5905.(Operating and Instruction Manual)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ธเนส คงใหญ่
วัน เดือน ปีเกิด	8 พฤศจิกายน 2518
ที่อยู่	46/652 ซอยพหลโยธิน 52 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพ 10120
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2542
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2539-2543	เจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนา แผนกวิจัยและพัฒนา บริษัทคาร์เปทอินเตอร์
พ.ศ. 2543-2547	หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ แผนกผลิต บริษัท ฟิวเจอร์เทค จำกัด
พ.ศ. 2547-ปัจจุบัน	ผู้จัดการห้องทดสอบ แผนกทดสอบสิ่งทอ บริษัทอินเตอร์เทค เทสติ้ง เซอร์วิสเซส (ประเทศไทย) จำกัด

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

ธเนส คงใหญ่ สมประสงค์ ภาษาประเทศ **, ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอลายขัดเมื่อซักด้วยเครื่องซักผ้าแบบใส่ผ้าด้านบนและแบบใส่ผ้าด้านหน้า,** การสัมมนาทางวิชาการสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ประจำปี พ.ศ.2552, วันที่ 15 กรกฎาคม 2552, 2552 .หน้า 158-163.