

การปรับปรุงกระบวนการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวและวิธีการ
ประเมินระดับความสมบูรณ์ของกระบวนการ



นางสาวชวาศรี สันติคงสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPROVEMENT OF LIQUID AMMONIA TREATING PROCESS FOR COTTON AND COTTON/POLYESTER FABRICS AND METHOD FOR PROCESS COMPLETION DETERMINATION

Miss Chawasri Sunicongsuk



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile
Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

5672158323 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEYWORDS: AMMONIA TREATMENT / COTTON / COTTON/POLYESTER / CELLULOSE
POLYMORPHISM / BARIUM ACTIVITY NUMBER

CHAWASRI SUNTICONGSUK: IMPROVEMENT OF LIQUID AMMONIA TREATING
PROCESS FOR COTTON AND COTTON/POLYESTER FABRICS AND METHOD FOR
PROCESS COMPLETION DETERMINATION. ADVISOR: ASST. PROF. USA
SANGWATANAROJ, Ph.D., 190 pp.

This research aimed to improve the liquid ammonia treatment on cotton (100%, plain weave) and cotton/polyester (85/15, twill weave) fabrics prior to dyeing at an industrial scale, in order to obtain better fabric properties. Several treating factors were studied and modified (from the current factors used in a dyeing plant) such as increase contact time between fabric and ammonia, modify the ammonia removing procedure, and decrease the fabric tension during ammonia treatment. At an optimal treating condition for cotton fabric, treated fabric after dyeing showed 60% higher color strength than untreated one (current industrial treated fabric after dyeing showed only 35% improvement); its wrinkle recovery increased 70% (current industrial treated fabric increased 38%); fabric strength and fiber swelling increased after treatment; its cellulose crystal type was a mixture of cellulose I and cellulose III; and the process reaction was complete (current industrial treating process showed incomplete reaction). While at an optimal treating condition for cotton/polyester fabric, treated fabric after dyeing showed 22% higher color strength than untreated one (current industrial treated fabric after dyeing showed 11% improvement); its wrinkle recovery increased 11% (current industrial treated fabric increased 21%); fabric strength and fiber swelling increased after treatment; its cellulose crystal type was a mixture of cellulose I and cellulose III; and the process reaction was complete (current industrial treating process showed incomplete reaction).

Department: Materials Science Student's Signature

Field of Study: Applied Polymer Science Advisor's Signature
and Textile Technology

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จตามวัตถุประสงค์อย่างสมบูรณ์เพราะได้รับคำแนะนำทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังได้รับความเอื้อเฟื้อในด้านเครื่องมือ วัสดุดิบ และสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และบุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังรายนามต่อไปนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และแนะแนวทางในการดำเนินงาน รวมถึงการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในการทำวิจัยได้อย่างถูกต้อง จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว อาจองค์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริรัตน์ จารุจินดา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ และ ดร. นราพร รังสีมันตกุล กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลามาให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

3. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2557 และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้วิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย จำกัด (มหาชน) ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

4. บริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

5. คุณชัยณรงค์ โชควงค์วัฒน์ ผู้จัดการโรงงาน คุณรัตนพงษ์ สุขะ และคุณนรุตต์ แก้วกล้า บุคคลากรบริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

6. ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้การดำเนินงานของภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่เอื้อเฟื้อในด้านเครื่องมือในการทดสอบ

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง รุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้อง ที่ให้การสนับสนุนในด้านกำลังใจ และให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูปภาพ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์.....	3
2.1 เซลลูโลส (Cellulose).....	3
2.1.1 เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Fibers).....	3
2.2 Cellulose I หรือ เซลลูโลสธรรมชาติ (Cellulose I or Native Cellulose)	8
2.2.1 แหล่งของ Cellulose I.....	8
2.3 Cellulose II.....	9
2.3.1 แหล่งของCellulose II	9
2.4 Cellulose III	10
2.4.1 แหล่งของเซลลูโลส III	10
2.5. การทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว (Liquid Ammonia Treatment Process)	12
2.5.2 ความสำคัญของการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	19
3.1 ขอบเขตการทดลอง	19
3.2 วัสดุและสารเคมี.....	20

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	21
3.4 การดำเนินงานวิจัย.....	23
3.4.1 การศึกษาวิเคราะห์และทดสอบสมบัติต่างๆของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอส	24
3.4.2 การศึกษาการปรับเปลี่ยนปัจจัยการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงาน	25
3.4.2.1 การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด และการทรีตเกิดสมบรูณ์แบบ	25
3.4.2.2 การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้ แรงดึง	26
3.4.2.3 การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวแบบไม่มี แรงดึง	26
3.4.3 การวิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้าที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวใน ภาวะต่างๆ	27
3.4.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วย เทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	27
3.4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบนผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอ เทดโททัลรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)	28
3.4.3.3 การทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตหรือแบเรียมแอกติวิตีนัม เบอร์ (BAN) ของผ้า	29
3.4.3.4 การทดสอบการย้อมติดสีของผ้า	30
3.4.3.5 การทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า	33
3.4.3.6 การทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า.....	34
3.4.3.7 การทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้า	35
3.4.3.8 การทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้า.....	36
3.4.3.9 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า.....	37

3.4.3.10 การวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	40
4.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ..	40
4.1.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	40
4.1.1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	40
4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด โททัลรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)	44
4.1.1.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติว ตินัมเบอร์.....	46
4.1.1.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า	47
4.1.1.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งแรงต่างของผ้า	48
4.1.1.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า	49
4.1.1.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	51
4.1.1.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขีดถูของผ้า	53
4.1.1.9 การวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า	55
4.1.2 ผลการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	57
4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	57
4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด โททัลรี เฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR).....	61
4.1.2.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติว ตินัมเบอร์.....	63
4.1.2.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า	64

4.1.2.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้า	65
4.1.2.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า	66
4.1.2.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	67
4.1.2.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า	69
4.1.2.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า	71
4.2 ผลการปรับเปลี่ยนปัจจัยการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนีย เหลวในโรงงาน	73
4.2.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยน จาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด	73
4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	73
4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด โททัลรี เฟล็กซ์ชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR).....	78
4.2.1.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติว ตินัมเบอร์.....	81
4.2.1.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า.....	82
4.2.1.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้า.....	84
4.2.1.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า	85
4.2.1.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	87
4.2.1.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า	89
4.2.1.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า	92
4.2.2 ผลการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสใน เส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	95
4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	95

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด โททลรี- เฟลทซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR).....	100
4.2.2.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีดจากแบเรียมแอกติวี ตีนัมเบอร์.....	103
4.2.2.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า.....	104
4.2.2.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า.....	105
4.2.2.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า.....	106
4.2.2.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	108
4.2.2.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า.....	110
4.2.2.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า.....	113
4.2.3 ผลการทรีดผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึง.....	116
4.2.3.1 ผลการทดสอบการยืด/หดตัวของผ้า.....	117
4.2.3.2 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีดจากแบเรียมแอกติวี ตีนัมเบอร์.....	120
4.2.3.3 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า.....	123
4.2.3.4 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า.....	126
4.2.3.5 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า.....	129
4.2.3.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	132
4.2.3.7 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า.....	137
4.2.3.8 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	140
4.2.3.9 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด โททลรี- เฟลทซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR).....	146

4.2.3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต (BAN) กับ ความสามารถในการย่อยมิติดี (K/S) ของผ้าฝ้าย	149
4.2.4 ผลการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า.....	150
4.2.4.1 ผลการทดสอบการยืด/หดตัวของผ้า	150
4.2.4.2 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตี ดินัมเบอร์.....	154
4.2.4.3 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า.....	157
4.2.4.4 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า	160
4.2.4.5 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า	163
4.2.4.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า.....	166
4.2.4.7 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขีดถูของผ้า	170
4.2.4.8 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction).....	173
4.2.4.9 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด- โททัลรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)	178
4.2.4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต (BAN) กับ ความสามารถในการย่อยมิติดี (K/S) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์.....	182
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	183
5.1 สรุปผลการทดลอง	183
5.2 ข้อเสนอแนะ	185
รายการอ้างอิง	186
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	190

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ตำแหน่งพิกในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I	9
ตารางที่ 2.2	ตำแหน่งพิกในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose II.....	10
ตารางที่ 2.3	ตำแหน่งพิกในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของเซลลูโลส III.....	12
ตารางที่ 3.1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	21
ตารางที่ 4.1	ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	42
ตารางที่ 4.2	%Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	43
ตารางที่ 4.3	ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัม	45
ตารางที่ 4.4	ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตีนัมเบอร์ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	46
ตารางที่ 4.5	ความเข้มสีของผ้าฝ้ายย้อมหลังผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	47
ตารางที่ 4.6	สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	48
ตารางที่ 4.7	องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	49
ตารางที่ 4.8	ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	51
ตารางที่ 4.9	ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	51
ตารางที่ 4.10	จำนวนรอบขีดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	53

ตารางที่ 4.11 ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	59
ตารางที่ 4.12 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	60
ตารางที่ 4.13 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัม	62
ตารางที่ 4.14 ค่าความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตีนัมเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	63
ตารางที่ 4.15 ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ย้อมหลังผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	64
ตารางที่ 4.16 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	65
ตารางที่ 4.17 องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	66
ตารางที่ 4.18 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	67
ตารางที่ 4.19 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	68
ตารางที่ 4.20 จำนวนรอบขั้วด้ายขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	69
ตารางที่ 4.21 ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายฟอกและผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด	76

<p>ตารางที่ 4.22 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....</p>	77
<p>ตารางที่ 4.23 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัม</p>	78
<p>ตารางที่ 4.24 ค่าความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด</p>	81
<p>ตารางที่ 4.25 ความเข้มข้นหลังย้อมของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....</p>	82
<p>ตารางที่ 4.26 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....</p>	84
<p>ตารางที่ 4.27 องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....</p>	85
<p>ตารางที่ 4.28 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด</p>	87
<p>ตารางที่ 4.29 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด</p>	88
<p>ตารางที่ 4.30 จำนวนรอบขัดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....</p>	89

ตารางที่ 4.31 ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	98
ตารางที่ 4.32 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	99
ตารางที่ 4.33 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัม.....	100
ตารางที่ 4.34 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	103
ตารางที่ 4.35 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	104
ตารางที่ 4.36 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	105
ตารางที่ 4.37 องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	106
ตารางที่ 4.38 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	108
ตารางที่ 4.39 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	109

ตารางที่ 4.40 จำนวนรอบขีดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ฟอกและผ้าฝ้ายผสมพอลิ-เอสเทอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด	110
ตารางที่ 4.41 %การยืด/หดตัวของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	117
ตารางที่ 4.42 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า.....	120
ตารางที่ 4.43 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า.....	123
ตารางที่ 4.44 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	126
ตารางที่ 4.45 องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	129
ตารางที่ 4.46 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	132
ตารางที่ 4.47 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	135
ตารางที่ 4.48 จำนวนรอบขีดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	137

ตารางที่ 4.49 ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้าย (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	143
ตารางที่ 4.50 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	144
ตารางที่ 4.51 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัม.....	148
ตารางที่ 4.52 %การยืด/หดตัวของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	150
ตารางที่ 4.53 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	154
ตารางที่ 4.54 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	Error! Bookmark not defined.
ตารางที่ 4.55 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า.....	160
ตารางที่ 4.56 องค์การคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า.....	163
ตารางที่ 4.57 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า	166

ตารางที่ 4.58 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า 168

ตารางที่ 4.59 จำนวนรอบขีดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เทอร์ (ฟอก และฟอก+ NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า 170

ตารางที่ 4.60 ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรม ของผ้าฝ้ายผสม พอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มี แรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า 176

ตารางที่ 4.61 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหย แอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า..... 177

ตารางที่ 4.62 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัม 181

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	3
รูปที่ 2.2 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเส้นใยเซลลูโลส.....	4
รูปที่ 2.3 ลักษณะของสายโซ่เซลลูโลส ภายในผนังเซลล์.....	5
รูปที่ 2.4 รูปแบบของเส้นใยฝ้าย.....	6
รูปที่ 2.5 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของเซลลูโลส 3 ลักษณะ (Cell I, Cell II และ Cell III).....	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน Cell I, Cell II, Cell III และ Cell IV.....	7
รูปที่ 2.7 กระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลส.....	8
รูปที่ 2.8 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I.....	9
รูปที่ 2.9 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose II.....	10
รูปที่ 2.10 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของเซลลูโลส III.....	11
รูปที่ 2. 11 รูปร่างตามยาวและภาคตัดขวางของเส้นใยเซลลูโลส.....	13
รูปที่ 3.1 การดำเนินงานวิจัย.....	23
รูปที่ 3.2 เครื่องทรีตแอมโมเนีย (Liquid ammonia processing machine) รุ่น Gen.Schematic ของบริษัท KYOTO MACHINERY.....	24
รูปที่ 3.3 ระบบการทำงานของเครื่องทรีตแอมโมเนียเหลว.....	25
รูปที่ 3.4 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I, II และ III.....	27
รูปที่ 3.5 เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (XRD) รุ่น PW 370 บริษัท Phillips.....	28
รูปที่ 3.6 เครื่อง FT-IR รุ่น Nicolet 6700 บริษัท Thermo Fisher.....	29
รูปที่ 3.7 เครื่องย้อมแบบเจ็ท รุ่น H-24M บริษัท COPOWER TECHNOLOGY.....	31
รูปที่ 3.8 เครื่องวัดสี (CCM) รุ่น 1200-1079 บริษัท Datacolor International.....	31
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสี Benzopurpurin 4B.....	32
รูปที่ 3.10 เครื่องย้อมแบบต่อเนื่อง รุ่น MH-5 บริษัท TSUJII DYEING MACHING.....	33

รูปที่ 3.11 เครื่องวัดสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า รุ่น M0038 ของ บริษัท SDL Atlas Inc.....	34
รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบบองศาการคืนตัวต่อการยับ รุ่น MR-1 บริษัท DAIEI KAGAKU SEIK	35
รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบแรงดึง รุ่น GT-7010-D2E บริษัท GOTECH.....	36
รูปที่ 3.14 เครื่องทดสอบแรงฉีกแบบดิจิทัล รุ่น M008E บริษัท SDL Atlas Inc.....	37
รูปที่ 3.15 เครื่องทดสอบการขัดถู รุ่น Nu-Martindale.....	38
รูปที่ 3.16 กล้องจุลทรรศน์ไมโครสโคป (Microscope) รุ่น BX41 บริษัท OLYMPUS	39
รูปที่ 4.1 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการ ต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	41
รูปที่ 4.2 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วย แอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	44
รูปที่ 4.3 อองศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และ กระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	50
รูปที่ 4.4 จำนวนรอบขัดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วย แอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	54
รูปที่ 4.5 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	55
รูปที่ 4.6 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	58
รูปที่ 4.7 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และ กระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	61
รูปที่ 4.8 อองศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่าน กระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	67
รูปที่ 4.9 จำนวนรอบขัดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และ กระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน.....	70
รูปที่ 4.10 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้าย (ภาคตัดขวางมีลูเมน) และ พอลิ เอสเตอร์ (ภาคตัดขวางไม่มีลูเมน) บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และ กระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน	71

รูปที่ 4.11 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	74
รูปที่ 4.12 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุดที่ทรีต.....	75
รูปที่ 4.13 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	79
รูปที่ 4.14 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	80
รูปที่ 4.15 อองศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	86
รูปที่ 4.16 อองศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	86
รูปที่ 4.17 จำนวนรอบขีดตื้นขนาดของผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	90
รูปที่ 4.18 จำนวนรอบขีดตื้นขนาดของผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	90
รูปที่ 4.19 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยบนผ้าของผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	92
รูปที่ 4.20 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยบนผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....	93

รูปที่ 4.21 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด..... 96

รูปที่ 4.22 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด..... 97

รูปที่ 4.23 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด 101

รูปที่ 4.24 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด 102

รูปที่ 4.25 องค์การคีนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด 107

รูปที่ 4.26 องค์การคีนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด..... 107

รูปที่ 4.27 จำนวนรอบขีดดูผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด..... 111

รูปที่ 4.28 จำนวนรอบขีดดูผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด..... 111

รูปที่ 4.29 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายและพอลิเอสเตอร์บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด.....113

รูปที่ 4.30 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายและพอลิเอสเตอร์บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด	114
รูปที่ 4.31 จำนวนรอบขีดคู่ผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า .	138
รูปที่ 4.32 จำนวนรอบขีดคู่ผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า.....	139
รูปที่ 4.33 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	141
รูปที่ 4.34 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	142
รูปที่ 4.35 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	146
รูปที่ 4.36 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า	147
รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BAN กับ K/S ของผ้าฝ้ายผ่านการทรีตภาวะต่างๆ	149
รูปที่ 4.38 จำนวนรอบขีดคู่ผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เทอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 นาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า.....	171
รูปที่ 4.39 จำนวนรอบขีดคู่ผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เทอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 นาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า.....	172

รูปที่ 4.40 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า.....	174
รูปที่ 4.41 เอกซ์เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า	175
รูปที่ 4.42 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า	179
รูปที่ 4.43 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า.....	180
รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BAN กับ K/S ของผ้าฝ้ายผ่านการทรีตภาวะต่างๆ	182

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่ค่อนข้างใหญ่ เนื่องจากประกอบด้วยอุตสาหกรรมย่อยมากมายตั้งแต่อุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยอุตสาหกรรมการผลิตเส้นด้ายอุตสาหกรรมการผลิตผ้า อุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จ และอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม โดยมีผู้ใช้แรงงานราวร้อยละ 20 ของแรงงานอุตสาหกรรมทั่วประเทศ และทำรายได้จากการส่งออกค่อนข้างสูงในระดับต้นๆ ของประเทศซึ่งวิธีหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอให้ก้าวหน้าอย่างยั่งยืนก็คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้มีคุณภาพและมูลค่าเพิ่มขึ้นโดยสามารถพัฒนาผ่านอุตสาหกรรมฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จในกระบวนการต่างๆ ดังเช่น กระบวนการเตรียมสิ่งทอ กระบวนการย้อม กระบวนการพิมพ์ และกระบวนการตกแต่งสำเร็จ

บริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทยจำกัด (มหาชน) มีบุคลากรระดับผู้บริหารและระดับแรงงานรวมทั้งหมด 490 คนประกอบธุรกิจด้านการฟอก ย้อม พิมพ์ และตกแต่งสำเร็จผ้ามากกว่า 40 ปี และมีลูกค้าทั้งในและต่างประเทศซึ่งลูกค้าในประเทศที่สำคัญในปัจจุบัน คือ กรมพลอากาศทหารบก/เรือ/อากาศ โดยมีคำสั่งซื้อผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ลายพรางอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี ทางบริษัทฯ รับผ้าดิบจากโรงงานอื่นเพื่อนำมาผ่านการเตรียม การย้อม การพิมพ์ และการตกแต่งสำเร็จ ก่อนส่งมอบสินค้าที่เป็นผ้าสำเร็จให้แก่กรมพลอากาศฯ สำหรับการเตรียมจะประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ เรียงลำดับดังนี้ คือ การตรวจผ้าดิบ การเผาขนบนผ้า การลอกแป้งบนผ้า การกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้า การฟอก ผ้าการชุบมันผ้าด้วยโซดาไฟ การทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลว และการเซ็ทหน้าผ้า จากนั้นเป็นกระบวนการย้อมผ้าพื้นเขียวตามด้วยการพิมพ์ลายพรางบนผ้า และการตกแต่งสำเร็จผ้าให้ดำเนินการหดตัว ด้านการยับห่วงวงไฟกันยุง ฯลฯ โดยในปัจจุบัน บริษัทฯ มีความสนใจที่จะปรับปรุงเฉพาะกระบวนการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้นเพื่อให้ได้ผ้าที่มีสมบัติต่างๆดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

นอกจากนี้ บริษัทฯ ยังสนใจศึกษาและปรับปรุงวิธีการทดสอบผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ให้เหมาะสมและสะดวกมากขึ้นประกอบกับที่กรมพลอากาศฯ และลูกค้าอื่นๆ ต้องการให้ทางบริษัทฯ พิสูจน์ให้เห็นอย่างเด่นชัดว่าผ้าสำเร็จที่ส่งมอบมาได้ผ่านกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวและจำเป็นต้องผ่านกระบวนการนี้จริงๆ โดยการทดสอบหรือการพิสูจน์ที่บริษัทฯ กระทำในปัจจุบัน คือ การทดสอบหาค่า Barium activity (BAN, barium

activity number) ของผ้า และการส่องกล้องจุลทรรศน์ดูภาคตัดขวางและรูปร่างตามยาวของเส้นใย ซึ่งการทดสอบเหล่านี้ไม่สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ว่าผ้าผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวจริง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการปรับปรุงกระบวนการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวให้เหมาะสมมากขึ้น เพื่อให้สามารถผลิตผ้าที่มีสมบัติยิ่งขึ้น และการปรับปรุงการวิเคราะห์ทดสอบผ้าที่ผ่านกระบวนการเพื่อให้ทราบสมบัติต่างๆ และนำค่าของสมบัติต่างๆ นี้มาหาความสัมพันธ์กัน อันจะช่วยให้การทดสอบวิเคราะห์ผลถูกต้อง แม่นยำ และช่วยตอบโจทย์ความต้องการของผู้ประกอบการ สิ่งทอ และลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ปรับปรุงกระบวนการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวให้สามารถผลิตผ้าที่มีสมบัติต่างๆดีขึ้น
2. ปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ระดับความสมบูรณ์ของกระบวนการและวิธีการวิเคราะห์ผ้าให้ถูกต้อง และแม่นยำ

1.3 ขอบเขตการดำเนินการวิจัย

1. งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงกระบวนการทรีตผ้าฝ้าย 100% และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (85/15) ด้วยแอมโมเนียเหลวในระดับอุตสาหกรรม โดยปรับเปลี่ยนภาวะการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่เวลาต่างๆ ทรีตผ้าแบบมีและไม่มีแรงดึง และวิธีการระเหยแอมโมเนียออกจากผ้าแบบเร็ว (ใช้น้ำล้างผ้า) และแบบช้า (ไม่ใช้น้ำล้างผ้า)
2. ภาวะการทรีตที่เหมาะสมควรจะสามารถทำให้กระบวนการทรีตผ้าเกิดสมบูรณ์แบบ ผ้าสามารถย้อมติดสีได้เข้มและมีสมบัติอื่นๆ ดีขึ้นกว่าผ้าที่ผลิตในโรงงานในปัจจุบัน
3. การวิเคราะห์ทดสอบผ้าเพื่อระบุว่าผ้าผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวมาจริงๆ ในงานวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์ผ้าด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน

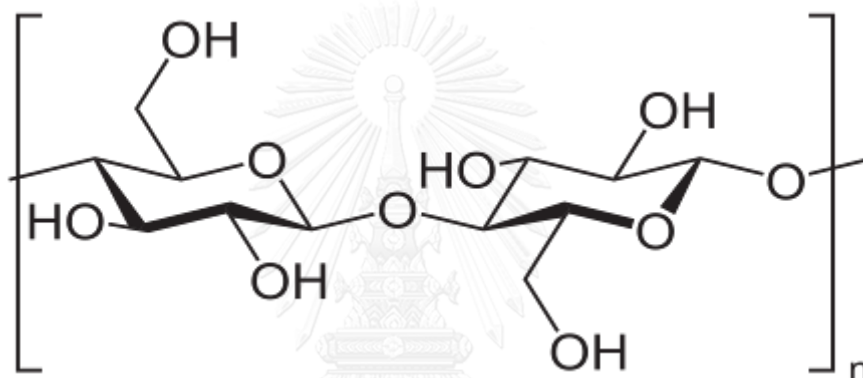
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้กระบวนการที่เหมาะสมในการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว และได้วิธีการวิเคราะห์ผ้าที่ถูกต้อง และแม่นยำ

บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์

2.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบมากที่สุดของสารอินทรีย์ทั้งหมดในธรรมชาติมีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ โดยส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ผนังเซลล์พืชชั้นสูงและจัดว่าเป็นเซลลูโลสบริสุทธิ์ ซึ่งเซลลูโลสประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่เกิดจากกลูโคสหลายๆ โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว แบบ β (1 \rightarrow 4) linked D-glucose ดังแสดงในรูปที่ 2.1 [1-4]



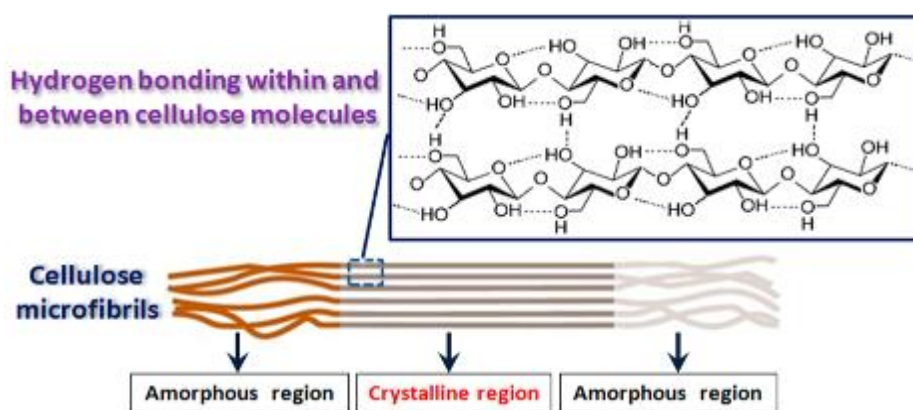
รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส [5]

สายโซ่โมเลกุลของเซลลูโลสมีส่วนประกอบของหมู่ไฮดรอกซิล โมเลกุลมีการเรียงขนานกัน และยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่โมเลกุล ซึ่งสายโซ่พอลิเมอร์ที่เรียงขนาน และยึดกันนี้ ทำให้ภายในโมเลกุลของเซลลูโลสยึดติดกันแน่น และระดับการเกิดพอลิเมอร์ของเซลลูโลสจะแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดของเซลลูโลส [1-7]

2.1.1 เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Fibers)

เส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งโครงสร้างเคมีของเซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติของเส้นใยมาก เพราะเซลลูโลสเกิดจากหน่วยโมเลกุลซ้ำๆ (repeat units) ที่ยึดจับกันเป็นสายยาว ซึ่งหน่วยโมเลกุลซ้ำๆ นี้ คือ เซลโลไบโอส (cellobiose) ที่เกิดจากเบต้ากลูโคส 2 โมเลกุลยึดเกาะกันด้วยพันธะ C-O-C และในโมเลกุลเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่มากมายเพื่อทำหน้าที่ดึงดูดน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาจับกับหมู่ธาตุอื่นๆ การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสมีความเป็น

ระเบียบ (crystalline) ค่อนข้างมากถึง 85-95 % [6-7] และระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นระยะๆ ซึ่งมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีแรงต้านทาน และความแข็งแรงสูง ส่งผลให้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ได้ช้า ส่วนพื้นที่ที่เหลือเป็นโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ (amorphous) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการพองตัวและดูดซับน้ำได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ทั้งนี้ลักษณะโครงสร้างในส่วนไม่เป็นระเบียบที่แตกต่างกันก็จะทำให้ความยืดหยุ่น ปริมาณผลึกและพันธะไฮโดรเจนทั้งภายในและระหว่างสายโซ่โมเลกุลแตกต่างกันด้วย

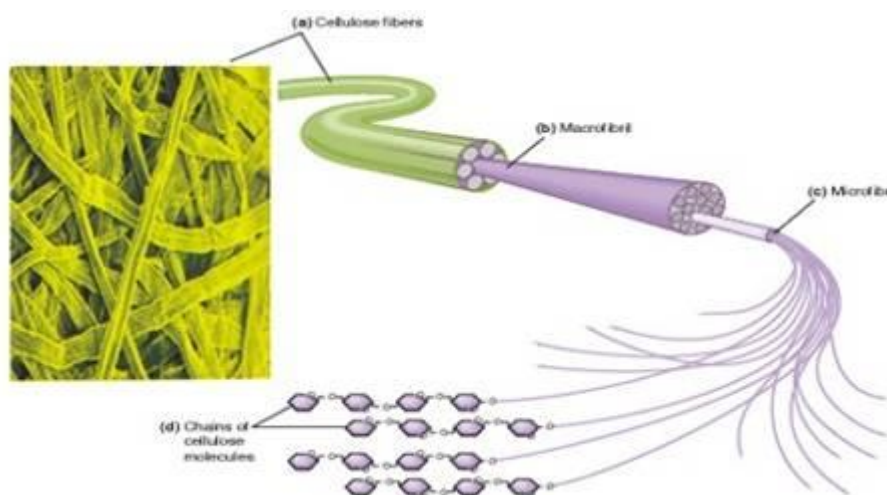


รูปที่ 2.2 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเส้นใยเซลลูโลส [8]

ในเซลลูโลสธรรมชาติ (native cellulose) จะเป็นพวกเส้นใยที่มีความเป็นผลึกสูง มีความแข็งแรงเชิงกล และทนต่อการถูกทำลายด้วยสารเคมีและเอนไซม์ ซึ่งเซลลูโลสประเภทนี้สามารถพบได้ในผนังเซลล์พืชทั่วไป หรือสาหร่าย และแบคทีเรียบางชนิด ตัวอย่างเซลลูโลสธรรมชาติ เช่น ฝ้าย ป่าน และสาหร่าย เป็นต้น [9-10]

เส้นใยเซลลูโลสในผนังเซลล์ปฐมภูมิ(primary cell wall) ประกอบด้วยกลูโคสยาวประมาณ 2,000 โมเลกุล และไม่ต่ำกว่า 14,000 โมเลกุล ในผนังเซลล์ทุติยภูมิ(secondary cell wall)โดยโมเลกุลของเซลลูโลสจะเกาะกันเป็นคู่ตามยาว และเรียงขนานกันเป็นกลุ่ม 40 คู่ เรียกว่า "ไมโครไฟบริล" (microfibrils) เพื่อให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ของพืช โครงสร้างผลึกของเส้นใยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัว และในเวลาเดียวกันสายโซ่โมเลกุลของเส้นใยเซลลูโลสก็เกิดการเรียงตัวใหม่เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยสายโซ่ "พอลิแซ็กคาไรดิก" (Polysaccharidic) จะเกิดการพORMตัวกันเป็น ไมโครไฟบริล (รูป c) ขนาด 15-20 nm อยู่ในผนังเซลล์ ซึ่งจะมีอยู่ทั้งในส่วนที่เป็นระเบียบและไม่เป็นระเบียบ มีการรวมตัวกันเป็นมัดๆ และจัดเรียงกัน

เรียกว่า “แมคโครไฟบริล” (Macro-fibrils) (รูป b) ขนาด 60-300 nm ซึ่งจัดเรียงตัวกันตามแนวยาวขนานกันเป็นชั้นๆ เรียกว่า “โครงสร้างลามิลลาร์” (lamellar structure) (รูป a) [11]

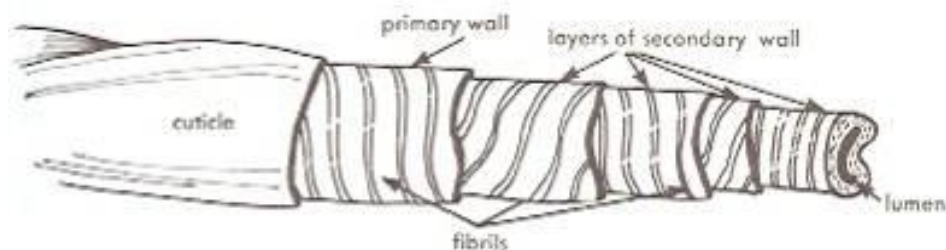


รูปที่ 2.3 ลักษณะของสายโซ่เซลลูโลส ภายในผนังเซลล์ [11]

เส้นใยฝ้าย

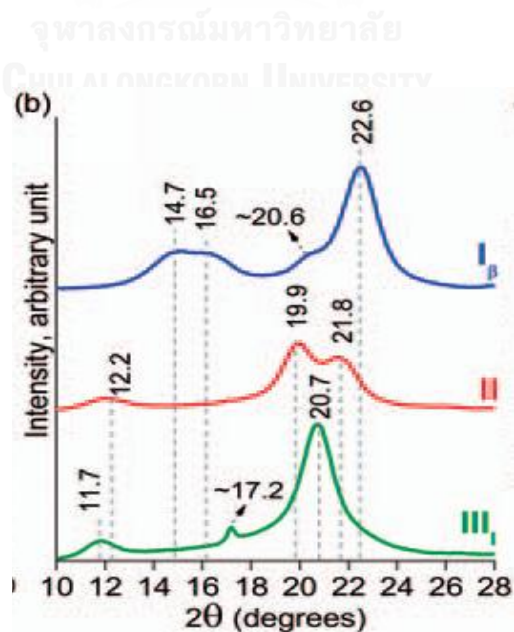
เส้นใยฝ้ายจะมีรูปร่างภาคตัดขวางเหมือนกับถั่วหรือไต มีลักษณะเป็นชั้นๆ ของเปลือกซึ่งเป็นเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยชั้นแรกจะประกอบด้วยเซลลูโลสที่มีความหนาและจะมีวง (daily growth ring) เช่นเดียวกับวงปีของต้นไม้ และภายในเป็นช่องกลางเรียกว่า “ลูเมน” (lumen) เส้นใยตามยาวจะมีการบิดเกลียวคล้ายกับท่อที่แบนบิดเป็นเกลียว และถูกเคลือบโดยขี้ผึ้งธรรมชาติ (natural wax) ในส่วนของเซลลูโลสจะมีรูปร่างเป็นมัดของไฟบริล (fibrillar bundles) ประกอบด้วยไฟบริลเดี่ยว (fibril = tiny fibre) ซึ่งสร้างมาจากเซลลูโลสแมคโครโมเลกุล (cellulose macromolecules) มัดของไฟบริลจะวางตัวทำมุมกับแกนตามยาวของเส้นใยและจะมีช่องว่างระหว่างไฟบริลซึ่งน้ำจะสามารถทะลุ (ซึม) เข้าไปได้ และความชื้นจะถูกเก็บไว้ในบริเวณนี้ เหนือจะถูกดูดซับได้ง่าย และจะขับออกไปเมื่อถูกซับ ฝ้ายจะแข็งแรงขึ้นเมื่อถูกน้ำ เพราะน้ำจะไปทำให้แรงดึง (stress) กระจายแบบสม่ำเสมอตามยาวและตามขวางของชั้นเซลลูโลส (cellulose layer) ความแข็งแรงของเส้นใยฝ้ายเกิดจากการเรียงตัวของโมเลกุลของเซลลูโลสอย่างเป็นระเบียบภายในเส้นใยสูง

(crystalline region) เพราะฉะนั้นจะมีความยืดหยุ่นตัว โดยขึ้นอยู่กับการเลื่อนตัว (slipper) ของความเป็นระเบียบภายในเส้นใย(crystalline region) [1, 12]



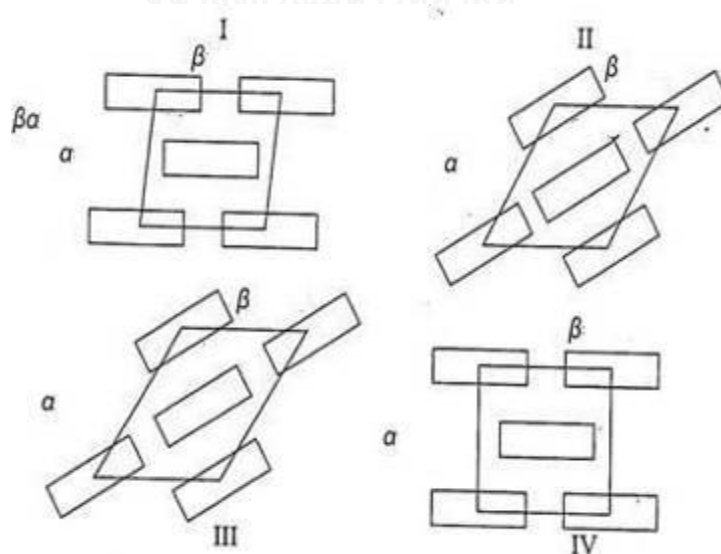
รูปที่ 2.4 รูปแบบของเส้นใยฝ้าย [11]

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ูโลสในเส้นใยฝ้ายสามารถระบุความแตกต่างโครงสร้างผลึกเซลล์ูโลสตามลักษณะของการจัดเรียงตัวของโครงสร้างผลึก ความแตกต่างโครงสร้างรูป (Conformation) ของหมู่ CH_2OH ในวงแหวนกลูโคสของเซลล์ูโลสหรือความแตกต่างด้านการจัดเรียงพันธะไฮโดรเจนในสายโซ่เซลล์ูโลสได้ 4 ลักษณะ เรียกว่า “4 Cellulose polymorphs” คือ cellulose I, cellulose II, cellulose III และ cellulose IV (Cell I, Cell II, Cell III และ Cell IV) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากการฉายแสงรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction)[14-15] ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (แสดงเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโทแกรมของเซลล์ูโลสเพียง 3 ลักษณะ (Cell I, Cell II และ Cell III))



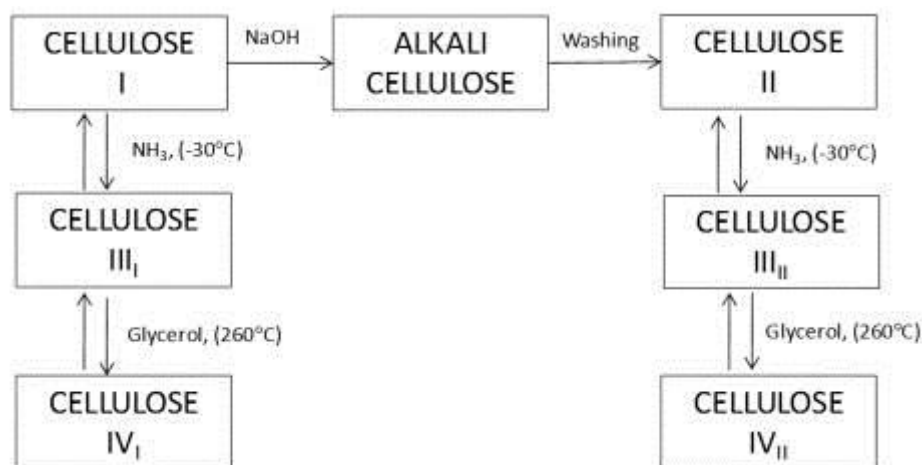
รูปที่ 2.5 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโทแกรมของเซลล์ูโลส 3 ลักษณะ (Cell I, Cell II และ Cell III) [13]

- Cellulose I หรือ Native Cellulose เป็นเซลลูโลสที่หายไปจากธรรมชาติที่มีโครงสร้างกึ่งเป็นระเบียบ ปริมาณผลึก 60–70% มีความเป็นผลึกสูง ทำให้มีความต้านทานต่อสารเคมีต่างๆ ตัวอย่างแหล่งของ Cellulose I เช่น เส้นใยฝ้าย และป่าน เส้นใยจากแบคทีเรียและสาหร่ายทะเลบางชนิด เป็นต้น
- Cellulose II เป็นเซลลูโลสที่ถูกทำให้ละลายด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม และทำให้กลับมาเป็นเซลลูโลสอีกครั้ง (regeneration) หรือเป็นเซลลูโลสที่ผ่านการชุบมันหรือเมอร์เซอร์ไรเซชัน (mercerization) ด้วยสารละลายโซดาไฟ ซึ่งจะมีความคงรูปและจัดเรียงตัวของเซลลูโลสเป็นระเบียบมากขึ้น
- Cellulose III เป็นเซลลูโลสที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวหรือสารเอมีนโมเลกุลเล็ก และระเหยแอมโมเนียหรือเอมีนออกโดยปราศจากน้ำ ทำให้เซลลูโลสมีโครงสร้างจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้น ซึ่งความคงรูปของโครงสร้างผลึกที่มากกว่าทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นใยให้ดีขึ้นด้วย
- Cellulose IV เป็นเซลลูโลสที่ผ่านการให้ความร้อนในน้ำหรือกลีเซอรอล ที่อุณหภูมิและความดันสูง



รูปที่ 2.6 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน Cell I, Cell II, Cell III และ Cell IV [14-15]

ทั้งนี้การเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสกลับไปมาในระหว่างเซลลูโลสทั้ง 4 ลักษณะสามารถเกิดขึ้นได้ แสดงดังรูปที่ 2.7



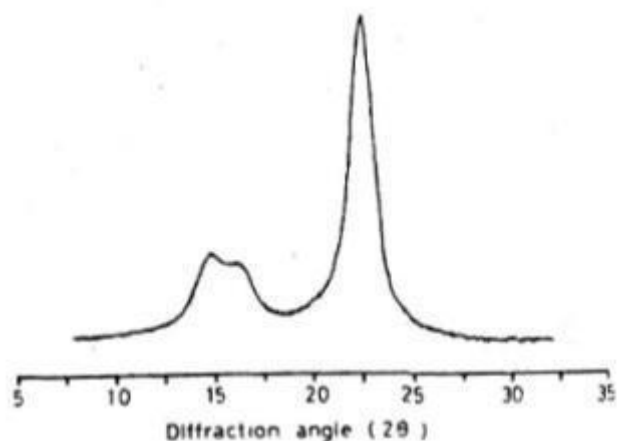
รูปที่ 2.7 กระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลส [15]

2.2 Cellulose I หรือ เซลลูโลสธรรมชาติ (Cellulose I or Native Cellulose)

2.2.1 แหล่งของ Cellulose I

Cellulose I หรือเซลลูโลสจากธรรมชาติ ส่วนใหญ่ได้มาจากพืช เช่น ฝ้าย ป่าน และลินิน เป็นต้น ซึ่งปริมาณของเซลลูโลสในเส้นใยจะแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด หรือส่วนประกอบต่างๆ เช่น น้ำ ขี้ผึ้ง เพกทิน ลิกนิน หรือแร่ธาตุ

ทั้งนี้ Cellulose I หรือเซลลูโลสจากธรรมชาติจะเป็นการผสมกันของผลึก 2 ชนิดที่มีสมบัติแตกต่างกัน คือ Cellulose α และ Cellulose β ซึ่ง Cellulose α จะอยู่ในพวกพืชชั้นต่ำ เช่น รา สาหร่าย (*Valonia ventricosa*) หรือแบคทีเรีย (*Acetobacter xylinum*) ในขณะที่ Cellulose β ส่วนใหญ่จะอยู่ในพวกพืชชั้นสูง เช่น ฝ้าย หรือป่าน เป็นต้น และจากการจัดเรียงตัวที่ต่างกัน (Packing) ของเซลลูโลสทำให้เส้นใยเซลลูโลสจากสาหร่ายจะมีความแข็งแรงสูงที่สุดเนื่องจากการจัดเรียงตัวที่ดีกว่า รองลงมาคือ เส้นใยเซลลูโลสจากแบคทีเรีย และเส้นใยเซลลูโลสจากฝ้าย ตามลำดับ [9-10]



รูปที่ 2.8 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I [16]

ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ชนิดของผลึกเซลลูโลสได้ด้วยการใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) ซึ่งเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I จะมีฟังก์ชันการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์อยู่ที่ 2θ บนระนาบ (110), (110) และ (200) เท่ากับ 14.7° , 16.5° และ 22.6° ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และตารางที่ 2.1

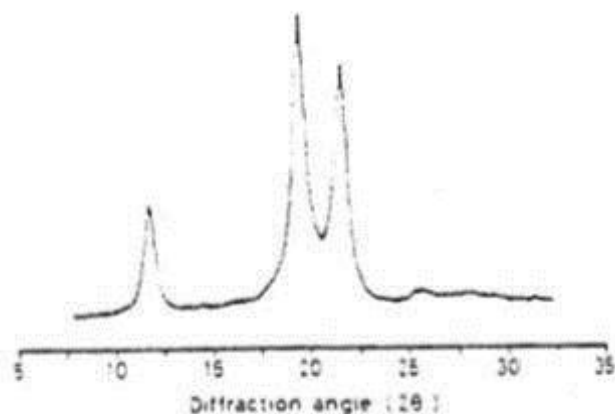
ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งฟังก์ชันในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I [17]

องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ			
	110	110	200
Cellulose I (Avicel)	14.7	16.5	22.6

2.3 Cellulose II

2.3.1 แหล่งของ Cellulose II

Cellulose II เป็นการแช่เซลล์ลูโลสธรรมชาติ หรือ Cellulose I ลงในสารละลายต่าง ๆ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโซดาไฟ ซึ่งเป็นกระบวนการที่รู้จักทั่วไป คือ “เมอร์เซอร์ไรเซชัน” (Mercerization) หรือ “การชุบมัน” นอกจากนี้ยังมีวิธีที่สามารถทำให้เกิด Cellulose II ได้ โดยการละลายเซลลูโลสและขึ้นรูปใหม่อีกครั้งที่เรียกว่า “กระบวนการวิโคส” (vucose process) หรือ ละลายเซลลูโลสในสารละลาย MMNO (N-methyl morpholine N-oxide) และขึ้นรูปใหม่อีกครั้ง [18]



รูปที่ 2.9 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose II [19]

การวิเคราะห์ชนิดของผลึกเซลลูโลสด้วยการใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) โดยเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose II จะมีพีคองศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์อยู่ที่ 2θ บนระนาบ $(\bar{1}10)$, (110) และ (020) เท่ากับ 12.2° , 19.9° และ 21.8° ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 2.9 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งพีคในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose II [13, 17, 25]

องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ			
	$\bar{1}10$	110	020
Cellulose II	12.2	19.9	21.8

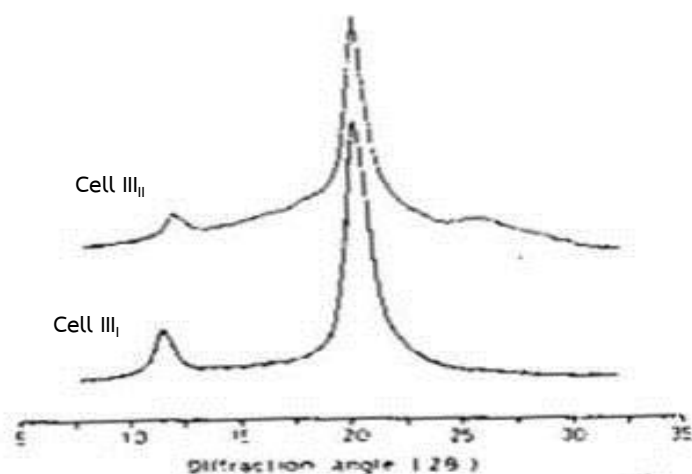
2.4 Cellulose III

2.4.1 แหล่งของเซลลูโลส III

นอกจากการชุบมันด้วยโซดาไฟ (Mercerization) แล้วการทรีตเส้นใยฝ้าย หรือเส้นใยเซลลูโลสด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้เส้นใยเกิดการพองตัว หรือบวมตัวขึ้นได้เช่นเดียวกัน

ในปี 1930 Barry และคณะ [20] ได้ศึกษาและสังเกตเห็นว่า เส้นใยฝ้ายเกิดการบวมตัว และมีลักษณะยืดหยุ่นเมื่ออยู่ในแอมโมเนียเหลว และลักษณะโครงสร้างผลึกเซลลูโลสเปลี่ยนไปเป็น

Cellulose III ทั้งนี้ Cellulose III สามารถเปลี่ยนได้จากทั้ง Cellulose I (เรียกว่า Cellulose III_I) และ Cellulose II (เรียกว่า Cellulose III_{II}) โดยที่หลังการทรีตเส้นใยด้วยแอมโมเนียเหลวแล้วต้องระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยปราศจากน้ำ เพราะถ้าล้างน้ำเส้นใยหรือให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°C จะทำให้โครงสร้างผลึกเซลลูโลสที่เป็น Cellulose III เปลี่ยนกลับไปเป็น Cellulose I เหมือนเดิม เนื่องจากการแทรกซึมของแอมโมเนียจะทำให้ภายในโครงสร้างผลึกเกิดการพองตัวและจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนของเซลลูโลสให้เกิดเป็นโครงสร้างเชิงซ้อนของเซลลูโลสและแอมโมเนีย หรือที่เรียกว่า “Cellulose ammonia complex” ซึ่งระหว่างกระบวนการระเหยแอมโมเนียออกทำให้เกิดโครงสร้าง Cellulose III และจะทำให้พื้นที่ในส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) ลดลงส่วนที่เหลือจะเป็น Cellulose I [19-24]



รูปที่ 2.10 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของเซลลูโลส III [16]

การวิเคราะห์ชนิดของผลึกเซลลูโลสด้วยการใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction) โดยเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose III จะมีพีคองศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ (010) เท่ากับ 11.7° และบนระนาบ (100), (012) และ (110) เท่ากับ 20.7° ส่วน Cellulose III_{II} จะมีพีคที่ 2θ บนระนาบ (110) เท่ากับ 12.1° และบนระนาบ (110) และ (020) เท่ากับ 20.6° ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และตารางที่ 2.3

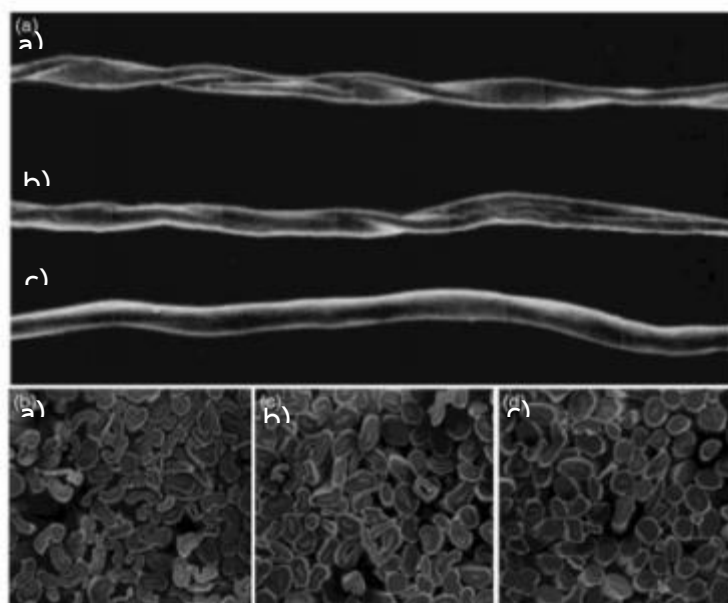
ตารางที่ 2. 3 ตำแหน่งพีคในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของเซลลูโลส III [13, 17, 26]

องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2 θ บนระนาบ		
	0 $\bar{1}0$	100, 012 และ 110
Cellulose III _I	11.7	20.7

องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2 θ บนระนาบ		
	1 $\bar{1}0$	110 และ 020
Cellulose III _{II}	12.1	20.6

2.5. การทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว (Liquid Ammonia Treatment Process)

แอมโมเนียเหลวมีจุดเดือดที่ -33.35 องศาเซลเซียส และจุดเยือกแข็งที่ -77.77 องศาเซลเซียส ที่ 1 บรรยากาศ และมีแรงตึงผิวประมาณ 25.95 ดายน์/เซนติเมตรหรือประมาณ $1/3$ ของน้ำ และพบว่าสามารถนำมาใช้เป็นสารช่วยให้เส้นใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย พองตัวออกได้ [24-25] เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายโซดาไฟแอมโมเนียจะถูกดูดซึมด้วยเซลลูโลสได้เร็วกว่าสารละลายโซดาไฟ เพราะแอมโมเนียมีโมเลกุลขนาดเล็กกว่าโซดาไฟ เมื่ออยู่ในตู้ให้ความเย็นแอมโมเนียจะทำให้เกิดแรงดัน 8.6 บาร์ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และ 11.5 บาร์ ที่ 30 องศาเซลเซียส ดังนั้นในกระบวนการทำปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสและแอมโมเนียจึงต้องทำภายใต้อุณหภูมิต่ำกว่า -34 องศาเซลเซียส เมื่อแอมโมเนียซึมผ่านเส้นใยเซลลูโลสเส้นใยจะเกิดการพองตัวเพื่อกักเก็บแอมโมเนียไว้ในเส้นใย และหลังจากนั้นแอมโมเนียจะระเหยออกจากเส้นใยไปอย่างรวดเร็ว โดยอาจมีหรือแรงตึงกับเส้นใยในระหว่างที่มันพองตัวเพื่อให้กระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเกิดอย่างสมบูรณ์แบบ โดยสามารถหาระดับความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตได้ด้วยการหาค่าแบเรียมแอกติวิตี (Barium Activity Number; BAN)



รูปที่ 2.11 รูปร่างตามยาวและภาคตัดขวางของเส้นใยเซลลูโลส a) ก่อนชุบมันด้วยโซดาไฟ, b) หลังชุบมันด้วยโซดาไฟ และ c) หลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว [26]

ทั้งนี้เส้นใยเซลลูโลสที่ผ่านกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวแล้ววิเคราะห์ระดับการพองตัวของเส้นใยโดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ดูรูปร่างตามยาวและภาคตัดขวางของเส้นใย พบว่าระดับการพองตัวของเส้นใยจะมากขึ้น ซึ่งเส้นใยมีลักษณะเป็นวงกลมโดยมีช่องว่างตรงกลาง (lumen) น้อยมากหรือแทบจะไม่มีเลย ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ส่งผลให้เส้นใยมีพื้นที่ผิวมากขึ้นจึงสามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้น หรือย้อมได้สีเข้มมากขึ้นนั่นเอง

2.5.1 ข้อดีของกระบวนการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลว

จากงานวิจัยที่ผ่านมา [25] แสดงให้เห็นว่าการแช่ผ้าฝ้ายลงในแอมโมเนียเหลวในระยะเวลาสั้นๆ ราว 8-12 วินาที สามารถทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวออก และหากแช่นานขึ้นเส้นใยก็จะพองตัวมากขึ้นจนพองตัวเต็มที่ หลังการกำจัดแอมโมเนียออกจากผ้าแล้วนำผ้าไปย้อมสี สีจะติดบนผ้า เข้มกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียผ้าสามารถต้านทานต่อการเสียดสีและขีดถู ค่าองศาการคืนต่อการยับของผ้า (wrinkle recovery angle) เพิ่มขึ้น ผ้ามีความคงตัว และเสื้อที่ผ่านการทรีตนี้ก็จะยังดูใหม่เสมอ ตามแขนเสื้อและด้านหลังของเสื้อจะมีรอยยับน้อยลงเมื่อนำไปใช้งาน และเมื่อ

นำไปซักจะทำให้ง่ายต่อการรีดหรือไม่จำเป็นต้องรีดเลยก็ได้ ซึ่งการปรับปรุงกระบวนการเหล่านี้เพื่อเป็นการลดระยะเวลาและขยายระยะเวลาในการดูแลรักษาเสื้อผ้า หรืออีกอย่างเพื่อให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติบางประการคล้ายกับผ้าเส้นใยสังเคราะห์นั่นเอง [27-30]

ข้อดีของผ้าเมื่อผ่านกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว

ดูแลรักษาง่าย คุณภาพเหมือนใหม่
มีความคงทนต่อการยับ
มีความเงา มันวาว
การติดสีย้อมเรียบ สม่ำเสมอ
มีความคงทนต่อการซัก
มีความคงทนต่อการฉีกขาด
มีความคงทนต่อการขีดถู และเสียดสี
มีความยืดหยุ่นตัวดี และสัมผัสที่นุ่มมือ
แห้งเร็ว

สาเหตุที่ทำให้การทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวมีประสิทธิภาพที่ด้นั้นเนื่องจาก

- แอมโมเนียเหลวไม่ทำลายเส้นใย เมื่อเทียบกับสารละลายโซดาไฟที่เกิดปฏิกิริยารุนแรง ดังนั้นสมบัติเชิงกลในเรื่องความแข็งแรง เช่น ความคงทนต่อการขีดถู ความคงทนต่อแรงฉีกขาดจะสูงกว่า และผิวสัมผัสก็ยังคงนุ่มแม้ผ่านการซักแล้วหลายครั้ง
- แอมโมเนียเหลวทำให้เส้นใยบวมตัวน้อยกว่า ซึ่งส่งผลให้เส้นใยมีความยืดหยุ่น และคงรูปร่างได้ดั้งเดิม แม้เจอแรงกระทำซึ่งเกิดจากการขีดถูและการซัก ดังนั้นเสื้อผ้าที่ผ่านการกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวจะดูใหม่ยาวนานกว่า
- สารละลายโซดาไฟไม่สามารถเข้าไปในเนื้อเส้นใยได้ลึกเท่าแอมโมเนียเหลว ซึ่งมีโมเลกุลที่เล็กกว่า ทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอ มีประสิทธิภาพและเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีกว่า นอกจากนี้การหดตัวหลังการซักรังยังมีค่าที่ดีกว่าและสีจะไม่เปลี่ยนมากเมื่อผ่านการใช้งานในระยะเวลาที่ยาวนานกว่า

ลักษณะผ้าที่สามารถผ่านกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว

- ผ้าเส้นใยเซลลูโลสทั้งหมดสำหรับเสื้อผ้าลำลองและเสื้อผ้า ยีนส์ เสื้อเชิ้ตที่ตกแต่งให้นุ่ม ผ้าม่าน และผ้าที่เป็นเส้นใยเซลลูโลสอื่นๆ
- ผ้าที่เตรียมพร้อมจะย้อมสี หรือผ้าที่ย้อมสีแล้วก็จะไม่ทำให้สีตกขณะที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ซึ่งได้ทั้งผ้าบาง และผ้าหนา (ตัวอย่างเช่น ผ้าที่ย้อมสีแวต(Vat), อินแดนทริน (Indanthrene), พิกเมนต์ (Pigment)หรือ รีแอกทีฟ (Reactive)เป็นต้น)
- ผ้าที่มีส่วนประกอบของเส้นใยต่างๆ เช่น ลินิน100%, ฝ้าย100%, วิสโคส100% หรือเส้นใยผสมเช่น ลินิน/วิสโคส, ลินิน/ฝ้าย/วิสโคส, ฝ้าย/ลินิน/ไนลอน, วิสโคส/ขนสัตว์/ฝ้าย, ขนสัตว์/วิสโคส/ลินิน/Polynosic และลินิน/พอลิเอสเทอร์/Polynosicเป็นต้น

2.5.2 ความสำคัญของการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว

การใช้แอมโมเนียในระดับอุตสาหกรรม แม้จะมีการศึกษาข้อมูลอย่างลึกซึ้งมาเป็นเวลานานแต่ก็ยังมีปัญหาในทางปฏิบัติ และการใช้งาน ทั้งในเรื่องการป้องกันไม่ให้แอมโมเนียแพร่กระจายและข้อจำกัดต่างๆ ในด้านอุตสาหกรรม ทำให้กระบวนการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลว (Liquid Ammonia Treating Process) ยังไม่เป็นที่แพร่หลายไปยังผู้ใช้ แม้ว่าจะเห็นข้อแตกต่างของผ้าหลังจากการชุบมันด้วยไฮดาไฟเทียบกับการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวอย่างค่อนข้างจะชัดเจน เนื่องจากความยากลำบากในการจัดการแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียมีกลิ่นฉุน และไม่สามารถปล่อยออกมาในสภาพแวดล้อมได้ โรงงานจึงต้องมีระบบควบคุมบริเวณพื้นที่การทำงาน ที่สำคัญจะต้องมีเครื่องจักรเฉพาะที่ผลิตในหลายประเทศซึ่งต้องใช้วัสดุทนการกัดกร่อนของแอมโมเนียได้ ตัวเครื่องต้องเป็นระบบปิด มีระบบดูดแก๊สแอมโมเนียในเครื่องเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (recovery unit) และใช้ซ้ำ (re-use) มีระบบทำความสะอาดเพื่อรักษาให้แอมโมเนียอยู่ในสภาพของเหลวตลอดเวลา มีระบบการเคลื่อนผ้าอย่างต่อเนื่องด้วยความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิ -34 °C จากนั้นแอมโมเนียจะถูกกำจัดออกจากผ้าด้วยระบบระเหยแอมโมเนียออกจากผ้าทั้งภาวะแห้งและภาวะเปียก นอกจากนี้ยังมีระบบเพิ่มแรงตึงให้ผ้าอีกด้วย ซึ่งข้อกำหนดเหล่านี้ทำให้เครื่องจักรมีราคาแพง ควบคุมการผลิตค่อนข้างยาก ณ ปัจจุบันมีผ้าใยเซลลูโลสหลายชนิดที่มีการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ซึ่งแต่ละชนิดจะดูดซับแอมโมเนียเหลวในปริมาณที่แตกต่างกัน และแอมโมเนียระเหยออกหลังการทรีตในปริมาณที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ เครื่องทรีตแอมโมเนียนี้จะระเหยแอมโมเนียออกจากผ้าหลังการทรีตโดยวิธีระเหยด้วยความร้อนจากลูกกลิ้งร้อน ระเหยด้วยการพ่นไอน้ำ ล้างผ้าและซักล้างผ้าด้วยน้ำอีกครั้ง ดังนั้น แอมโมเนียที่จะถูกเครื่องดึงกลับมาใช้ใหม่จึงมีทั้งแอมโมเนียเหลว แก๊สแอมโมเนีย และสารละลายแอมโมเนีย ทำให้กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่และใช้ซ้ำแอมโมเนียแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันด้วย ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของกระบวนการทรีตแอมโมเนียแบบอัตโนมัติและการควบคุมที่ทันสมัย และมีการปรับปรุงเพื่อให้การผลิตในโรงงานมีความปลอดภัยจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด นอกจากนี้กระบวนการกำจัดแอมโมเนียออกด้วยการระเหยหรือการซักล้างก็ยังส่งผลต่อคุณภาพของผ้าที่แตกต่างกันด้วย โดยการกำจัดแอมโมเนียออกจากผ้าด้วยความร้อนโดยปราศจากน้ำจะส่งเสริมให้เกิดโครงสร้างผลึกเป็น Cellulose III มากที่สุด ซึ่งรูปแบบผลึกของเซลลูโลสดังกล่าวจะมีข้อดีในเรื่อง

- ความแข็งแรงของผ้าค่อนข้างสูง
- การเพิ่มขึ้นของการดูดซึมน้ำ และสารเคมีต่างๆ ของผ้าหลังผ่านกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว
- ความสม่ำเสมอของการย้อมสีที่ดี

งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการทรีตแอมโมเนียเหลวบนเส้นใยเซลลูโลส มีดังนี้

สิทธิบัตรของ Calamari และคณะ [31] แสดงสมบัติบางประการที่ดีขึ้นจากการทรีตผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์อัตราส่วน 50:50 ด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึง และกำจัดแอมโมเนียออกอย่างรวดเร็วโดยใช้น้ำ เปรียบเทียบกับกำจัดแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยปราศจากน้ำ ทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด, ความคงทนต่อการขัดถู และองศาการคืนตัวต่อการยับ เป็นต้น พบว่าผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์มีความแข็งแรงต่อการฉีกขาด, ความคงทนต่อการขัดถู และองศาการคืนตัวต่อการยับในภาวะเปียกสูงขึ้นเมื่อผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 8 วินาที และกำจัดแอมโมเนียออกอย่างรวดเร็วด้วยน้ำ ทั้งนี้ผ้าฝ้าย และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์มีความแข็งแรงต่อการฉีกขาด, ความคงทนต่อการขัดถู และองศาการคืนตัวต่อการยับในภาวะเปียก และแห้งสูงขึ้นเมื่อผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 10 วินาที และกำจัดแอมโมเนียออกโดยการระเหยออกอย่างช้าๆ ในภาวะที่ไม่มีน้ำ

สิทธิบัตรของ Yathu และคณะ [32] แสดงการทดลองการชุบมันเส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายด้วยสารละลายไฮโดรฟลูออริก และการทรีตเส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึง ระยะเวลาแอมโมเนียออกที่อุณหภูมิห้องโดยปราศจากน้ำ และวิเคราะห์ผลึกเซลลูโลสด้วยเทคนิค X-ray diffraction ทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ความคงทนต่อการขัดถู และความสามารถในการดูดซึ่มสารเคมี เป็นต้น พบว่าผลึกเซลลูโลสในเส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายที่เป็น Cell I ได้เปลี่ยนไปเป็น Cell II เมื่อผ่านการชุบมันด้วยสารละลายไฮโดรฟลูออริก ส่วนผลึกเซลลูโลสในเส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายที่เป็น Cell I และที่เป็น Cell II ได้เปลี่ยนไปเป็น Cell III เมื่อผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึง และระยะเวลาแอมโมเนียออกที่อุณหภูมิห้องโดยปราศจากน้ำ ทั้งนี้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายที่เป็น Cell III ยังสามารถเปลี่ยนไปเป็น Cell IV ได้เมื่อผ่านการแช่ใน ethylenediamine ที่อุณหภูมิห้องและตามด้วยการแช่ใน dimethylformamide ที่เดือด นอกจากนี้เส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายที่ผลึกเซลลูโลสเป็น Cell II, Cell III และ Cell IV ยังมีความคงทนต่อการขัดถู และความสามารถในการดูดซึ่มสารเคมีสูงกว่าเส้นใย, เส้นด้าย และผ้าฝ้ายที่ผลึกเซลลูโลสเป็น Cell I อีกด้วย

สิทธิบัตรของ Dalle [33] แสดงกระบวนการทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวที่มีแรงดึงผ้า และปริมาณแอมโมเนียบนผ้า ต่างๆ กัน และศึกษาการระเหยแอมโมเนียออกจากผ้าอย่างช้าๆ เปรียบเทียบกับการกำจัดแอมโมเนียออกอย่างรวดเร็ว พบว่าผ้าฝ้ายก็มีความสามารถในการย้อมติดสี, ความคงรูปร่างของผ้า, ความแข็งแรง และความต้านทานต่อการขึ้นขุยขนดดีที่สุด เมื่อให้แรงดึงผ้าเริ่มต้นที่ 25% ของแรงดึงขาด และมีปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้นบนผ้า 200% ของน้ำหนักผ้า และระยะเวลาแอมโมเนียออกจากผ้าภายใน 80 วินาทีในขณะที่ลดแรงดึงผ้าลง ส่วนผ้าฝ้ายที่มีแรงดึงเริ่มต้น 10% ของแรงดึงขาด และมีปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น 200% ของน้ำหนักผ้า และระยะเวลาแอมโมเนียออกจากผ้า ภายใน 60 วินาทีโดยไม่ลดแรงดึงผ้า พบว่าผ้าฝ้ายก็มีความสามารถในการย้อมติดสี และความคงรูปร่างของผ้าต่ำ แต่ผ้ามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และความต้านทานต่อการขึ้นขุยขนอยู่ในระดับปานกลาง ผ้าฝ้ายที่มีแรงดึงเริ่มต้นเพียง 7% ของแรงดึงขาด และมีปริมาณแอมโมเนียเริ่มต้น 200% ของน้ำหนักผ้า และกำจัดแอมโมเนียออกจากผ้าให้อย่างรวดเร็วภายใน 4 วินาที พบว่าผ้าฝ้ายก็มีความคงรูปร่าง และความต้านทานต่อการขึ้นขุยขนต่ำมาก

งานวิจัยของ Mittal และคณะ [34] ศึกษาการใช้เอนไซม์ผสมทางการค้า Genencor-Danisco; GC 220 ย่อยสลายเซลลูโลส 4 ชนิด (Avicel PH 101, α -Cellulose, ใยฝ้ายและผงขังข้าวโพด) ที่ผ่านการทรีตด้วยสารละลายโซดาไฟ 16.5% โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการ ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิ 25°C และ 130°C เมื่อวิเคราะห์ผลึกเซลลูโลสด้วยเทคนิค X-ray diffraction พบว่าเซลลูโลสทั้ง 4 ชนิดที่มีผลึกเซลลูโลสที่เป็น Cell I เปลี่ยนเป็น Cell II เมื่อผ่านการทรีตด้วยสารละลายโซดาไฟ 16.5% โดยน้ำหนัก และผลึกเซลลูโลสที่เป็น Cell I เปลี่ยนเป็น Cell III เมื่อผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่อุณหภูมิ 25°C และ 130°C (ที่ 130°C เปลี่ยนเป็น Cell III ได้มากที่สุด) เมื่อทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสด้วยเอนไซม์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเซลลูโลสทั้ง 4 ชนิด ที่ผ่านการทรีตด้วยสารละลายโซดาไฟ (ผลึกเซลลูโลสเป็น Cell II) สามารถถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์มากที่สุด ตามด้วยเซลลูโลสที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ 25°C, 130°C และที่ไม่ได้ทรีต ตามลำดับ

งานวิจัยของ Kafle และคณะ [35] แสดงการศึกษาผ้าฝ้ายที่ผ่านการฟอก (BC), ผ้าฝ้ายที่ผ่านการฟอกและชุบมันด้วยสารละลายโซดาไฟ (BMC), ผ้าฝ้ายที่ผ่านการฟอก ชุบมันด้วยสารละลายโซดาไฟ และทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว (BMAC) และผ้าฝ้ายที่ผ่านการฟอก และทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว(BAC) ที่ -38°C และระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ วิเคราะห์ผลึกเซลลูโลสด้วยเทคนิค X-ray diffraction และ FTIR ของผ้าฝ้ายทั้ง 4 ชนิด พบว่าผลึกเซลลูโลสในผ้า BC ที่เป็น Cell I เปลี่ยนไปเป็น Cell II เมื่อผ่านการชุบมันด้วยสารละลายโซดาไฟ (ได้ผ้า BMC) ส่วนผลึกเซลลูโลสในผ้า BC ที่เป็น Cell I และผลึกเซลลูโลสในผ้า BMC ที่เป็น Cell II เมื่อผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่-38°C และระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยปราศจากน้ำ ผลึกเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปเป็น Cell III และ Cell III ตามลำดับ ทั้งนี้การทดสอบสมบัติต่างๆ พบว่า ผ้า BAC มีระดับความเรียบ, องศาการคืนตัวต่อการยับ และความคงทนต่อการขัดถูที่ดีที่สุด และผ้า BMC มีความแข็งแรงต่อการฉีกขาดมากที่สุด

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขอบเขตการทดลอง

การดำเนินงานวิจัยแบ่งขอบเขตการทดลองออกเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ศึกษาภาวะและผลการทรีตผ้าในโรงงานในปัจจุบัน โดยวิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ รวมทั้งกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน (ทรีตผ้าโดยมีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกอย่างรวดเร็วด้วยไอน้ำ และซักล้างผ้า)

ส่วนที่ 2 เตรียมผ้าที่ผ่านการทรีตแอมโมเนียเหลวอย่างสมบูรณ์แบบ และมีผลึกเซลลูโลสเป็น Cellulose III มากที่สุด โดยทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว โดยไม่มีแรงดึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้า

ส่วนที่ 3 ปรับเปลี่ยนภาวะการทรีตแอมโมเนียเหลวให้ต่างจากภาวะที่โรงงานใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงผ้า ระเหยแอมโมเนียออกอย่างรวดเร็วด้วยไอน้ำ และซักล้างผ้า เปรียบเทียบกับการทรีตภายใต้แรงดึงผ้า ระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้า และไม่ซักล้างผ้า แล้ววิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้า เพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต การเปลี่ยนแปลงของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าหลังการทรีต และสมบัติอื่นๆ ของผ้าหลังการทรีต

ส่วนที่ 4 ปรับเปลี่ยนภาวะการทรีตแอมโมเนียเหลวให้ต่างจากภาวะที่โรงงานใช้อยู่ในปัจจุบัน ทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวโดยไม่มีแรงดึงผ้า ระเหยแอมโมเนียออกอย่างรวดเร็วด้วยไอน้ำ และซักล้างผ้า เปรียบเทียบกับการทรีตโดยไม่มีแรงดึงผ้า ระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้า และไม่ซักล้างผ้า แล้ววิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้า เพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต การเปลี่ยนแปลงของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าหลังการทรีต และสมบัติอื่นๆ ของผ้าหลังการทรีต

ส่วนที่ 5 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆ ของผ้าที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ณ ภาวะต่างๆ

3.2 วัสดุและสารเคมี

1. ผ้าฝ้าย (100%) ทอลายขัดด้ายยืนเบอร์ 50 Ne x ด้ายพุ่งเบอร์ 40 Ne จำนวนเส้นด้ายยืน 140 เส้นเส้นด้ายพุ่ง 80 เส้น ต่อตารางนิ้ว น้ำหนัก 113 กรัมต่อตารางเมตร และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (85/15) ทอลายสองด้ายยืนเบอร์ 35 Ne (ควบ2) x ด้ายพุ่งเบอร์ 20 Ne จำนวนเส้นด้ายยืน 100 เส้นเส้นด้ายพุ่ง 63 เส้น ต่อตารางนิ้ว น้ำหนัก 220 กรัมต่อตารางเมตร ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย จำกัด (มหาชน) จำนวน 5 กลุ่มที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ผ้าพอก

กลุ่มที่ 2 ผ้าพอกและชุบมันด้วยโซดาไฟ

กลุ่มที่ 3 ผ้าพอก ชุบมันด้วยโซดาไฟและทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว

กลุ่มที่ 4 ผ้าพอกและทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว

กลุ่มที่ 5 ผ้าพอก ชุบมันด้วยโซดาไฟ ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวและชุบมันด้วยโซดาไฟอีกครั้ง

(กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

2. แอมโมเนียเหลว (liquid NH₃) จากบริษัท Brenntac
3. โซดาไฟ หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จากบริษัท Merck
4. แบเรียมไฮดรอกไซด์ (Ba (OH)₂) เป็นสารสำหรับหาค่าแบเรียมแอกติวิตีในการทดสอบความสมบูรณ์ของการทรีตผ้าด้วยโซดาไฟหรือแอมโมเนีย จากบริษัท Laboratory Reagent&Fine Chemicals.
5. สี Benzopurpurin 4B (Direct Dye) สำหรับย้อมสีผ้าฝ้าย จากบริษัท TOKYO KASEI
6. สี Hicron Brown 3RS (Disperse Brown 1) สำหรับย้อมสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ จากบริษัท Eurosia
7. สี Terasil Blue BGE-01 (Disperse Blue 60) สำหรับย้อมสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ จากบริษัท Huntsman
8. สี Solantren Yellow 2GC (Vat Yellow 2) สำหรับย้อมสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ จากบริษัท Eurosia
9. สี Novasol Brown BR-01 (Vat Brown 1) สำหรับย้อมสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ จากบริษัท Huntsman
10. สี Navasol Blue CL-MD (Vat Blue 66) สำหรับย้อมสีผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ จากบริษัท Huntsman

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

รายชื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดลอง

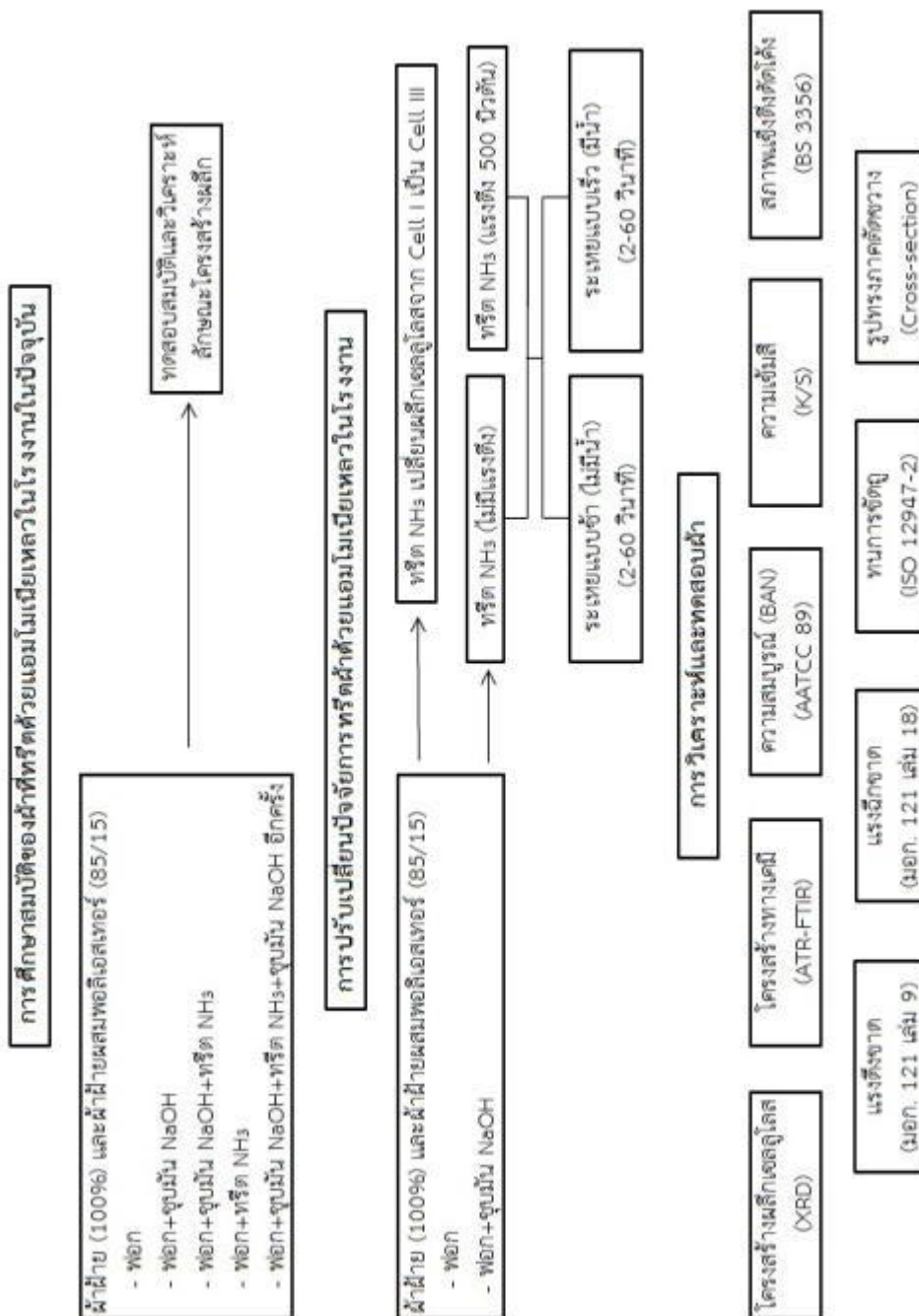
ชื่อเครื่องมือ/อุปกรณ์	รุ่น/บริษัทผู้ผลิต
เครื่องทรีตแอมโมเนีย (The liquid ammonia processing machine)	Gen. Schematic/ KYOTO MACHINERY/ Japan
เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์(X-ray diffractometer)	Phillips PW 370/ Phillips/ Netherlands
เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer, FT-IR)	Nicolet 6700/ Thermo Fisher Scientific Inc./ United States of America
อ่างน้ำเขย่า (Shaking water bath)	L-24P-1/ LABTEC/ Taiwan
เครื่องย้อมเจีท	H-24M/ COPOWER TECHNOLOGY/ Taiwan
เครื่องย้อมแบบต่อเนื่อง	MH-5/ TSUJII DYEING MACHING MANUFACTURING CO., LTD./ JAPAN
เครื่องวัดสี (Computer Color Matching; CCM)	1200-1079/ Datacolor International/ USA
เครื่องวัดสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า (Stiffness Tester)	M0038/ SDL Atlas Inc./ United of Kingdom
เครื่องทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับ (Wrinkle Recovery Angle Tester)	MR-1/ DAIEI KAGAKU SEIKI/ JAPAN
เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง (Tensile Testing Machine)	GT-7010-D2E/ GOTECH/ Taiwan

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ชื่อเครื่องมือ/อุปกรณ์	รุ่น/บริษัทผู้ผลิต
เครื่องทดสอบความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาดแบบดิจิทัล (Digital Elmendorf Tester)	M008E/ SDL Atlas Inc./ United of Kingdom
เครื่องทดสอบความคงทนต่อการขีดถู (Martindale Abrasion and Pilling Tester)	Nu-Martindale/ Japan
กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)	BX41/ OLYMPUS/ Japan



3.4 การดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.1 การดำเนินงานวิจัย

3.4.1 การศึกษาวิเคราะห์และทดสอบสมบัติต่างๆของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอส

เทอร์ที่ทรีดด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

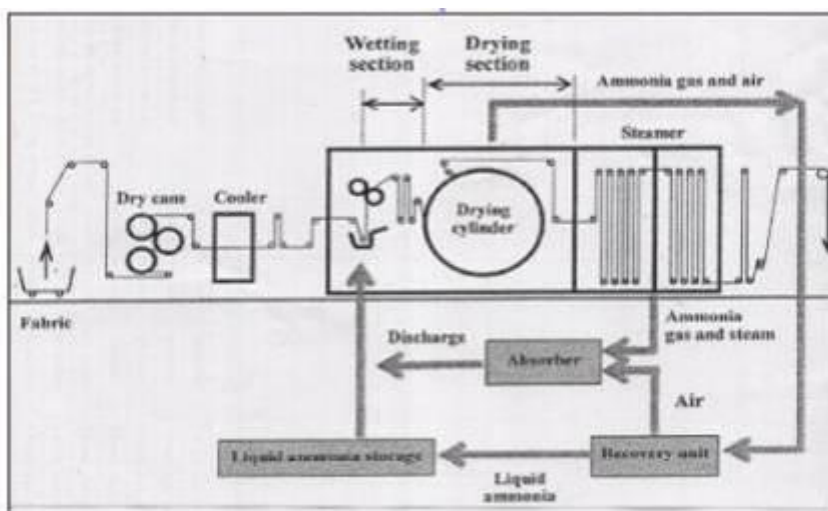
ศึกษาวิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่างๆ และลักษณะโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้าย (แสดงในหัวข้อ 3.4.3) ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงาน 5 ลักษณะ คือ

- ผ้าฟอก (ฟอก 10 g/l H₂O₂, (50%) 100 °C, 1 ชั่วโมง)
- ผ้าฟอก+ซุบมัน NaOH (20% NaOH, 20°C, 1 นาที)
- ผ้าฟอก+ซุบมัน NaOH+ทรีดNH₃(NH₃, -20°C, 2 วินาที, แรงดึงผ้า 500 นิวตัน, ระเหย NH₃ ออกจากผ้าด้วยลูกกลิ้งที่ร้อน 100 °C, ด้วยไอน้ำ และด้วยน้ำหรือซักล้างผ้า)
- ผ้าฟอก+ทรีด NH₃
- ผ้าฟอก+ซุบมันNaOH+ทรีดNH₃+ซุบมันNaOH (10% NaOH, 20°C, 1 นาที)ซึ่งเป็นกระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน

การทรีดด้วยแอมโมเนียเหลวกระทำบนเครื่องทรีดแอมโมเนียของบริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทยจำกัด (มหาชน) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องทรีดแอมโมเนีย (Liquid ammonia processing machine) รุ่น Gen.Schematic ของบริษัท KYOTO MACHINERY



รูปที่ 3.3 ระบบการทำงานของเครื่องทรีตแอมโมเนียเหลว

3.4.2 การศึกษาการปรับเปลี่ยนปัจจัยการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงาน

การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว ณ ปัจจัยการทรีตต่างๆ สามารถแบ่งการทรีตเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

3.4.2.1 การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด และการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบ

การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวด้วยเครื่องทรีตแอมโมเนียของโรงงาน เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุดและปฏิกิริยาเคมีการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบ กระทำโดยนำผ้าพอก และผ้าพอกและชุบมันด้วยโซดาไฟมาทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวแบบไม่มีแรงตึงผ้า ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 1, 5, 10 และ 60 นาที และระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้าที่อุณหภูมิห้อง และไม่ซักล้างผ้า แล้ววิเคราะห์ทดสอบผ้าเพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า และสมบัติต่างๆ ของผ้า (แสดงในหัวข้อ 3.4.3)

3.4.2.2 การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรง

ดึง

การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวด้วยเครื่องทรีตแอมโมเนียของโรงงานภายใต้แรงดึงนี้ผ้า มี 2 แบบ คือ แบบแรก นำผ้าพอก และผ้าพอกและชุบมันด้วยโซดาไฟมาทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงผ้า 500 นิวตัน ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 2, 5, 10, 15, 30 และ 60 วินาที จากนั้นระเหยแอมโมเนียออกด้วยลูกกลิ้งที่ร้อนอุณหภูมิ 100°C ด้วยไอน้ำ และด้วยน้ำ แล้ววิเคราะห์ทดสอบผ้าเพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า และสมบัติต่างๆ ของผ้า (แสดงในหัวข้อ 3.4.3)

แบบที่สองนำผ้าพอก และผ้าพอกและชุบมันด้วยโซดาไฟมาทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงผ้า 500 นิวตัน ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 2, 5, 10, 15, 30 และ 60 วินาที จากนั้นระเหยแอมโมเนียออกด้วยลูกกลิ้งที่ร้อนอุณหภูมิ 100°C และระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้าที่อุณหภูมิห้อง และไม่ซักล้างผ้า แล้ววิเคราะห์ทดสอบผ้าเพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า และสมบัติต่างๆ ของผ้า (แสดงในหัวข้อ 3.4.3)

3.4.2.3 การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวแบบไม่มีแรง

ดึง

การทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวด้วยเครื่องทรีตแอมโมเนียของโรงงานโดยไม่มีแรงดึงนี้ มี 2 แบบ คือ แบบแรก นำผ้าพอก และผ้าพอกและชุบมันด้วยโซดาไฟมาทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวแบบไม่มีแรงดึงผ้า ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 2, 5, 10, 15, 30 และ 60 วินาที จากนั้นระเหยแอมโมเนียออกด้วยลูกกลิ้งที่ร้อนอุณหภูมิ 100°C ด้วยไอน้ำ และด้วยน้ำ แล้ววิเคราะห์ทดสอบผ้าเพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า และสมบัติต่างๆ ของผ้า (แสดงในหัวข้อ 3.4.3)

แบบที่สองนำผ้าพอก และผ้าพอกและชุบมันด้วยโซดาไฟมาทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวแบบไม่มีแรงดึง ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 2, 5, 10, 15, 30 และ 60 วินาที จากนั้นระเหยแอมโมเนียออกด้วยลูกกลิ้งที่ร้อนอุณหภูมิ 100°C และระเหยแอมโมเนียออกอย่างช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้าที่อุณหภูมิห้อง และไม่ซักล้างผ้า แล้ววิเคราะห์ทดสอบผ้าเพื่อหาความสมบูรณ์ของการทรีต

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า และสมบัติต่างๆ ของผ้า (แสดงในหัวข้อ 3.4.3)

3.4.3 การวิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่างๆ ของผ้าที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ

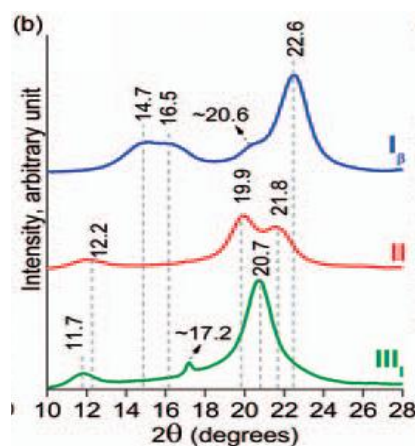
3.4.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้า ฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ด้วยเครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ (X-ray diffractometer) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยวิเคราะห์ห้องสการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในผลึกเซลลูโลส ซึ่ง $\text{Cu K}\alpha$ จะมีการแผ่รังสี ($\lambda=0.1540 \text{ nm}$) ที่ 40 Kv และ 40 mA. ดิฟแฟรกโทแกรมที่ได้จะอยู่ในช่วง $0-30^\circ$ ของ 2θ ที่อัตราการสแกน 2° ต่อนาที และวิเคราะห์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสว่าโครงสร้างผลึกเป็น Cellulose I, Cellulose II หรือ Cellulose III และหาปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายด้วยการคำนวณจากสมการของ Segal [43] ดังสมการ (3.1)

$$X = [(I_{\text{Crys}} - I_{\text{am}})/I_{\text{Cry}}] \times 100 \quad (3.1)$$

I_{Crys} คือ ความเข้มสูงสุดขององศาการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในผลึกเซลลูโลส

I_{am} คือ ความเข้มสูงสุดขององศาการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในอสัณฐาน ซึ่งมีตำแหน่ง $2\theta = 18.0^\circ$



รูปที่ 3.4 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของ Cellulose I, II และ III [16]

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ โดยทำ 2 ชั้นบนตัวอย่างผ้าขนาด กว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 30 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ (XRD) รุ่น PW 370 บริษัท Phillips

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบนผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีฟเลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบนผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR) ดังแสดงในรูป 3.6 โดยใช้โหมดแสดงผลส่องผ่านเอทีอาร์ (ATR) ตั้งแต่ความยาวคลื่น $600\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ความละเอียด 4 cm^{-1}

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ โดยทำ 3 ชั้นบนตัวอย่างผ้าขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 เครื่อง FT-IR รุ่น Nicolet 6700 บริษัท Thermo Fisher

3.4.3.3 การทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตหรือแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ (BAN) ของผ้า

การทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตหรือแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ (Barium activity number; BAN) ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์หลังผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน AATCC Test method 89:2012 Mercerization in Cotton โดยตัดผ้าทดสอบ และเส้นด้ายฝ้ายมาตรฐาน (Unmercerized standard cotton yarn skeins 40/2 ply) น้ำหนัก 5 กรัม ทำความสะอาดผ้า และเส้นด้ายด้วยการรีฟลักซ์ในสารต่างๆ 3 ขั้นตอนเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก และสิ่งตกค้างบนผ้า และเส้นด้าย โดยขั้นแรกรีฟลักซ์ในตัวทำละลายปิโตรเลียม (ที่มีจุดเดือด 30 – 60 °C) 1 ชั่วโมง ขั้นที่สองรีฟลักซ์ในเอทานอล (95%) 1 ชั่วโมง และขั้นสุดท้ายรีฟลักซ์ในน้ำกลั่น 1 ชั่วโมง จากนั้นต้มในสารละลายเอนไซม์อะไมเลส 3% (Envazyme) ที่ 65 ±5 °C 1 ชั่วโมง และตามด้วยต้มเดือดในน้ำสบู่อีก 1 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำร้อนจนสะอาดปราศจากต่างตกค้าง วัดค่า pH น้ำล้างผ้า และเส้นด้ายอยู่ที่ประมาณ 7 (เป็นกลาง) นำผ้าและเส้นด้ายไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 100 °C

จากนั้นตัดผ้าให้มีขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร x 3 มิลลิเมตร (ยกเว้น เส้นด้ายฝ้ายมาตรฐาน Standard yarn) ชั่งผ้า และเส้นด้ายที่ตัดแล้วใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 2 กรัม อย่างละขวดเติมสารละลาย แบเรียมไฮดรอกไซด์ (%) 30 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีผ้า ขวดที่มีเส้นด้าย และขวดเปล่า

(เพื่อใช้เป็นสารละลาย Blank) ไส้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในขวดออก โดยการพ่นแก๊สไนโตรเจน (N₂) และปิดปากขวดให้สนิทนำไปแช่ในอ่างน้ำเยาะ ที่อุณหภูมิ 20 – 25°C เป็นเวลาอย่างต่ำ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น ดูดสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ จากขวดออกมา 10 มิลลิลิตร ลงในขวดเปล่า หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (0.5%) 2 – 3 หยด และไตเตรตด้วยสารละลายไฮโดรคลอริก (0.1 N) จนถึงจุดยุติ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต ดังสมการที่ (3.3)

เปรียบเทียบผลการทดสอบความสมบูรณ์ของการทรีตหรือแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ (Barium activity number; BAN) ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ โดยทำ 2 ซ้ำ ถ้าค่าแบเรียมแอกติวิตีที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า 150 แสดงว่าผ้าผ่านกระบวนการทรีตที่สมบูรณ์แบบ

$$\text{BAN} = \frac{\text{Blank} - \text{Sample}}{\text{Blank} - \text{Standard Yarn}} \times 100 \quad (3.3)$$

เมื่อ Blank หมายถึง ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไตเตรต Ba(OH)₂(มิลลิลิตร)

Sample หมายถึง ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไตเตรต Ba(OH)₂ที่แช่ผ้าทดสอบ(มิลลิลิตร)

Standard Yarn หมายถึง ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไตเตรต Ba(OH)₂ที่แช่เส้นด้ายมาตรฐาน (มิลลิลิตร)

3.4.3.4 การทดสอบการย้อมติดสีของผ้า

การทดสอบการย้อมติดสี ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ สำหรับผ้าฝ้ายจะย้อมด้วยสีไคเรกท์ คือ Benzopurpurin 4B (เป็นสีย้อมบริสุทธิ์ที่ไม่มีสารเติมแต่งใดๆ) ความเข้มข้นร้อยละ 1 ของน้ำหมักผ้าในเครื่องย้อมแบบเจ็ต (jet dyeing machine) ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ที่อัตราส่วนของน้ำหมักผ้าต่อสารละลาย 1:30 ที่ 95 °C (เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 2 °C ต่อนาที) เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นจุ่มผ้าย้อมในน้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อกำจัดสีส่วนเกินที่ผิวผ้าออก และทำให้แห้ง ขั้นตอนการย้อม ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.7 เครื่องย้อมแบบเจ็ท รุ่น H-24M บริษัท COPOWER TECHNOLOGY

จากนั้นวัดความเข้มสี (Colour strength, K/S) ของผ้า โดยใช้เครื่อง Computer Color Matching (CCM) ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยทำ 2 ซ้ำ ซึ่งค่า K/S สามารถคำนวณได้จาก Kubelka Munk equation ดังสมการที่ (3.4)

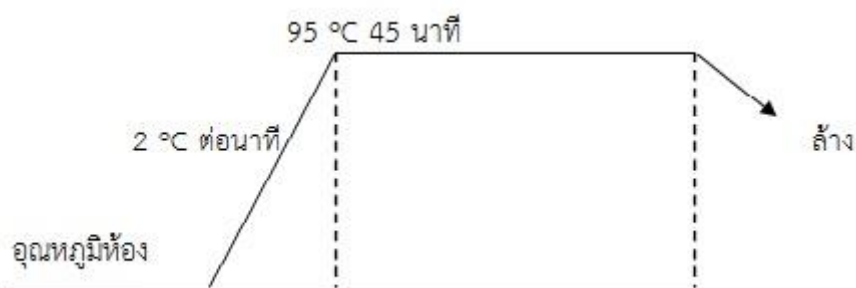
เปรียบเทียบผลการทดสอบความเข้มสี ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ชดละ 2 ผืน หาค่าเฉลี่ยและรายงานผลเป็นค่าความเข้มสี K/S ถ้าค่าที่ได้มีค่าสูง แสดงว่าผ้ามีเจดสีเข้ม



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดสี (CCM) รุ่น 1200-1079 บริษัท Datacolor International

$$\frac{K/S}{2R} = (1-R)^2 \quad (3.4)$$

เมื่อ K คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (light absorption coefficient) ของผ้า
 S คือ สัมประสิทธิ์การกระจายตัวของแสง (light scattering coefficient) ของผ้า
 R คือ การสะท้อนแสง (light reflectance) ของผ้า ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด



อัตราส่วนของน้ำหนักผ้าต่อสารละลาย 1:30

- ผ้าฝ้าย
- สี Benzopurpurin 4B

รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสี Benzopurpurin 4B

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์จะย้อมด้วยสียูเรทิลและสีแวนด (ตามวิธีการย้อมของโรงงาน) คือ Terasil Blue BGE-01, Solantren Yellow 2GC, Novasol Brown BR-01, Navasol Blue CL-MD และ Hicron Brown 3RS ด้วยเครื่องย้อมแบบต่อเนื่อง (เครื่องย้อมแบบต่อเนื่อง) ดังแสดงในรูปที่ 3.10 โดย Pad สารละลายสีย้อมที่เครื่อง Hot Flue ที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 1.15 นาที และนำเข้าตู้อบเพื่อทำการ Pre-dry ให้ชิ้นงานเหลือความชื้นน้อยที่สุด หลังจากนั้นนำผ้าเข้าเครื่อง Thermofix เพื่อทำการผนึกสียูเรทิลบนผ้า ที่อุณหภูมิ 212 °C เป็นเวลา 90 วินาที และนำผ้ามาผนึกสีแวนดบนด้านผ้าด้วยเครื่อง Pad Stream ที่อุณหภูมิ 102 °C เป็นเวลา 45 วินาที หลังจากการย้อมเสร็จแล้ว นำผ้าไปล้างด้วยน้ำสบู่อุ่นและทำให้แห้ง



รูปที่ 3.10 เครื่องย้อมแบบต่อเนื่อง รุ่น MH-5 บริษัท TSUJII DYEING MACHING

จากนั้นนำผ้าที่ผ่านการย้อมแล้วไปวัดความเข้มของสี (K/S) โดยใช้เครื่อง Computer Color Matching (CCM) ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ซึ่งค่า K/S สามารถคำนวณได้จาก Kubelka Munk equation ดังสมการที่ (3.3)

เปรียบเทียบผลการทดสอบความเข้มสี ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ชุติละ 2 ผืน หาค่าเฉลี่ยและรายงานผลเป็นค่าความเข้มสี K/S ถ้าค่าที่ได้มีค่าสูง แสดงว่าผ้ามีเจดสีเข้ม

3.4.3.5 การทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า

การทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน BS 3356:1990 Method for the determination of bending length and flexural rigidity of fabrics ด้วยเครื่องวัดสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.11 โดยตัดชิ้นผ้ากว้าง 25 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ตามแนวด้ายยืนและพุ่ง จากนั้นวางผ้าลงบนแท่นวางโดยวางของเครื่องทดสอบปลายผ้าให้พอดีกับจุดอ้างอิง แล้วนำไม้บรรทัดที่ใช้วัดระยะการโค้งงอที่ลงบนผ้า จากนั้นเคลื่อนผ้าไปพร้อมไม้บรรทัดด้วยอัตราความเร็วประมาณ 120 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งปลายผ้าพอดีกับจุดอ้างอิง อ่านค่าที่วัดได้จากไม้บรรทัดแล้วนำผ้าตัวอย่างแต่ละผืนมากลับด้าน ทดสอบแบบเดิม

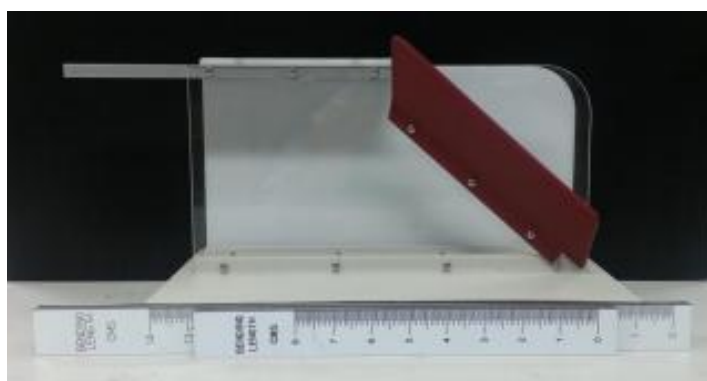
เปรียบเทียบผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้ง ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ โดยทำ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณหาค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้ง ดังสมการที่ (3.4) ถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากแสดงว่าผ้ามีความกระด้างมาก

$$G = 0.1 MC^3 \quad (3.4)$$

G หมายถึง ค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า (มิลลิกรัม·เซนติเมตร)

M หมายถึง น้ำหนักผ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (กรัม/ตารางเมตร)

C หมายถึง ความยาวโค้งงอ (เซนติเมตร)



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดสภาพแข็งตึงดัดโค้งของผ้า รุ่น M0038 ของบริษัท SDL Atlas Inc

3.4.3.6 การทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า

การทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ หลังผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน AATCC 66 ด้วยเครื่องทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า โดยตัดชิ้นผ้าขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตรตามแนวด้ายยืนและพุ่ง ใส่ผ้าลงในตัวยึดจับให้สุด และพับให้ปลายผ้าถึงจุดที่กำหนดโดยให้ด้านหน้าผ้าอยู่ด้านบนกดทับด้วยตุ้มน้ำหนัก 500 กรัม 1 นาที หลังจากนั้นนำออกมาวัดองศาการคืนตัวของผ้าด้วยเครื่องทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 โดยให้ผ้าคืนตัวให้มากที่สุดเป็นเวลา 5 นาที อ่านค่าองศาการทำมุมของผ้าที่วัดได้จากเครื่อง

เปรียบเทียบผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ โดยทำ 6 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย นำค่าเฉลี่ยที่

ได้มาคำนวณหาค่าองศาการคืนตัวต่อการยับ ดังสมการที่ (3.6) ถ้าค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่ามาก แสดงว่าผ้ามีการคืนตัวต่อการยับดี

$$\text{องศาการคืนตัวต่อการยับ} = \text{องศาการคืนตัวแนวด้ายยืน} + \text{องศาการคืนตัวแนวด้ายพุ่ง} \quad (3.6)$$



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับ รุ่น MR-1 บริษัท DAIEI KAGAKU SEIK

3.4.3.7 การทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้า

การทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์หลังผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 9 วิธีทดสอบสิ่งทอ แรงดึงสูงสุดและการยืดของผ้าที่แรงดึงสูงสุด (Standard test method for textiles Tensile Properties of fabric – determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method) วิธีที่ดัดเต็มหน้ากว้างของชิ้นทดสอบ ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยตัดชิ้นผ้าให้กว้างประมาณ 55 มิลลิเมตร จากนั้นเลาะเส้นด้ายออกจนผ้าเหลือความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความยาว 300 มิลลิเมตร ตามแนวด้ายพุ่งและยืน ตั้งค่าระยะทดสอบที่ 200 ± 1 มิลลิเมตร และให้อัตราเร็วของระยะยืดคงที่ที่ 100 มิลลิเมตรต่อนาที จากนั้นยึดผ้าให้อยู่กึ่งกลางขอบหน้าของตัวยึดจับ โดยให้เส้นกึ่งกลางแนวยาวของผ้าตรงกับ

กึ่งกลางของขอบด้านหน้าของตัวยึดจับ เดินเครื่องดึงผ้าจนกระทั่งขาด อ่านค่าแรงดึงที่จุดขาดในหน่วยกิโลกรัมแรง และค่าระยะการยืดตัวที่จุดขาดเพื่อคำนวณหาร้อยละการยืดตัวที่จุดขาด



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบแรงดึง รุ่น GT-7010-D2E บริษัท GOTECH

เปรียบเทียบผลการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึง ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ชุดละ 5 ผืน หาค่าเฉลี่ยและรายงานผลเป็นหน่วยกิโลกรัมแรงถ้าค่าที่ได้มีค่ามากแสดงว่าผ้ามีความแข็งแรงต่อแรงดึงขาดสูง หรือมีความแข็งแรงสูง

3.4.3.8 การทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้า

การทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก. 121 เล่ม 18 วิธีทดสอบสิ่งทอ แรงฉีกขาดของผ้าทอโดยใช้เครื่องทดสอบแบบเอลเมนดอร์ฟ (Standard test method for textiles – Determination of tear force of fabrics using ballistic pendulum method – Elmendorf) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องทดสอบแรงฉีกขาดแบบดีจิตอลเอลเมนดอร์ฟ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 โดยในการทดสอบจะตัดชิ้นผ้าขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 75 มิลลิเมตร

ตามแนวด้ายพุ่งและยืน จากนั้นวางผ้าในตัวยึดจับโดยให้ด้านยาวของผ้าขนานกับขอบของตัวยึดจับ ตัดร่องบนผ้า (ด้านบน) ยาว 20 มิลลิเมตร ใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 3200 กรัมแรง สำหรับผ้าฝ้าย และลูกตุ้ม น้ำหนัก 6400 กรัมแรง สำหรับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ จากนั้นปล่อยลูกตุ้มให้แกว่งตัดฉีกผ้าแล้ว หยดลูกตุ้ม อ่านค่าแรงฉีกขาดในหน่วยกรัมแรง



รูปที่ 3.14 เครื่องทดสอบแรงฉีกแบบดิจิทัล รุ่น M008E บริษัท SDL Atlas Inc

เปรียบเทียบผลการทดสอบความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายและ ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆโดยทำ 5 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย และรายงานผลเป็นหน่วยกรัมแรงถ้าค่าที่ได้มีค่ามากแสดงว่าผ้ามีความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีก ขาดสูง หรือมีความแข็งแรงสูง

3.4.3.9 การทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า

การทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ หลัง ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ตามมาตรฐาน ISO 12947 - 2 Textile - determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method Part 2: Determination of specimen breakdown ด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูของผ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.15 โดยใช้ตัวขัดถูมาตรฐานที่ทำจากผ้าทอขนแกะ และตัวบุเป็นผ้าสักหลาดที่ทำ จากขนสัตว์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร และตัดชิ้นผ้าเป็นวงกลมให้มีขนาดของ

เส้นผ่าศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร ประกอบด้วยยึดจับกับผ้าให้เรียบร้อย และใส่ลงในเครื่องทดสอบให้น้ำหนักแรงกดทับ 9 กิโลปาสคาล ทำการชั่งตวงจนถึงจุดยุติเมื่อเส้นด้ายขาดเครื่องทดสอบหยุดการทำงาน อ่านค่าความต้านทานต่อการชั่งตวงเส้นด้ายขาดเป็นจำนวนรอบ



รูปที่ 3.15 เครื่องทดสอบการชั่งตวง รุ่น Nu-Martindale บริษัท

เปรียบเทียบผลการทดสอบความต้านทานต่อการชั่งตวง ของผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆโดยทำ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยและรายงานผลเป็นรอบถ้าค่าที่ได้มีค่ามากแสดงว่าผ้ามีความต้านทานต่อการชั่งตวงสูง

3.4.3.10 การวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า

การวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางของเส้นใยบนผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ไมโครสโคป ดังแสดงดังรูปที่ 3.16 โดยเลาะเส้นด้ายออกจากผ้าทั้งแนวด้ายพุ่งและด้ายยืน นำเส้นใยมาแยกออกจากเส้นด้าย และใส่ลงในช่องของแผ่นเหล็กสำหรับทดสอบ หลังจากนั้นใช้มีดตัดเส้นใยส่วนที่เกินออกมาอีกด้านให้เรียบเสมอแผ่นเหล็ก ระวังไม่ให้เส้นใยหลุดออก นำไปส่องดูรูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 3.16 กล้องจุลทรรศน์ไมโครสโคป (Microscope) รุ่น BX41 บริษัท OLYMPUS

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้าย บนผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในภาวะต่างๆและพิจารณาลักษณะของเส้นใยที่ได้ ถ้ารูปร่างตามภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้ายมีลักษณะกลม และช่องว่างตรงกลาง (ลูเมน) แคบลง แสดงว่าเส้นใยพองตัวออกมากทำให้ความสามารถในการดูดซับสีหรือสารเคมีลึกถึงในเส้นใยมากขึ้น ทำให้ผ้ามีประสิทธิภาพทนทานต่อการใช้งานมากขึ้น

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงกระบวนการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวให้สามารถผลิตผ้าที่มีสมบัติต่างๆดีขึ้นโดยปรับเปลี่ยนภาวะต่างๆ ของการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวที่เวลา แรงดึงผ้า และวิธีระเหยแอมโมเนียต่างๆ

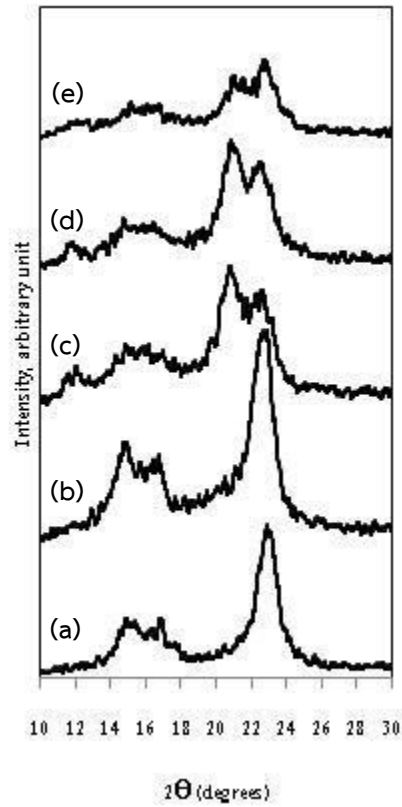
ซึ่งผลการศึกษาที่แสดงในบทที่ 4 นี้ ประกอบด้วย หัวข้อ 4.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน และหัวข้อ 4.2-4.4 ผลการปรับเปลี่ยนปัจจัยการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงาน (การปรับเปลี่ยนปัจจัยการทรีตแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ 4.2 การทรีตผ้าเพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด, 4.3 การทรีตผ้าภายใต้แรงดึง และ 4.4 การทรีตผ้าแบบไม่มีแรงดึง)

4.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

4.1.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

4.1.1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบันตามข้อ 3.4.1 ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน แสดงในรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1-4.2 โดยรูปที่ 4.1 แสดงเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนการทรีตด้วยแอมโมเนีย และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ดังนี้ (a) ผ้าพอก, (b) ผ้าพอก+NaOH, (c) ผ้าพอก+NaOH+NH₃, (d) ผ้าพอก+NH₃ และ (e) ผ้าพอก+NaOH+ NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการข้างต้น และตารางที่ 4.2 แสดง %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการข้างต้น



รูปที่ 4.1 เอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการที่ติดด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน
 (a) ฝ้ายพอก, (b) ฝ้ายพอก+NaOH, (c) ฝ้ายพอก+NaOH+NH₃, (d) ฝ้ายพอก+NH₃ และ
 (e) ฝ้ายพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

ตารางที่ 4.1 ตำแหน่งพีคและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมในรูปที่ 4.1 ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ			ชนิดผลึกเซลลูโลส
	110	110	020	
พอก	14.5	16.6	22.7	Cell I
พอก+NaOH	14.6	16.3	22.5	Cell I
พอก+NaOH+NH ₃	14.7	16.8	22.5	Cell I
	11.6	20.3	20.3	Cell III
พอก+NH ₃	14.6	16.4	22.5	Cell I
	11.6	20.7	20.7	Cell III
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	15	16.7	22.6	Cell I
	-	20.8	20.8	Cell III

จากข้อมูลงานวิจัยด้านโครงสร้างผลึกเซลลูโลส [16] พบว่า เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายแสดงผลึกเซลลูโลสที่เป็น Cellulose I ที่พีคองศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ เท่ากับ 14.7° , 16.5° และ 22.6° ส่วน Cellulose II ที่ 2θ เท่ากับ 12.2° , 19.9° และ 21.8° และ Cellulose III ที่ 2θ เท่ากับ 11.7° และ 20.7° ดังนั้น เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายในตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.1 (a) จะพบว่า ผ้าพอกจะมีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็น Cellulose I ซึ่งมีพีคที่ 2θ เท่ากับ 14.5° , 16.6° และ 22.7° และผ้าพอก+NaOH ก็ยังคงมีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็น Cellulose I เช่นกัน โดยมีพีคที่ 2θ เท่ากับ 14.6° , 16.3° และ 22.5° ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (b) แสดงว่าการชุบมันผ้าฝ้ายด้วยโซดาไฟในโรงงานไม่ได้เปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสจาก Cellulose I เป็น Cellulose II อาจเนื่องจากกระบวนการที่ไม่สมบูรณ์แบบของการชุบมัน ซึ่งอาจเนื่องจากระยะเวลาที่ผ้าฝ้ายสัมผัสกับสารละลายโซดาไฟสั้นเกินไป ยังไม่ทันที่สารละลายโซดาไฟทำปฏิกิริยากับฝ้ายก็ถูกล้างออกจากผ้าฝ้ายแล้วปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงไม่สมบูรณ์แบบ เส้นใยแค่พองตัวออกจากการชุบมัน ดูจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.4) แต่โครงสร้างผลึกไม่เปลี่ยน ส่วนผ้าพอก+NaOH+NH₃ ในรูปที่ 4.1 (c) มีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็นส่วนผสมของ Cellulose I และ Cellulose III คือมีพีคที่ 2θ เท่ากับ 14.7° , 16.8° และ 22.5° ที่แสดงผลึกของ Cellulose I และมีพีคที่ 2θ เท่ากับ 11.6° และ 20.3° ที่แสดงผลึกของ Cellulose III

นอกจากนี้ผ้าฟอก+NH₃ และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ก็มีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็นส่วนผสมของ Cellulose I และ Cellulose III เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (d) และ 4.1 (e) ตามลำดับ คือ มีพีคที่ 2 θ เท่ากับ 14.6°, 16.4° และ 22.5° (รูปที่ 4.1 d) และ 15.0°, 16.7° และ 22.6° (รูปที่ 4.1 e) ซึ่งแสดงผลึกของ Cellulose I และมีพีคที่แสดงผลึก Cellulose III คือพีคที่ 2 θ เท่ากับ 11.6° และ 20.7 (รูปที่ 4.1 d) และ 20.8 (รูปที่ 4.1 e) นั้นแสดงว่า การทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียสามารถเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสบางส่วนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III ในขณะเดียวกันก็สามารถทำให้เส้นใยพองตัวมากขึ้น (ตารางที่ 4.4) อาจเนื่องจากระยะเวลาที่ผ้าสัมผัสกับแอมโมเนียสั้นเกินไป และขนาดโมเลกุลแอมโมเนียมีขนาดเล็ก แพร่เข้าเส้นใยผ้าเร็วและระเหยออกเร็วเช่นกัน ทำให้ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียกับผ้าเกิดน้อยและทำให้ผลึก Cellulose I เปลี่ยนเป็น Cellulose II ได้เพียงบางส่วน

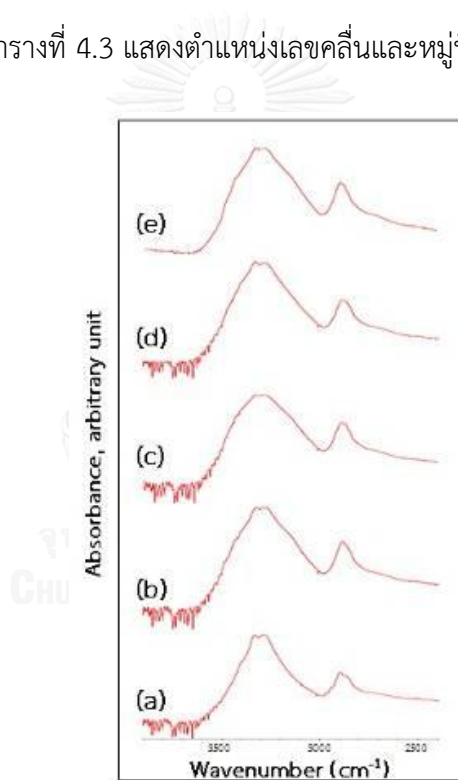
ตารางที่ 4.2 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	%Crystallinity Index	
	Cellulose I	Cellulose III
ฟอก	83	
ฟอก+NaOH	83	
ฟอก+NaOH+NH ₃		75
ฟอก+NH ₃		76
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)		71

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ดัชนีความเป็นผลึกหรือปริมาณของผลึกเซลลูโลส (%Crystallinity index) ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, ผ้าฟอก+NH₃ และผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH จะมีปริมาณของผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose III อยู่ที่ 75%, 76% และ 71% ตามลำดับ ซึ่งเกิดมาจากการเปลี่ยนโครงสร้างผลึก Cellulose I เมื่อผ้าถูกทรีตด้วยแอมโมเนีย โดยผ้าที่ผ่านการฟอกเพียงอย่างเดียว และผ้าฟอก+NaOH จะมีปริมาณผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose I อยู่ที่ 83% เท่ากัน

4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีเฟลกซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ตามข้อ 3.4.1 ด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีเฟลกซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR) แสดงในรูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 โดยรูปที่ 4.2 แสดง ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ดังนี้ (a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NaOH, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, (d) ผ้าฟอก+NH₃ และ (e) ผ้าฟอก+ NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) และตารางที่ 4.3 แสดงตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4 2 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

(a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NaOH, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, (d) ผ้าฟอก+NH₃ และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.2

ผ้าผ่านกระบวนการ	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm^{-1})
ฟอก	O-H Stretch	3270
ฟอก+NaOH	O-H Stretch	3270, 3450, 3484
ฟอก+NaOH+NH ₃	O-H Stretch	3270, 3484
ฟอก+NH ₃	O-H Stretch	3270, 3484
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	O-H Stretch	3270, 3484

ATR-FTIR สเปกตรัมของเซลลูโลสจะปรากฏพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน O-H Stretch ที่มีตำแหน่งเลขคลื่น $3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ จากในรูปที่ 4.2 (a) พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ข้างต้นนี้ ยังคงมีโครงสร้างทางเคมีเหมือนกัน คือ มีโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสที่ประกอบด้วยหมู่ OH Stretch และหมู่ C-H (ตำแหน่งเลขคลื่น $2850\text{-}2960\text{ cm}^{-1}$) ผ้าฟอกจะมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} และผ้าฟอก+NaOH จะมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} และพีกตำแหน่งเลขคลื่น 3450 กับ 3484 cm^{-1} แสดงดังในรูปที่ 4.2 (b) ส่วนผ้าฟอก+NaOH+NH₃, ผ้าฟอก+NH₃ และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ในรูปที่ 4.2 (c), (d) และ (e) ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าที่ผ่าน 3 กระบวนการนี้ มีพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} และ 3484 cm^{-1}

4.1.1.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์

ตารางที่ 4.4 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์
ฟอก	97
ฟอก+NaOH	128
ฟอก+NaOH+NH ₃	157
ฟอก+NH ₃	137
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	148

เมื่อผ้าฝ้ายผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟหรือการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เส้นใยฝ้ายบนผ้าจะเกิดการพองตัวออก และสามารถดูดซึมน้ำ สีและสารเคมีได้มากขึ้น ซึ่งการทดสอบหาแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์จะพิสูจน์ให้ทราบได้ว่าผ้ามีความสามารถในการดูดซึมน้ำ สีและสารเคมีได้มากขึ้นเพียงใด และกระบวนการทรีตเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แบบหรือไม่ โดยเส้นใยบนผ้าที่พองตัวมากจะดูดซับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์มากระหว่างการทดสอบนี้และมีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่สูงด้วย แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่มากกว่า 150 จะถือว่าผ้าได้ผ่านกระบวนการทรีตที่สมบูรณ์แบบพร้อมจะนำไปย้อม พิมพ์หรือตกแต่งสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากตารางที่ 4.4 แสดงความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตหรือแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ พบว่า ผ้าฟอกมีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ 97 ส่วนผ้าฟอก+NaOH, ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, ผ้าฟอก+NH₃ และผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH มีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ 128, 157, 137 และ 148 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผ้าฟอกที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟและ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวจะมีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์มากกว่าผ้าที่ผ่านการฟอกเพียงอย่างเดียว และมีเพียงผ้าฟอก+NaOH+NH₃ เท่านั้นที่ผ่านกระบวนการทรีตที่สมบูรณ์แบบ

จากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่มากกว่า 150 แสดงว่าเส้นใยฝ้ายพองตัวได้มากจนสามารถดูดซึมน้ำ สีย้อมและสารเคมีได้อย่างสมบูรณ์ และเป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงสมบัติผ้าด้านการดูดซึมน้ำ สีย้อมและสารเคมี ส่วนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงานในปัจจุบัน (พอก+NaOH+NH₃+NaOH) แสดงกระบวนการทรีตที่ไม่สมบูรณ์แบบอื่นเนื่องจากผ้ามีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่น้อยกว่า 150 ซึ่งการชุบมันผ้าด้วยโซดาไฟอีกครั้งหลังการทรีตด้วยแอมโมเนีย (ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH) อาจลดการพองตัวของเส้นใยลงเล็กน้อยทำให้เส้นใยดูดซับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ลดลงและแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ต่ำกว่าผ้าพอก+NaOH+NH₃

4.1.1.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า

ตารางที่ 4.5 ความเข้มสีของผ้าฝ้ายย้อมหลังผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	ความเข้มสี*(K/S)
พอก	5.20
พอก+NaOH	7.28
พอก+NaOH+NH ₃	6.35
พอก+NH ₃	5.4
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	7.02

*วัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีไดเรกต์ (Benzopurpurin 4B) ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร พบว่า ผ้าพอกที่นำไปย้อมสีมีค่าความเข้มสี 5.20 ส่วนผ้าพอกที่ชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเมื่อย้อมจะมีค่าความเข้มสีมากกว่าผ้าที่พอกเพียงอย่างเดียวหรือมีสีเข้มขึ้นมากกว่านั่นเอง คือ ผ้าพอก+NaOH, ผ้าพอก+NaOH+NH₃, ผ้าพอก+NH₃ และ ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH มีค่า

ความเข้มสี 7.28, 6.35, 5.43 และ 7.02 ตามลำดับ ซึ่งผ้าฟอก+NaOH จะมีค่าความเข้มสีหลังการย้อมหรือมีสีที่เข้มมากที่สุด (+40%) กว่าผ้ากระบวนการอื่นๆ รองลงมาคือผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH (+35%) ซึ่งมีสีเข้มไม่ต่างจากผ้าฟอก+NaOH มากนัก และเป็นผ้าที่ผ่านกระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน ทำให้สรุปได้ว่า กระบวนการที่โรงงานใช้ชุบมันและทรีตผ้าสามารถทำให้ผ้าย้อมได้สีเข้มขึ้นในระดับหนึ่งจากผ้าฟอก

4.1.1.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า

ตารางที่ 4.6 สภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	สภาพแข็งตึงตัดโค้ง (G) มก./ซม.			
	แนวด้ายยืน	%เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%เปลี่ยนแปลง
ฟอก	92	0	85	0
ฟอก+NaOH	204	+122	65	-24
ฟอก+NaOH+NH ₃	130	+41	77	-9
ฟอก+NH ₃	199	+116	44	-48
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	127	+38	8	-20

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งลดลงจากผ้าฟอก

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว จะมีค่าสภาพแข็งตึงตัดโค้งในแนวด้ายยืนเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก หรือมีความแข็งกระด้างในแนวด้ายยืนมากขึ้นนั่นเอง จากตารางที่ 4.6 แสดงค่าสภาพแข็งตึงตัดโค้งของผ้า พบว่า ผ้าฟอก แนวด้ายยืนมีค่าสภาพแข็งตึงตัดโค้ง 92 มิลลิกรัม/เซนติเมตร และแนวด้ายพุ่ง 85 มิลลิกรัม/เซนติเมตร ซึ่งผ้าฟอก+NaOH และผ้าฟอก+NH₃ จะมีค่าสภาพแข็งตึงตัดโค้งแนวด้ายยืนที่ใกล้เคียงกันคือ 204 และ 199 มิลลิกรัม/เซนติเมตร ส่วนผ้าฟอก+NaOH+NH₃ และผ้าฟอก+NaOH+

$\text{NH}_3 + \text{NaOH}$ มีค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้งแนวด้ายยืนใกล้เคียงกัน คือ 130 และ 127 มิลลิกรัม/เซนติเมตร ทั้งนี้ค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้งแนวด้ายพุ่งของผ้าทุกกระบวนการมีค่าน้อยกว่าผ้าฟอก หรือมีความแข็งกระด้างต่ำกว่าผ้าฟอก โดยผ้าฟอก+ NH_3 มีค่าสภาพแข็งตึงดัดโค้งแนวด้ายพุ่งน้อยที่สุด คือ 44 มิลลิกรัม/เซนติเมตร รองลงมา คือ ผ้าฟอก+ NaOH , ผ้าฟอก+ $\text{NaOH} + \text{NH}_3 + \text{NaOH}$ และผ้าฟอก+ $\text{NaOH} + \text{NH}_3$ ตามลำดับ คือ 65, 68 และ 77 มิลลิกรัม/เซนติเมตร ซึ่งพบว่า ผ้าฟอก+ $\text{NaOH} + \text{NH}_3 + \text{NaOH}$ เป็นผ้าที่ผ่านกระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน แม้จะมีความแข็งกระด้างในแนวด้ายยืนเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก แต่เป็นการเพิ่มขึ้นที่ต่ำที่สุดในผ้าทั้งหมดที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือฟรีดด้วยแอมโมเนียเหลว

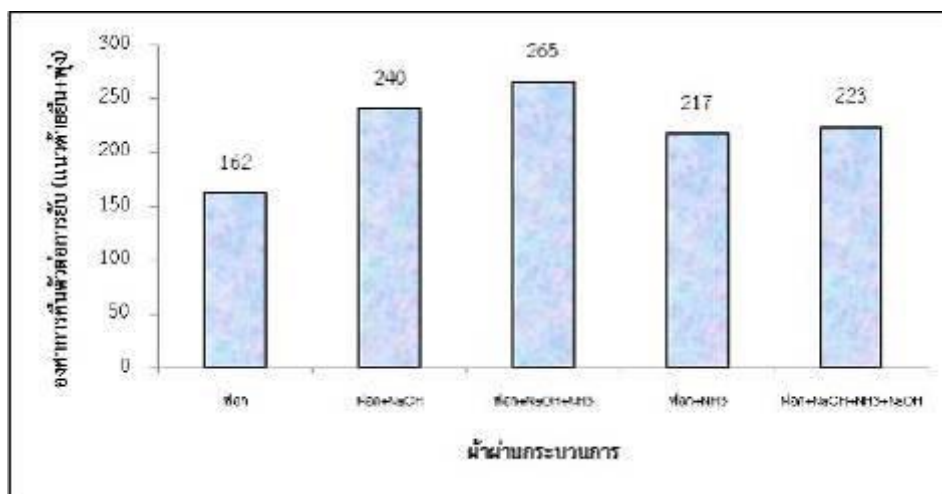
4.1.1.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า

ตารางที่ 4.7 องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการฟรีดด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการคืนตัวต่อการยับ		องศาการคืนตัวต่อการยับรวมแนวด้ายยืนและพุ่ง	% เปลี่ยนแปลง
	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง		
ฟอก	70	92	162	0
ฟอก+ NaOH	115	12	240	+48
ฟอก+ $\text{NaOH} + \text{NH}_3$	130	135	265	+64
ฟอก+ NH_3	108	109	217	+34
ฟอก+ $\text{NaOH} + \text{NH}_3 + \text{NaOH}$ (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	115	108	223	+38

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ องศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ องศาการคืนตัวต่อการยับลดลงจากผ้าฟอก



รูปที่ 4.3 องศาการคืนตัวต่อกรยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ในผ้าฝ้าย เส้นใยฝ้ายที่เคยบิดเป็นเกลียวเมื่อผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวแล้ว เกลียวของเส้นใยฝ้ายจะเกิดการคลายตัวจากการพองตัวของเส้นใย เส้นใยพองฟูมากขึ้น ความเครียดในเส้นใยลดลงและส่งผลให้ผ้าคืนตัวต่อกรยับได้มากขึ้นหรือทำให้ผ้ามีค่าองศาการคืนตัวต่อกรยับมากขึ้นนั่นเอง จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.3 แสดงองศาการคืนตัวต่อกรยับของผ้าฝ้าย พบว่า ผ้าฟอกจะมีค่ารวมขององศาการคืนตัวต่อกรยับ (ยืน+พุ่ง) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าฟอกที่ผ่านกระบวนการอื่นๆ โดยมีค่าเพียง 162 และผ้าที่สามารถคืนตัวต่อกรยับได้ดีที่สุด คือ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ซึ่งมีค่าองศาการคืนตัวต่อกรยับ 265 รองลงมา คือ ผ้าฟอก+NaOH, ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) และ ผ้าฟอก+NH₃ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผ้าที่ผ่านกระบวนการในโรงงานในปัจจุบันก็ยังทนต่อกรยับหรือต้านการยับได้ดีมากในระดับหนึ่ง

4.1.1.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า

ตารางที่ 4.8 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
พอก	83	0	44	0
พอก+NaOH	84	+1	40	-9
พอก+NaOH+NH ₃	92	□11	41	-7
พอก+NH ₃	85	+2	41	-7
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	91	+10	43	-2

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าพอก
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดลดลงจากผ้าพอก

ตารางที่ 4.9 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงฉีกขาด □ (กรัมแรง)			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
พอก	97	0	68	0
พอก+NaOH	1116	+14	708	+46
พอก+NaOH+NH ₃	1345	+37	919	+35
พอก+NH ₃	1141	+17	839	+23
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	1223	+25	1028	+51

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าพอก
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดลดลงจากผ้าพอก

ผ้าฝ้ายพอกที่นำไปชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว โดยภาพรวมจะมีความแข็งแรงของผ้าเพิ่มขึ้นจากผ้าฝ้ายที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาด จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 แสดงค่าความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดและแรงฉีกขาด ตามลำดับ พบว่า ผ้าพอก+NaOH+NH₃ และผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) มีความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดแนวด้ายยืนมากที่สุด คือ 91-92 กิโลกรัมแรง ส่วนผ้าพอก, ผ้าพอก+NaOH และผ้าพอก+NH₃ มีความทนแรงดึงขาดแนวยืนที่ต่ำกว่า คือ 83-85 กิโลกรัมแรง การชุบมันด้วยโซดาไฟและทรีตด้วยแอมโมเนียแบบต่อเนื่องกัน สามารถช่วยเพิ่มความทนแรงดึงขาดผ้าฝ้ายได้มากขึ้นอีก ส่วนความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดแนวด้ายพุ่งนั้นมีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 40-44 กิโลกรัมแรง อย่างไรก็ตาม พบว่า กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน คือ การพอก+NaOH+NH₃+NaOH สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายได้ดีมากอยู่แล้ว

ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียวจะมีค่าต่ำที่สุดทั้งแนวด้ายยืน และพุ่ง โดยผ้าพอกจะมีความทนแรงฉีกขาดอยู่ที่ 979 กรัมแรง ในแนวด้ายยืน และ 683 กรัมแรง ในแนวด้ายพุ่ง ซึ่งในแนวด้ายยืน ผ้าพอก+NaOH+NH₃ ทนแรงฉีกขาดได้มากที่สุด คืออยู่ที่ 1345 กรัมแรง รองลงมา คือ ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน), ผ้าพอก+NH₃ และ ผ้าพอก+NaOH ตามลำดับ ส่วนแนวด้ายพุ่ง ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) จะมีค่าความทนแรงฉีกขาดมากที่สุด อยู่ที่ 1028 กรัมแรง รองลงมา คือ ผ้าพอก+NaOH+NH₃, ผ้าพอก+NH₃, ผ้าพอก+NaOH และผ้าพอก ตามลำดับ กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน (พอก+NaOH+NH₃+NaOH) สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงด้านความทนแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายได้ดีมากเช่นกันกับความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาด

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า กระบวนการชุบมันด้วยโซดาไฟและทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบันเป็นกระบวนการที่ส่งผลดีต่อความแข็งแรงของผ้าฝ้าย คือทำให้ผ้าฝ้ายแข็งแรงทนต่อแรงดึงและแรงฉีกขาดได้สูงขึ้นมา การชุบมันผ้าฝ้ายด้วยโซดาไฟและการทรีตด้วยแอมโมเนียแบบต่อเนื่องกันจะทำให้เส้นใยพองตัวออกมากขึ้นเส้นใยมีพื้นที่ช่วยรับแรงกลจากภายนอกได้ดีขึ้นมาก รวมทั้งเส้นใยมีความเป็นผลึกมากขึ้นด้วย

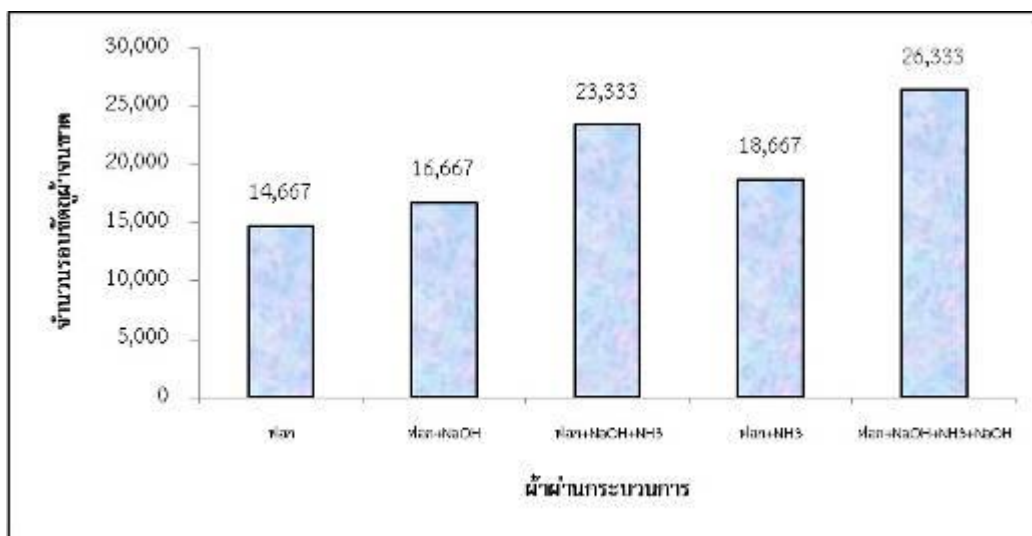
4.1.1.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขีดข่วนของผ้า

ตารางที่ 4.10 จำนวนรอบขีดข่วนจำนวนขาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	จำนวนรอบขีดข่วนจำนวนขาด	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	14,667	0
ฟอก+NaOH	16,667	+14
ฟอก+NaOH+NH ₃	23,333	+59
ฟอก+NH ₃	18,667	+20
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	26,333	+8

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความต้านทานต่อการขีดข่วนเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความต้านทานต่อการขีดข่วนลดลงจากผ้าฟอก

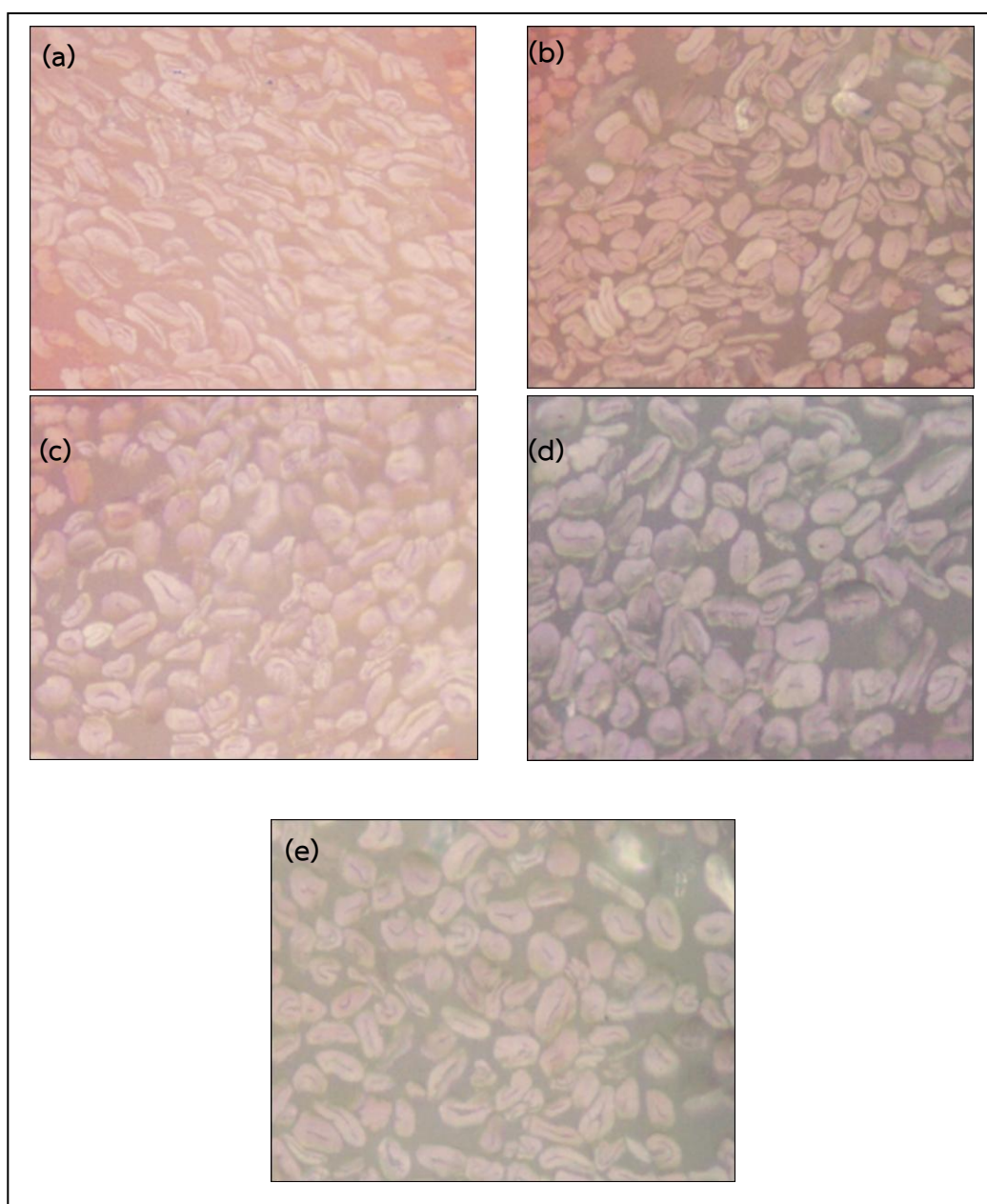


รูปที่ 4.4 จำนวนรอบตัดผ้าจกขนาดของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

จากตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.4 แสดงความต้านทานต่อการขีดถูของผ้า จากจำนวนรอบตัดผ้าจกขนาด พบว่า ผ้าฝ้ายฟอกที่ถูกชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว จะมีจำนวนรอบตัดผ้าจกขนาดหรือมีความต้านทานต่อการขีดถูมากกว่าผ้าฟอก โดยผ้าฟอกทนการขีดถูได้ 14,667 รอบ ในขณะที่ผ้าฝ้ายที่ผ่านการฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ซึ่งเป็นกระบวนการในโรงงานในปัจจุบันทนการขีดถูได้ดีมากที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าอื่นๆ คือทนขีดถูได้ถึง 26,333 รอบ รองลงมาคือ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, ผ้าฟอก+NH₃ และผ้าฟอก+NaOH มีค่าความต้านทานต่อการขีดถู 23,333, 18,667 และ 16,667 รอบ ตามลำดับ

ดังนั้นกระบวนการชุบมันผ้าฝ้ายด้วยโซดาไฟและทรีตด้วยแอมโมเนียในโรงงานในปัจจุบัน (ฟอก+NaOH+NH₃+NaOH) สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงหลายด้านให้ผ้าเป็นอย่างมาก เช่น ความทนแรงดึงขาด ความทนแรงฉีกขาด และโดยเฉพาะความทนการขีดถู เนื่องจากการชุบมันด้วยโซดาไฟและทรีตด้วยแอมโมเนียแบบต่อเนื่องนี้สามารถทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวออก และเพิ่มพื้นที่เส้นใยให้ช่วยรองรับแรงกลจากภายนอกได้ดีมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

4.1.1.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า



รูปที่ 4.5 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน
 (a) ฝ้ายฟอก, (b) ฝ้ายฟอก+NaOH, (c) ฝ้ายฟอก+NaOH+NH₃, (d) ฝ้ายฟอก+NH₃ และ
 (e) ฝ้ายฟอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

จากรูปที่ 4.5 แสดงรูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้าย พบว่า รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยของผ้าฟอกมีลักษณะแบนลึบ และมีช่องว่างตรงกลางหรือลูเมน ค่อนข้างใหญ่และมองเห็นชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (a) เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว จะมีลักษณะภาคตัดขวางเส้นใยที่ค่อนข้างแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยผ้าฟอก+NaOH จะมีภาคตัดขวางเส้นใยที่พองออกเล็กน้อย ผนังเส้นใยจะหนาขึ้น ช่องว่างตรงกลางแคบลง ดังรูปที่ 4.5 (b) เมื่อผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ไม่ว่าจะเป็น ผ้าฟอก+NH₃, ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ดังรูปที่ 4.5 (d), (c) และ (e) ตามลำดับ รูปร่างของเส้นใยมีการบวมและพองตัวออกมากขึ้น และยังคงเห็นช่องว่างตรงกลางอยู่บ้างแต่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากการที่เส้นใยพองตัวออกมากขึ้นส่งผลทำให้ความสามารถในการดูดซับสีหรือสารเคมีซึมลึกถึงแกนกลางในเส้นใยมากขึ้นด้วย ซึ่งเป็นข้อดีที่ทำให้ผ้าที่ย้อมสีแล้วมีความคงทนของสีต่อการใช้งาน เช่น ซักล้าง และขัดถูดีมาก และคงทนการใช้งานได้ยาวนานขึ้น

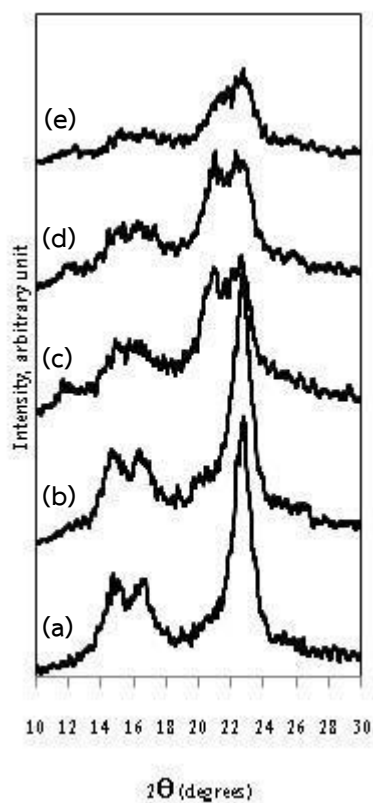
จากผลการวิเคราะห์ทดสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงานในปัจจุบัน ซึ่งก็คือ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH สามารถสรุปสมบัติของผ้าได้ดังต่อไปนี้

กระบวนการฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ที่โรงงานกระทำกับผ้าฝ้ายในปัจจุบันทำให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติต่างๆ ดีขึ้นจากผ้าฟอก คือ มีความแข็งแรงมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดทั้งในด้านความทนแรงดึงขาด (+10%) ความทนแรงฉีกขาด (+25% และ+51%) และความทนการขัดถูจนขาด (+80%) ผ้าคืนตัวต่อการยับได้ดีขึ้นมาก (+38%) หรือต้านการยับได้ดีมากนั่นเอง ผ้าย้อมได้สีเข้มมากขึ้น (+35%) ผ้ามีปริมาณของผลึกเซลลูโลสเพิ่มขึ้น (+26%) และเป็นผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose I ผสมกับ Cellulose III เส้นใยบนผ้าพองตัวออกมากจนมีภาคตัดขวางค่อนข้างกลม อย่างไรก็ตามกระบวนการชุบมันด้วยโซดาไฟและการทรีตด้วยแอมโมเนียในโรงงานในปัจจุบันเกิดไม่สมบูรณ์แบบจากแบเรียมแอกติวิตันัมเบอร์ของผ้าที่ต่ำกว่า 150 (วัดได้ 148) แต่ก็ใกล้เคียงการเกิดสมบูรณ์แบบ และผ้าหลังผ่านกระบวนการเหล่านี้มีความแข็งแรงกระด้างมากขึ้นในแนวด้ายยืน แต่นุ่มขึ้นในแนวด้ายพุ่ง

4.1.2 ผลการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

4.1.2.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบันตามข้อ 3.4.1 ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน แสดงในรูปที่ 4.6 และตารางที่ 4.11-4.12 โดยรูปที่ 4.6 แสดงเอกซเรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ดังนี้ (a) ผ้าพอก, (b) ผ้าพอก+NaOH, (c) ผ้าพอก+NaOH+NH₃, (d) ผ้าพอก+NH₃ และ (e) ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) ตารางที่ 4.11 แสดงตำแหน่งพีกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซเรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการข้างต้น และตารางที่ 4.12 แสดง %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการข้างต้น



รูปที่ 4.6 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโทแกรมของพอลิแซ็กคาไรด์ในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน
 (a) ฝ้ายพอก, (b) ฝ้ายพอก+NaOH, (c) ฝ้ายพอก+NaOH+NH₃, (d) ฝ้ายพอก+NH₃ และ (e) ฝ้ายพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

ตารางที่ 4.11 ตำแหน่งพีกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรม ในรูปที่ 4.6 ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ			ชนิดผลึกเซลลูโลส
	110	110	020	
ฟอก	14.7	16.4	22.7	Cell I
ฟอก+NaOH	14.6	16.4	22.7	Cell I
ฟอก+NaOH+NH ₃	14.8	16.3	22.5	Cell I
	11.6	20.8	20.8	Cell III
ฟอก+NH ₃	15.1	16.5	22.3	Cell I
	11.7	20.9	20.9	Cell III
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	15.0	16.6	22.7	Cell I
	12.4	-	21.7	Cell II

จากเอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ ที่แสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.6 (a) จะพบว่า ผ้าฟอกจะมีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็น Cellulose I ซึ่งมีพีกที่ 2θ เท่ากับ 14.7° , 16.4° และ 22.7° ส่วนผ้าฟอก+NaOH ก็ยังคงมีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็น Cellulose I เช่นกัน โดยมีพีกที่ 2θ เท่ากับ 14.6° , 16.4° และ 22.7° ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (b) ส่วนผ้าฟอก+NaOH+NH₃ กับ ผ้าฟอก+NH₃ มีลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็นส่วนผสมของ Cellulose I และ Cellulose III ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (c) และ 4.6 (d) ตามลำดับ คือ มีพีกที่ 2θ เท่ากับ 14.8° , 16.3° และ 22.5° (รูปที่ 4.6 (c)) และ 15.1° , 16.5° และ 22.3° (รูปที่ 4.6 (d)) ซึ่งเป็นพีกของ Cellulose I และมีพีกที่แสดง Cellulose III คือพีกที่ 2θ เท่ากับ 11.6° และ 20.8° (รูปที่ 4.6 (c)) และ 11.7° กับ 20.9° (รูปที่ 4.6 (d)) สุดท้ายผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ซึ่งเป็นผ้าที่ผ่านกระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน ในรูปที่ 4.6 (e) ลักษณะของผลึกเซลลูโลสจะเป็นส่วนผสมของ Cellulose I และ Cellulose II คือ มีพีกที่ 2θ เท่ากับ 15.0° , 16.6° และ 22.7° ที่บ่งบอกถึงพีกของ Cellulose I และมีพีกที่ 2θ เท่ากับ 12.4° และ 21.7° ที่บ่งบอกถึงพีกของ Cellulose II ดังนั้นพอสรุปได้ว่า กระบวนการชุบมันด้วยโซดาไฟ ทรีตด้วยแอมโมเนีย และชุบมันด้วยโซดาไฟอีกครั้งบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ได้ปรับเปลี่ยนลักษณะผลึกเซลลูโลสบางส่วนจาก

Cellulose I เป็น Cellulose II ซึ่งการที่ผลึกเซลลูโลสเปลี่ยนจาก Cellulose I เพียงบางส่วนไปเป็น Cellulose II หรือ Cellulose III อาจเนื่องจากระยะเวลาการสัมผัสของผ้ากับสารเคมี (NaOH และ NH_3) ในกระบวนการสันเก็นไปที่จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แบบ การเปลี่ยนชนิดของผลึกจึงเกิดขึ้นบางส่วนเท่านั้น

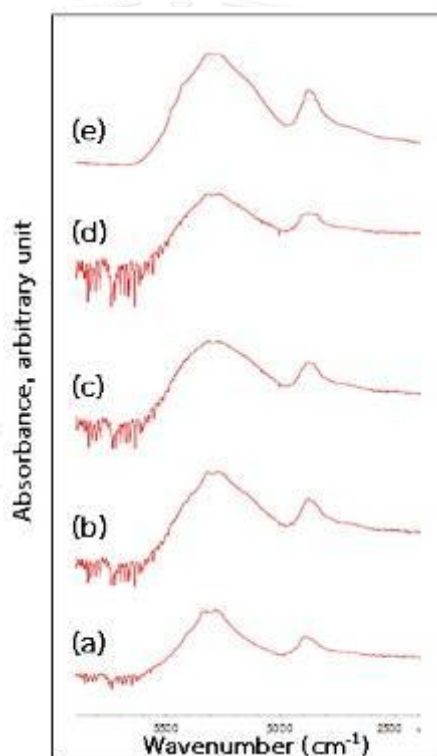
ตารางที่ 4.12 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	%Crystallinity Index		
	Cellulose I	Cellulose II	Cellulose III
พอก	77		
พอก+NaOH	80		
พอก+NaOH+ NH_3			63
พอก+ NH_3			64
พอก+NaOH+ NH_3 +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)		39	

ตารางที่ 4.12 พบว่า ดัชนีความเป็นผลึก (% Crystallinity index) หรือปริมาณของผลึกเซลลูโลสของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พอกที่ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น ผ้าพอก+NaOH+ NH_3 และผ้าพอก+ NH_3 จะมีปริมาณของผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose III อยู่ที่ 63% และ 64% ตามลำดับ ซึ่งเปลี่ยนมาจากผลึก Cellulose I หลังการทรีตด้วยแอมโมเนีย ผ้าที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว และผ้าพอก+NaOH จะมีปริมาณผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose I เท่ากับ 77% และ 80% ตามลำดับ ส่วนกระบวนการในโรงงานในปัจจุบันที่ทำกับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก+NaOH+ NH_3 +NaOH) ทำให้ผลึก Cellulose I ในผ้าเปลี่ยนมาเป็น Cellulose II 39%

4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงานในปัจจุบันตามข้อ 3.4.1 ด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR) แสดงในรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.13 โดยรูปที่ 4.7 แสดง ATR-FTIR สเปกตรัมของของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน ดังนี้ (a) ผ้าพอก, (b) ผ้าพอก+NaOH, (c) ผ้าพอก+NaOH+NH₃, (d) ผ้าพอก+NH₃ และ (e) ผ้าพอก+ NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน) และตารางที่ 4.13 แสดงตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

(a) ผ้าพอก, (b) ผ้าพอก+NaOH, (c) ผ้าพอก+NaOH+NH₃, (d) ผ้าพอก+NH₃ และ (e) ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

ตารางที่ 4.13 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.7

ผ้าผ่านกระบวนการ	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm^{-1})
ฟอก	O-H Stretch	3270
ฟอก+NaOH	O-H Stretch	3270, 3450, 3480
ฟอก+NaOH+NH ₃	O-H Stretch	3480
ฟอก+NH ₃	O-H Stretch	3270, 3480
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	O-H Stretch	3270, 3450, 3480

จาก ATR-FTIR สเปกตรัมของเซลลูโลสพบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ นี้ยังคงมีโครงสร้างทางเคมีเป็นเซลลูโลสเหมือนเดิม ดังนี้ ในรูปที่ 4.7 (a) ผ้าฟอกจะมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน O-H Stretch ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} อย่างชัดเจน และผ้าฟอก+NaOH จะมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} และเลขคลื่น 3450 กับ 3480 cm^{-1} ดังแสดงในรูปที่ 4.7 (b) ส่วนผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ในรูปที่ 4.7 (c) จะแสดง ATR-FTIR สเปกตรัมพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน O-H Stretch มีลักษณะบอร์ด และ ผ้าฟอก+NH₃ ในรูปที่ 4.7 (d) มีพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} กับ พีกตำแหน่งเลขคลื่น 3484 cm^{-1} และผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH ในรูปที่ 4.7 (e) มีพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm^{-1} และ 3450 cm^{-1} กับ 3480 cm^{-1} และยังคงมีพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน C-H อยู่ที่ $2850\text{-}2960 \text{ cm}^{-1}$

4.1.2.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตินัม

เบอร์

ตารางที่ 4.14 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์
ฟอก	79
ฟอก+NaOH	101
ฟอก+NaOH+NH ₃	130
ฟอก+NH ₃	125
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	126

เมื่อผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ผ่านการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเส้นใยฝ้ายบนผ้าจะเกิดการฟองตัวออก สามารถดูดซึมน้ำสี และสารเคมีได้มากขึ้น ซึ่งการทดสอบหาแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์เป็นวิธีที่สามารถพิสูจน์ให้ทราบได้ว่าผ้ามีความสามารถในการดูดซึมน้ำสี และสารเคมีได้มากขึ้นเพียงใด และกระบวนการทรีตเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แบบหรือไม่ โดยผ้าที่ทดสอบแล้วได้แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่มากกว่า 150 จะถือว่าผ้าได้ผ่านกระบวนการทรีตที่สมบูรณ์แบบ จากตารางที่ 4.14 แสดงความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ พบว่า ผ้าฟอก จะมีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ 79 ส่วนผ้าฟอก+NaOH, ผ้าฟอก+NaOH+NH₃, ผ้าฟอก+NH₃ และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH มีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ 101, 130, 125 และ 126 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแม้ผ้าฟอกที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟและ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวจะมีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์มากกว่าผ้าที่ผ่านการฟอกเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีกระบวนการใดเลยที่สามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดอย่างสมบูรณ์แบบได้ ซึ่งกระบวนการที่ใช้ในโรงงานในปัจจุบัน (ฟอก+NaOH+NH₃+NaOH) สำหรับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ยังเป็นกระบวนการที่ไม่สมบูรณ์แบบจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าที่ต่ำกว่า 150 เส้นใยฝ้ายบนผ้ายังฟองตัวออกไม่ได้มากนักจากกระบวนการในปัจจุบัน อาจ

เนื่องจากระยะเวลาของกระบวนการสั้นเกินไป และเส้นใยผสมนี้ส่วนประกอบของใยพอลิเอสเตอร์อยู่บนด้ายยืนของผ้าจึงอาจบดบังความสามารถในการรับสารเคมีของฝ้ายและทำให้กระบวนการทรีตเมนต์เกิดไม่สมบูรณ์แบบ

4.1.2.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า

ตารางที่ 4.15 ความเข้มสีของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ย้อมหลังจากผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตต์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	ความเข้มสี*(K/S)
พอก	4.24
พอก+NaOH	4.43
พอก+NaOH+NH ₃	4.41
พอก+NH ₃	4.08
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	4.69

*วัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

จากตารางที่ 4.15 แสดงค่าความเข้มสี (ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ย้อมด้วยสีและวิธีการย้อมของโรงงาน พบว่า ผ้าพอกที่นำไปย้อมสี มีค่าความเข้มสี 4.24 และผ้าพอกที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตต์ด้วยแอมโมเนียเหลว จะมีค่าความเข้มสีมากกว่า และน้อยกว่าเล็กน้อยจากผ้าที่พอกเพียงอย่างเดียว คือ มีความเข้มสี 4.08-4.69 โดยผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH ซึ่งเป็นผ้าที่ผ่านกระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน จะมีค่าความเข้มสีหลังการย้อมหรือมีสีที่เข้มมากที่สุด ซึ่งมากกว่าความเข้มสีของผ้าพอกอยู่เล็กน้อย ดังนั้นกระบวนการในโรงงานในปัจจุบันจึงช่วยเพิ่มความสามารถในการย้อมติดสีบ้างเล็กน้อยสำหรับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์

4.1.2.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า

ตารางที่ 4.16 สภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	สภาพแข็งตึงตัดโค้ง (G) มก./ซม.			
	แนวด้ายยืน	% เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	% เปลี่ยนแปลง
พอก	828	0	343	0
พอก+NaOH	1577	+90	284	-17
พอก+NaOH+NH ₃	710	-14	333	-3
พอก+NH ₃	169	-80	153	-55
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	747	-10	347	+1

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งเพิ่มขึ้นจากผ้าพอก

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งลดลงจากผ้าพอก

จากตารางที่ 4.16 พบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว จะมีค่าสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งกระด้างเพิ่มขึ้น และลดลงจากผ้าพอกทั้งในแนวด้ายยืนและพุ่ง โดยพบว่า ผ้าพอกที่นำไปทรีตด้วยแอมโมเนีย (ผ้าพอก+NH₃) มีสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งกระด้างลดลงมากจากผ้าพอก และมีค่าต่ำที่สุดทั้งแนวด้ายยืนและแนวด้ายพุ่ง แสดงว่ากระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ช่วยทำให้ผ้ามีความนุ่มมากขึ้นที่สุด ส่วนผ้าที่ถูกชุบมันด้วยโซดาไฟส่วนใหญ่มีความแข็งกระด้างลดลงหรือนุ่มมากกว่าผ้าพอกหรือใกล้เคียง ยกเว้นผ้าพอก+NaOH ในแนวด้ายยืน ส่วนกระบวนการที่ใช้ในโรงงานในปัจจุบัน (พอก+NaOH+NH₃+NaOH) ก็ช่วยลดความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เฉพาะผ้าแนวด้ายยืนได้ราว 10% จากผ้าพอก แต่ความแข็งกระด้างแนวด้ายพุ่งมีค่าใกล้เคียงผ้าพอก

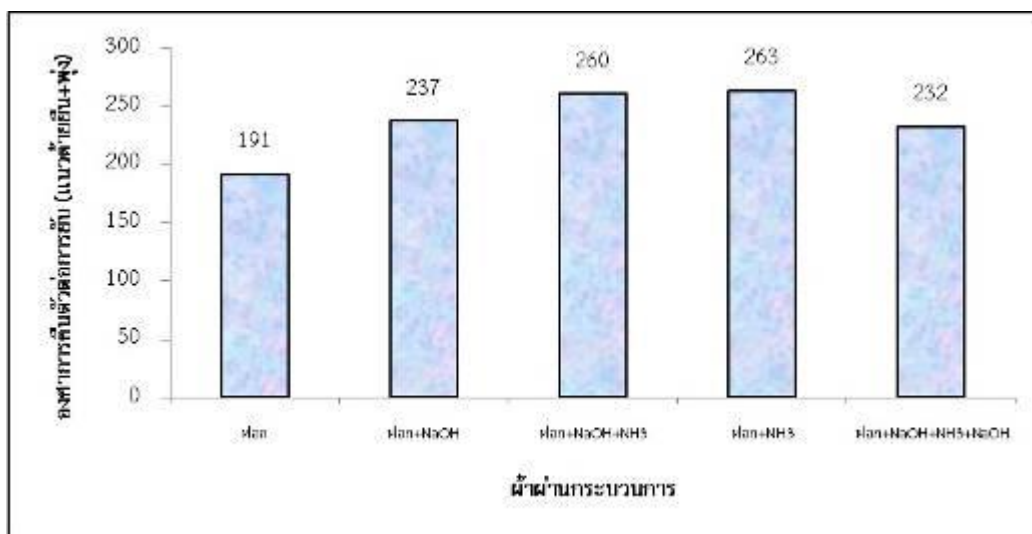
4.1.2.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวของกำมะหยี่

ตารางที่ 4.17 องศาการคืนตัวของกำมะหยี่ฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการคืนตัวของกำมะหยี่		องศาการคืนตัวของกำมะหยี่รวมแนวด้ายยืนและพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง		
พอก	113	78	191	0
พอก+NaOH	119	118	237	+24
พอก+NaOH+NH ₃	141	119	260	+36
พอก+NH ₃	142	121	263	+38
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	129	103	232	+21

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ องศาการคืนตัวของกำมะหยี่เพิ่มขึ้นจากผ้าพอก
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ องศาการคืนตัวของกำมะหยี่ลดลงจากผ้าพอก

เส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่เคยบิดเป็นเกลียว เมื่อผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวแล้ว เกลียวของเส้นใยจะเกิดการคลายตัวจากการพองตัวของเส้นใย เส้นใยพองฟูมากขึ้น ความเครียดในเส้นใยลดลง และส่งผลให้ผ้าคืนตัวของกำมะหยี่ได้มากขึ้น จากตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.8 แสดงค่าองศาการคืนตัวของกำมะหยี่พบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกจะมีค่าองศาการคืนตัวของกำมะหยี่ (ยืน+พุ่ง) ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับผ้าพอกที่ผ่านกระบวนการอื่นๆ โดยผ้าพอกจะมีค่าเพียง 191 (ซึ่งสูงกว่าผ้าฝ้ายพอก เนื่องจากมีส่วนผสมของพอลิเอสเตอร์ในผ้า (จึงคืนตัวของกำมะหยี่ดีกว่า) ผ้าที่สามารถคืนตัวของกำมะหยี่ได้ดีที่สุดใกล้เคียงกัน คือ ผ้าพอก+NH₃ มีค่า 263 และผ้าพอก+NaOH+NH₃ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ 260 ส่วนผ้าพอก+NaOH กับ ผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH คืนตัวของกำมะหยี่ได้น้อยลงแต่คืนตัวได้ดีกว่าผ้าพอกอยู่มาก ซึ่งกระบวนการที่ใช้อยู่ในโรงงานในปัจจุบันสำหรับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (พอก+NaOH+NH₃+NaOH) ก็สามารถช่วยทำให้ผ้าคืนตัวของกำมะหยี่ดีขึ้นราว 21% จากผ้าพอก



รูปที่ 4.8 องศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

4.1.2.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า

ตารางที่ 4.18 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	140	0	62	0
ฟอก+NaOH	150	+7	66	+6
ฟอก+NaOH+NH ₃	158	+13	64	+3
ฟอก+NH ₃	151	+8	65	+5
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	146	+4	65	+5

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดลดลงจากผ้าฟอก

ตารางที่ 4.19 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการพรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
พอก	2084	0	1217	0
พอก+NaOH	2227	+7	1401	+15
พอก+NaOH+NH ₃	2419	+16	1439	+18
พอก+NH ₃	2448	+17	1607	+32
พอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	2403	+15	1724	+42

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าพอก

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดลดลงจากผ้าพอก

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกที่นำไปชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือพรีตด้วยแอมโมเนียเหลวทั้งหมด จะมีความแข็งแรงทั้งแนวด้ายยืนและด้ายพุ่งเพิ่มขึ้นจากผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะความทนต่อแรงฉีกขาด จากตารางที่ 4.18 และ 4.19 แสดงค่าความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดและแรงฉีกขาด ตามลำดับพบว่า ผ้าพอก+NaOH+NH₃ จะมีความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดแนวด้ายยืนมากที่สุด คือ 158 กิโลกรัมแรง (+13%) รองลงมา คือ ผ้าพอก+NH₃ และผ้าพอก+NaOH ที่ทนแรงดึงขาดได้ 150-151 กิโลกรัมแรง (+7 ถึง 8%) ตามด้วยผ้าพอก+NaOH+NH₃+NaOH ที่ทนแรงดึงขาดได้ 146 กิโลกรัมแรง (+4%) ในขณะที่ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว ทนแรงดึงขาดได้น้อยที่สุด คือ 140 กิโลกรัมแรง ส่วนความทนแรงดึงขาดแนวด้ายพุ่งนั้นผ้าในทุกกระบวนการมีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 64-66 กิโลกรัมแรง (+3 ถึง 6%) แต่ก็มีค่าที่สูงกว่าผ้าที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว (62 กิโลกรัมแรง) โดยที่กระบวนการที่ใช้ในโรงงานในปัจจุบัน (พอก+NaOH+NH₃+NaOH) ช่วยเพิ่มความทนแรงดึงขาดให้ผ้า 4-5% จากผ้าพอก

ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการฟอกเพียงอย่างเดียวจะมีความแข็งแรงต่ำที่สุดทั้งแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง โดยผ้าฟอกจะทนแรงฉีกขาดได้ 2084 กรัมแรง ในแนวด้ายยืน และ 1217 กรัมแรง ในแนวด้ายพุ่ง เมื่อนำผ้าฟอกไปชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ผ้าจะทนแรงฉีกขาดได้มากขึ้นอีก 7-8% ในแนวด้ายยืน และ 15-42% ในแนวด้ายพุ่ง โดยที่กระบวนการที่ใช้ในโรงงานในปัจจุบัน (ฟอก+NaOH+NH₃+NaOH) สามารถช่วยเพิ่มความทนแรงฉีกขาดของผ้าได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ ผ้าทนแรงฉีกขาดมากขึ้นแนวด้ายยืน 15% และแนวด้ายพุ่ง 42% จากผ้าฟอก

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า กระบวนการชุบมันด้วยโซดาไฟและทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ใช้ในโรงงานในปัจจุบันเป็นกระบวนการที่ส่งผลดีต่อความแข็งแรงของผ้าชนิดนี้ เนื่องจากผ้าทนแรงดึงขาดและแรงฉีกขาดได้มากขึ้นเหมือนผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการเหล่านี้เหมือนกัน จากสาเหตุที่เส้นใยของตัวออกจมนมีพื้นที่รับแรงกลจากภายนอกได้มากขึ้น รวมทั้งเส้นใยมีความเป็นผลึกมากขึ้นจากผ้าฟอก

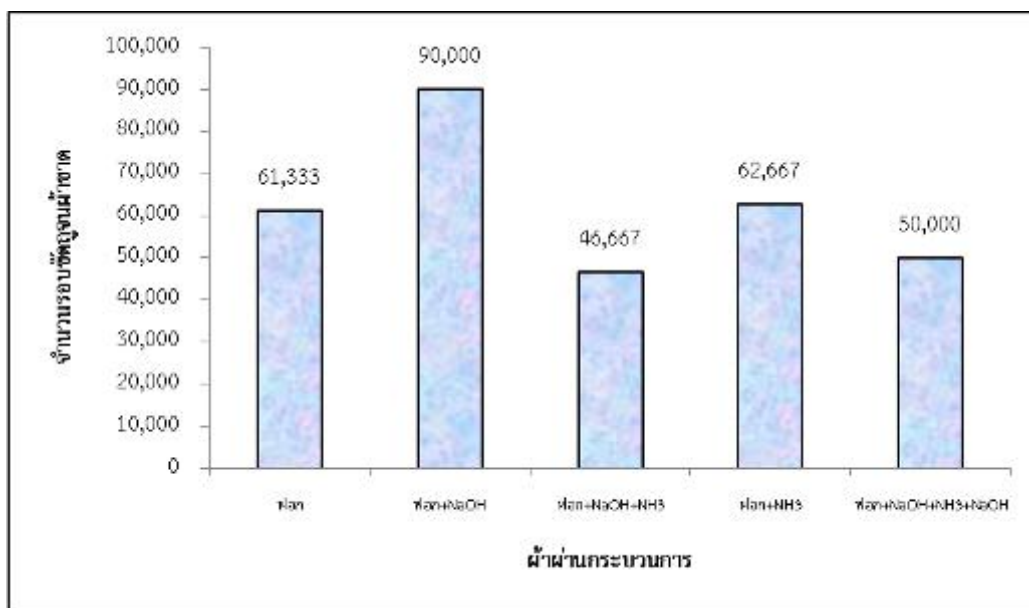
4.1.2.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขีดถูของผ้า

ตารางที่ 4.20 จำนวนรอบขีดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

ผ้าผ่านกระบวนการ	จำนวนรอบขีดถูผ้าจนขาด	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	61,333	0
ฟอก+NaOH	90,000	+47
ฟอก+NaOH+NH ₃	46,667	-24
ฟอก+NH ₃	62,667	+2
ฟอก+NaOH+NH ₃ +NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)	50,000	-19

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความต้านทานต่อการขีดถูเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก

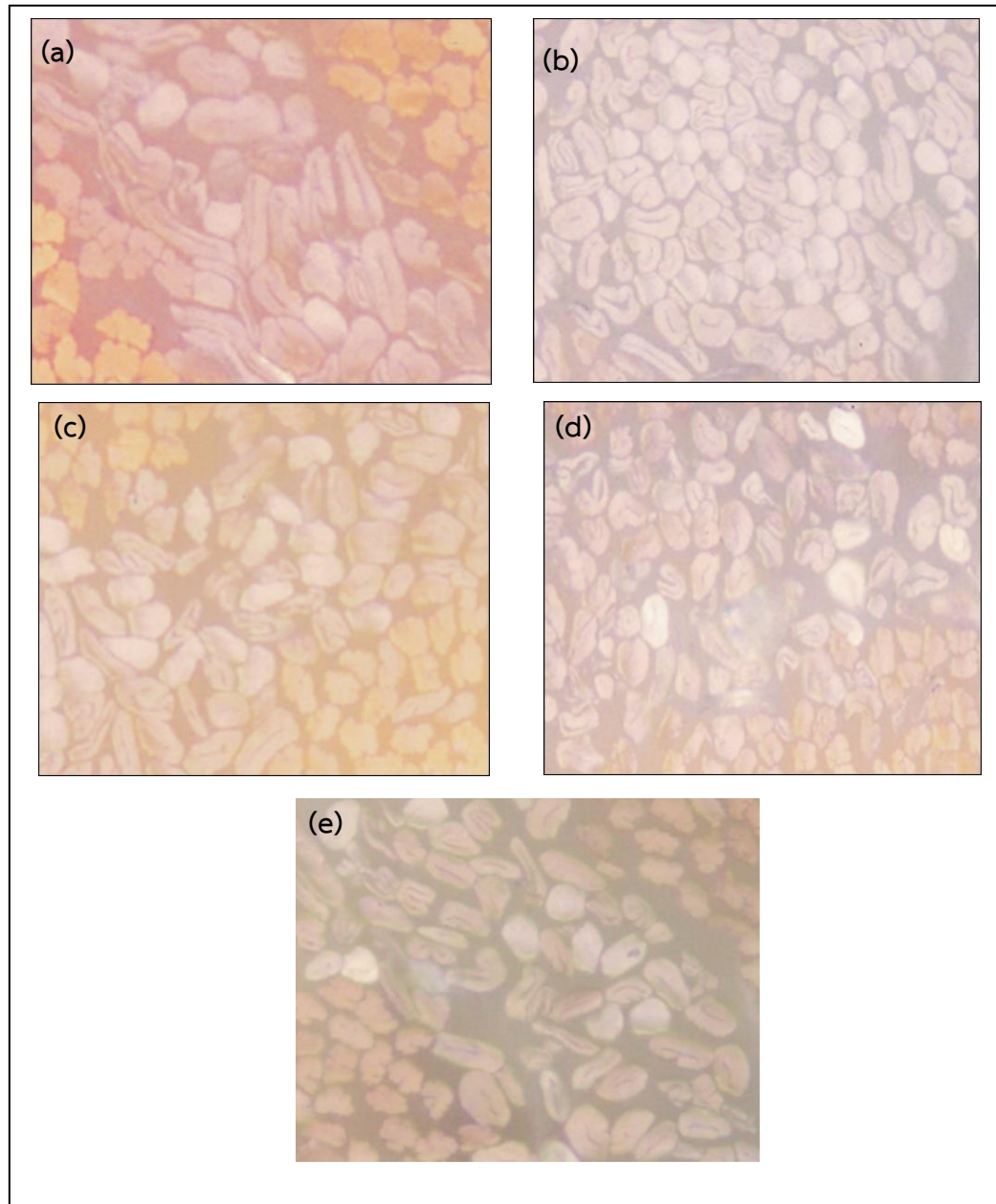
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความต้านทานต่อการขีดถูลดลงจากผ้าฟอก



รูปที่ 4.9 จำนวนรอบขั้วด้ายขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน

จากตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.9 ที่แสดงจำนวนรอบขั้วด้ายขนาด พบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่านการฟอกทนการขั้วด้ายขนาดได้ 61,333 รอบการขั้วด้าย ซึ่งเป็นจำนวนรอบการขั้วด้ายที่ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากผ้าชนิดนี้มีเส้นใยพอลิเอสเทอร์ผสมด้วย มีลายทอเป็นลายสองที่ค่อนข้างแข็งแรง และเป็นผ้าค่อนข้างหนาด้วย แต่เมื่อนำผ้าฟอกนี้ไปชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว จะพบว่า ผ้าทนแรงขั้วด้ายได้ทั้งมากขึ้นและลดลงแบบไม่สามารถหาข้อสรุปที่แน่นอนได้ ทั้งนี้อาจเกิดการผิดพลาดในกระบวนการทดสอบผ้า

4.1.2.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า



รูปที่ 4.10 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้าย (ภาคตัดขวางมีลูเมน) และ พอลิเอสเทอร์ (ภาคตัดขวางไม่มีลูเมน) บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่ผ่าน กระบวนการต่างๆ และกระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน
 (a) ฝ้ายฟอก, (b) ฝ้ายฟอก+NaOH, (c) ฝ้ายฟอก+NaOH+NH₃, (d) ฝ้ายฟอก+NH₃ และ
 (e) ฝ้ายฟอก+NaOH+NH₃+NaOH (กระบวนการในโรงงานในปัจจุบัน)

จากรูปที่ 4.10 แสดงรูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายและพอลิเอสเตอร์บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ พบว่า รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยฝ้ายของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์พอกมีลักษณะแบน และเห็นช่องว่างตรงกลาง (ลูเมน) อย่างชัดเจน ในขณะที่ภาคตัดขวางเส้นใยพอลิเอสเตอร์จะไม่มีลูเมนและรูปร่างกลมกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (a) เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟ และ/หรือทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ลักษณะเส้นใยฝ้ายจะพองบวมขึ้น และลูเมนเล็กลง ผนังเส้นใยจะหนาขึ้น ดังรูปที่ 4.10 (b, c, d และ e) โดยเฉพาะรูปที่ 4.10 (c) ภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้าพอก+NaOH+NH₃ ที่เส้นใยฝ้ายพองตัวออกมากที่สุด ผนังเส้นใยหนาและมีลูเมนเล็กที่สุด แสดงถึงกระบวนการชุบมันด้วยโซดาไฟและทรีตด้วยแอมโมเนียนี้ทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวออกให้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการที่พบว่า ผ้ามีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์สูงที่สุด (BAN=130) เมื่อเทียบกับผ้าอื่นๆ ถึงแม้กระบวนการจะเกิดไม่สมบูรณ์แบบก็ตาม (BAN<150)

จากผลการวิเคราะห์ทดสอบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงานในปัจจุบัน (พอก+NaOH+NH₃+NaOH) สามารถสรุปสมบัติของผ้าได้ดังต่อไปนี้

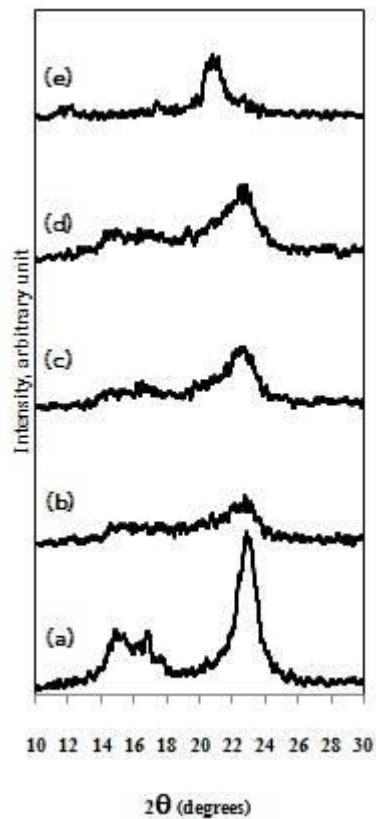
กระบวนการพอก+NaOH+NH₃+NaOH ที่โรงงานกระทำกับผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ในปัจจุบัน ทำให้ผ้ามีสมบัติต่างๆ ส่วนใหญ่ดีขึ้นจากผ้าพอก คือ ทำให้ผ้ามีความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น 4-5% และด้านความทนแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้น 15% แนวด้ายยืน และ 42% แนวด้ายพุ่ง ผ้าคืนตัวต่อการยับได้เพิ่มขึ้น 22% มีความนุ่มมากขึ้นเล็กน้อยในแนวด้ายยืน ย้อมได้สีเข้มขึ้นเล็กน้อย มีปริมาณผลึก Cellulose III 34% โดยมีผลึกเซลลูโลส 2 ชนิดผสมกันคือ ชนิด Cellulose I ผสมกับ Cellulose III เส้นใยฝ้ายบนผ้าพองตัวมากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการในโรงงานในปัจจุบันเกิดไม่สมบูรณ์แบบจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าที่ต่ำกว่า 150 (วัดได้ 126)

4.2 ผลการปรับเปลี่ยนปัจจัยการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงาน

4.2.1 ผลการทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

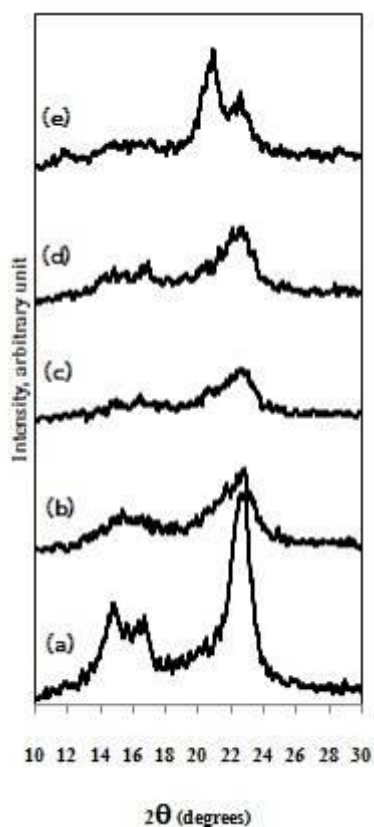
4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้าย (พอกและพอก+NaOH) ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1, 5, 10 และ 60 นาที ตามข้อ 3.4.2 ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน แสดงในรูปที่ 4.11-4.12 และตารางที่ 4.21-4.22 โดยรูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงเอกซเรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด และตารางที่ 4.21 แสดงตำแหน่งพีกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซเรย์ดิฟแฟรกโทแกรม ของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด และตารางที่ 4.22 แสดง %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด



รูปที่ 4.11 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

- (a) ฝ้ายฟอก, (b) ฝ้ายฟอก+ NH_3 1 นาที, (c) ฝ้ายฟอก+ NH_3 5 นาที, (d) ฝ้ายฟอก+ NH_3 10 นาที, และ (e) ฝ้ายฟอก+ NH_3 60 นาที



รูปที่ 4.12 เอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 60 นาที

ตารางที่ 4.21 ตำแหน่งพิกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมในรูปที่ 4.11 และ 4.12 ของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่พรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2 θ บนระนาบ			ชนิดผลึกเซลลูโลส
	110	110	020	
ฟอก	14.5	16.6	22.7	Cell I
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	14.7	16.9	22.9	Cell I
	11.9	20.8	20.8	Cell III
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	16.0	17.1	22.2	Cell I
		20.8	20.8	Cell III
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	15.0	16.9	22.5	Cell I
	11.9	20.9	20.9	Cell III
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	11.9	20.8	20.8	Cell III
ฟอก+NaOH	14.6	16.2	22.5	Cell I
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	14.8	16.2	22.5	Cell I
	11.6	20.6	20.6-	Cell III
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	15.2	16.3	22.6	Cell I
	11.5	20.8	20.8	Cell III
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	16.0	17.1	22.5	Cell I
	11.8	20.7	20.7	Cell III
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	14.7	16.5	22.7	Cell I
	11.8	20.9	20.9	Cell III

จากเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรม ในรูปที่ 4.11-4.12 และตารางที่ 4.21 พบว่า ผ้าฝ้ายฟอก (รูปที่ 4.11 a) และผ้าฝ้ายฟอก+NaOH (รูปที่ 4.12 a) มีโครงสร้างผลึกในเส้นใยฝ้ายเป็นชนิดผลึก Cellulose I เมื่อนำผ้าทั้งสองชนิดไปพรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1, 5 และ 10 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า ระเหยแอมโมเนียออกช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า พบว่า ชนิดผลึกเซลลูโลสเป็น 2 ชนิดผสมกัน คือ Cellulose I และ Cellulose III (รูปที่ 4.11 b, c, d และรูปที่ 4.12 b, c, d) แต่เมื่อพรีตผ้าทั้งสองด้วยแอมโมเนียเหลวนานขึ้นเป็น 60 นาที ที่ภาวะเดิม ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเป็นชนิด

Cellulose III เป็นส่วนใหญ่ โดยยังมีผลึก Cellulose I เหลืออยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รูปที่ 4.11 e และรูปที่ 4.12 e) แสดงว่า การทรีตผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลานานๆ เช่น 60 นาที หรือนานขึ้นโดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า สามารถเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสจาก Cellulose I เป็น Cellulose III ได้เกือบสมบูรณ์แบบ

ตารางที่ 4.22 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้าย (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	%Crystallinity Index	
	Cellulose I	Cellulose III
พอก	77	
พอก+NH ₃ (1 นาที)		40
พอก+NH ₃ (5 นาที)		43
พอก+NH ₃ (10 นาที)		32
พอก+NH ₃ (60 นาที)		80
พอก+NaOH	80	
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)		57
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)		48
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)		30
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)		79

จากตารางที่ 4.22 พบว่า ดัชนีความเป็นผลึกหรือปริมาณของผลึกเซลลูโลสในผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH ซึ่งแสดงชนิดผลึก Cellulose I ปริมาณ 77% และ 80% ตามลำดับ เมื่อนำผ้า 2 ชนิดนี้ไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำ ชนิดของผลึก Cellulose I จะถูกเปลี่ยนไปเป็น Cellulose III 32-80% ในผ้าฝ้ายพอก+NH₃ และ 30-79% ในผ้าฝ้ายพอก+NaOH+NH₃ โดยที่เมื่อทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 60 นาที ที่ภาวะเดิม ชนิดของผลึกเซลลูโลสจะเป็น Cellulose III มากถึง 79-80% ทั้งนี้การทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเป็นเวลานานถึง 60 นาที จะทำให้ผ้าฝ้ายได้สัมผัสแอมโมเนีย

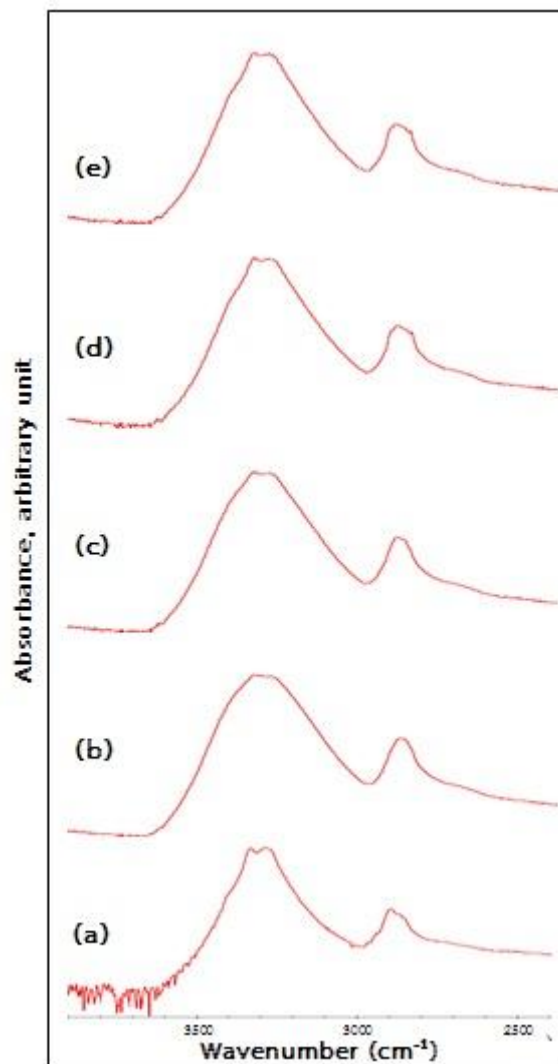
นานขึ้นเพียงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์แบบ การเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสเกิดได้เต็มที่มากขึ้น

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรี-เฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

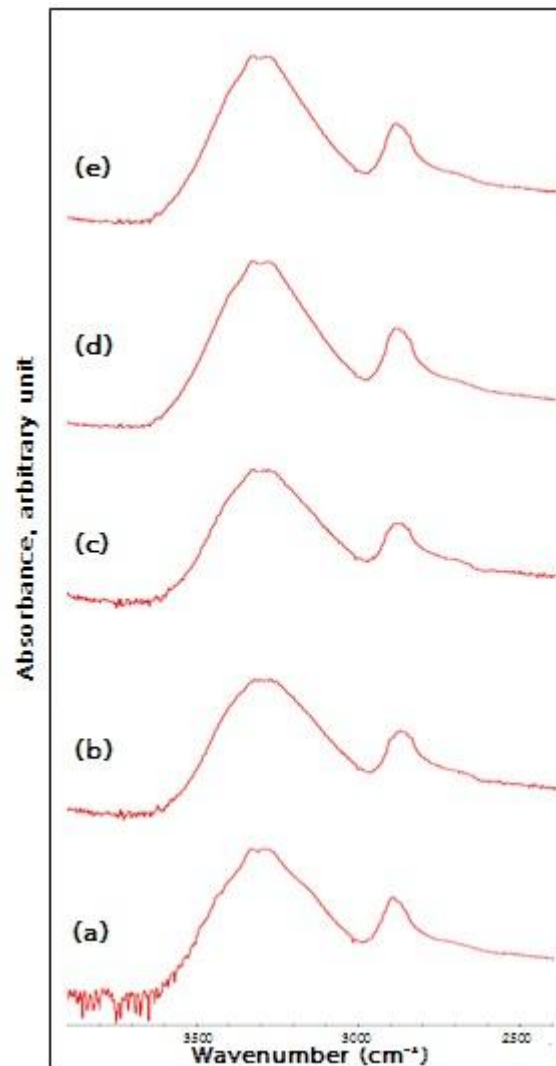
ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้าย (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานเป็นเวลา 1-60 นาที ตามข้อ 3.4.2 ด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรี-เฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR) แสดงในตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.13-4.14 โดยรูปที่ 4.13 และ 4.14 แสดง ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้าย (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด และตารางที่ 4.23 แสดงตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.23 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.13 และ 4.14

ผ้าผ่านกระบวนการ	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm^{-1})
พอก	O-H Stretch	3270
พอก+NH ₃ (1 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NH ₃ (5 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NH ₃ (10 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NH ₃ (60 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH	O-H Stretch	3270, 3450, 3480
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	O-H Stretch	3450, 3480
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	O-H Stretch	3480



รูปที่ 4.13 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด
 (a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NH₃ 60 นาที



รูปที่ 4.14 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลิตเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด
 (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 60 นาที

จาก ATR-FTIR สเปกตรัมของเซลลูโลส ในรูปที่ 4.13-4.14 และ ตารางที่ 4.23 พบว่า ผ้าฝ้ายฟอกและผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำ จะยังคงมีโครงสร้างทางเคมีเป็นเซลลูโลสเหมือนเดิม โดยมีพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน O-H Stretch ที่ตำแหน่งเลขคลื่น $3270-3480\text{ cm}^{-1}$ และยังคงมีพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน C-H อยู่ที่ $2850-2960\text{ cm}^{-1}$

4.2.1.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์

ตารางที่ 4.24 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้พริกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์
ฟอก	97
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	160
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	160
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	160
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	160
ฟอก+NaOH	128
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	165
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	165
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	165
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	165

ตารางที่ 4.24 แสดงแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์หรือความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตแอมโมเนียเหลวบนผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) พบว่า ก่อนการทรีตผ้าฟอกมีแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์เท่ากับ 97 และผ้าฟอก+NaOH มีค่าดังกล่าว 128 แต่เมื่อนำผ้า 2 ชนิดนี้ ไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำ พบว่า ผ้าทั้งหมดมีแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์มากกว่า 150 แสดงว่าทุกภาวะที่ใช้ในการทรีตผ้าทำให้กระบวนการทรีตเกิดอย่างสมบูรณ์แบบไม่ว่าภาวะการทรีตนั้นจะทำให้ผลึกเซลลูโลสเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III บางส่วน (ทรีตที่ 1-10 นาที) หรือเปลี่ยนเป็น Cellulose III เกือบหมด (ทรีตที่ 60 นาที)

4.2.1.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า

ตารางที่ 4.25 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	ความเข้มสี*(K/S)
ฟอก	5.20
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	10.72
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	10.19
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	9.83
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	10.21
ฟอก+NaOH	7.28
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	7.56
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	7.10
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	11.34
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	11.99

*วัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

จากตารางที่ 4.25 แสดงความเข้มสีหลังการย้อมผ้าด้วยสีไดเรกต์ (Benzopurpurin 4B) และวัดค่าความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร พบว่า ผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำ และนำมาย้อมจะย้อมได้สีเข้มขึ้นมาจากผ้าพอกที่ย้อมได้ความเข้มสี 5.20 เพิ่มเป็นความเข้มสี 9.8-10.7 ในขณะที่ผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะเดียวกันจะย้อมได้สีเข้มขึ้นมากก็ต่อเมื่อทรีตผ้าที่ 10 นาทีขึ้นไป (ความเข้มสีเพิ่มจาก 7.3 เป็น 11-12) การเปลี่ยนผลึกเซลลูโลสจาก Cellulose I เป็น Cellulose III ที่ภาวะเหล่านี้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการย้อมติดสีของผ้าฝ้ายได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด การทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเป็นเวลานานขึ้น (1-60 นาที) กว่าเวลาที่ใช้ในปัจจุบันในโรงงาน (2 วินาที) ทำให้ฝ้ายพองตัวออกมากขึ้นมีพื้นที่รับสีย้อมมากขึ้น จนสามารถดูดซึมสีย้อมได้มากขึ้น และลักษณะผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose III ที่เกิดมากขึ้นจากการทรีตนี้ น่าจะช่วยเอื้ออำนวยให้ส่วนที่ไม่ใช่ผลึกในเส้นใย (amorphous) สามารถรับสีย้อมได้มากขึ้น โดยลักษณะผลึกชนิด Cellulose III อาจลดการบดบังส่วน amorphous ในเส้นใยจากการดูดซึมสีย้อมเข้าเส้นใย ทำให้ดูดซึมสีย้อมได้มากขึ้น

4.2.1.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้า

ตารางที่ 4.26 สภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ฟลิกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	สภาพแข็งตึงตัดโค้ง (G) มก./ชม.			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	92	0	85	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	118	+28	121	+42
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	120	+30	117	+38
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	145	+58	125	+47
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	150	+63	125	+47
ฟอก+NaOH	204	0	65	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	138	-32	132	+103
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	150	-26	141	+117
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	121	-41	109	+68
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	124	-39	113	+74

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งลดลงจากผ้าฟอกและผ้าฟอก+NaOH

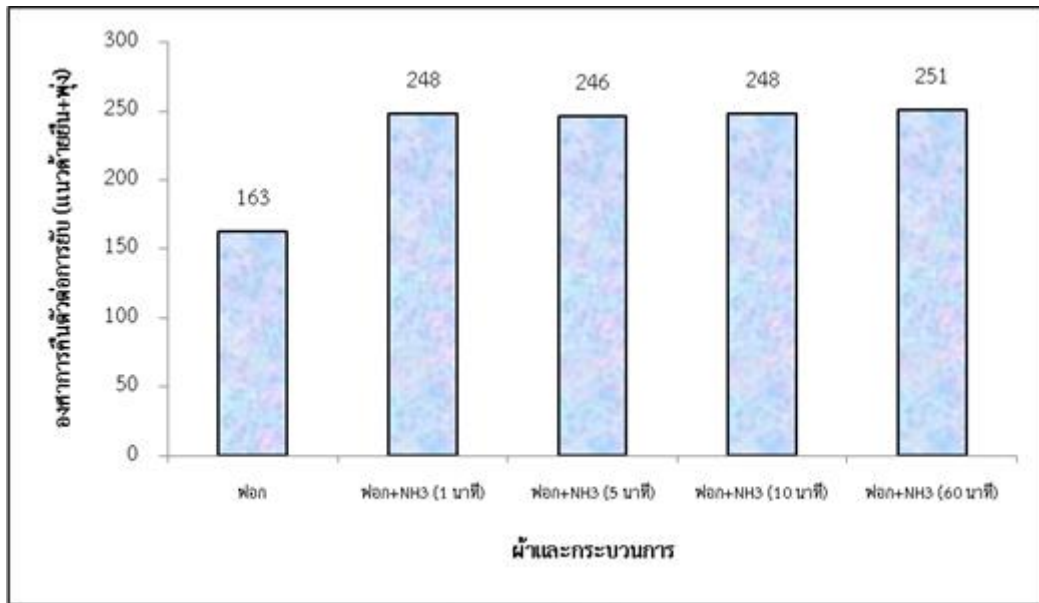
ตารางที่ 4.26 แสดงสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) หลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว (1-60 นาที) โดยไม่มีแรงดึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำ พบว่า หลังการทรีตผ้าฝ้ายฟอกผ้าจะแข็งแรงกระด้างมากขึ้นทั้งแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง (+28 ถึง 63%) ในขณะที่การทรีตผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ผ้าจะแข็งแรงกระด้างมากขึ้นเฉพาะในแนวด้ายพุ่ง (+68 ถึง 117%) และผ้านุ่มขึ้นในแนวด้ายยืน (-26 ถึง 41%)

4.2.1.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวของผ้า

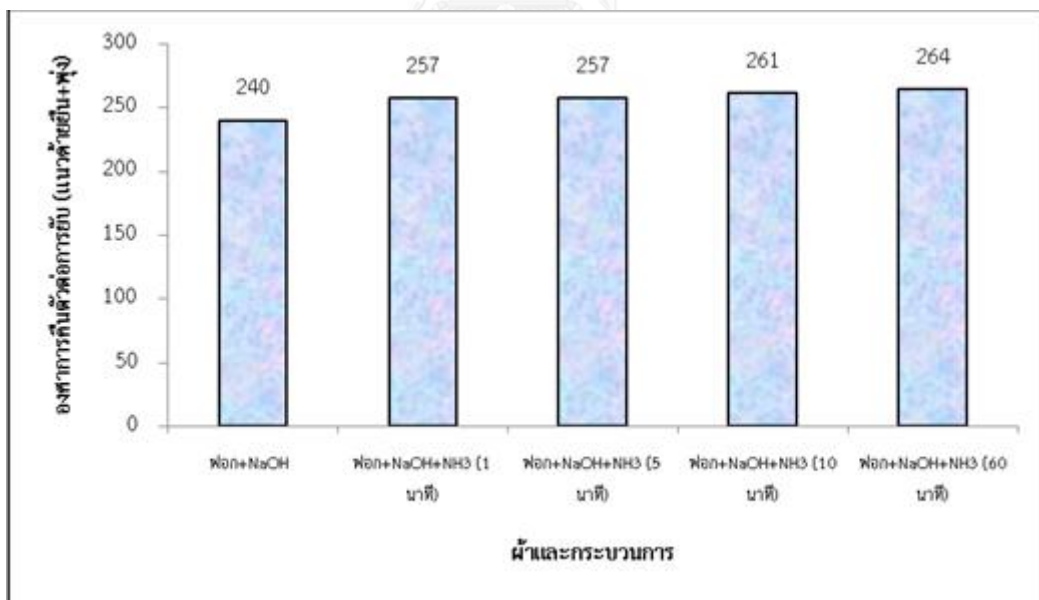
ตารางที่ 4.27 องศาการคืนตัวของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าและกระบวนการ	องศาการคืนตัวของผ้า		องศาการคืนตัวของผ้ารวมแนวด้ายยืนและพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง		
ฟอก	71	92	163	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	114	134	248	+52
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	117	129	246	+51
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	117	131	248	+52
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	120	131	251	+54
ฟอก+NaOH	115	125	240	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	120	137	257	+7
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	125	132	257	+7
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	127	135	261	+9
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	127	137	264	+10

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ องศาการคืนตัวของผ้าเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
 การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ องศาการคืนตัวของผ้าลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH



รูปที่ 4.15 องศาการค้นตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด



รูปที่ 4.16 องศาการค้นตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

เส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายฟอกและผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เกลียวของเส้นใยฝ้ายจะเกิดการคลายตัวจากการพองตัวของเส้นใย เส้นใยพองฟูมากขึ้น ความเครียดในเส้นใยลดลง ส่งผลให้ผ้าคืนตัวต่อการยับได้มากขึ้น จากตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.15-4.16 แสดงองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า พบว่า ผ้าฝ้ายฟอก และผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในทุกภาวะ ผ้าจะมีค่าองศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้นหรือต้านทานการยับได้ดีมากขึ้น 7-54%

4.2.1.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า

ตารางที่ 4.28 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	83	0	44	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	84	+1	43	-2
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	84	+1	46	+5
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	86	+4	43	-2
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	87	+5	43	-2
ฟอก+NaOH	84	0	40	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	81	-4	44	+10
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	89	+6	43	+8
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	84	0	40	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	86	+2	41	+3

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.29 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ฟลิกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)			
	แนวตั้งยีน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวตั้งพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	979	0	683	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	1274	+30	873	+28
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	1338	+37	991	+45
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	1312	+34	979	+43
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	1348	+38	990	+45
ฟอก+NaOH	1116	0	708	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	1289	+32	1031	+51
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	1363	+39	1005	+47
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	1449	+48	1117	+64
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	1480	+51	1135	+66

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

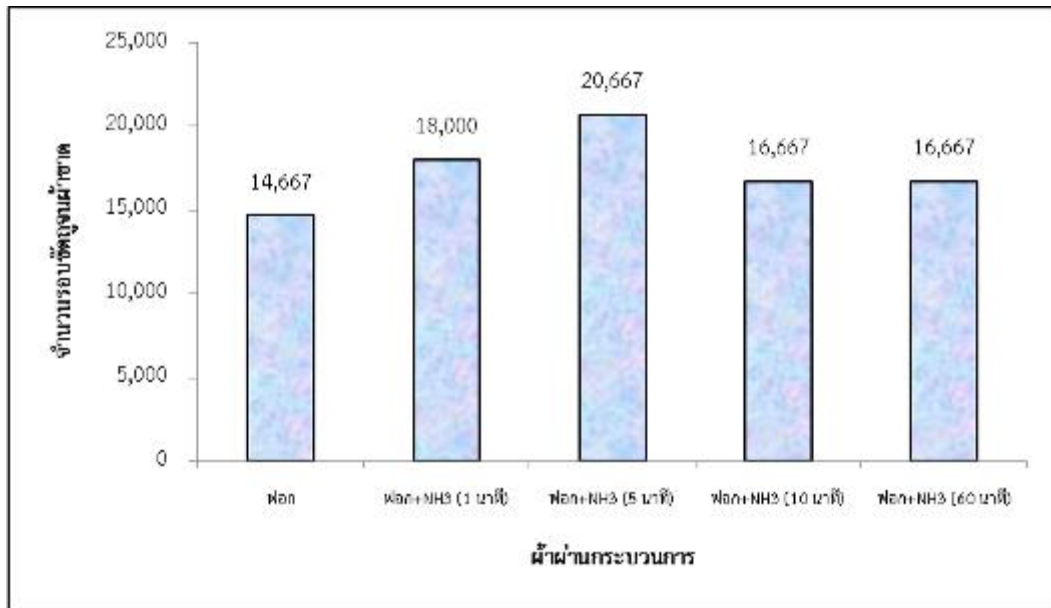
จากตารางที่ 4.28 และ 4.29 แสดงค่าความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาด และแรงฉีกขาด ตามลำดับ พบว่า ผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เป็นเวลา 1-60 นาที (โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า) มีความสามารถด้านทนแรงฉีกขาดได้มากขึ้นจากผ้าก่อนทรีตถึง 28-45% และ 32-66% ตามลำดับ ในขณะที่ความต้านทานแรงดึงขาดของผ้าหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงจากผ้าก่อนทรีตเล็กน้อย คือ บางภาวะการทรีตทำให้ผ้าทนแรงดึงขาดได้มากขึ้น 1-10% บางภาวะไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดึงขาดของผ้า และบางภาวะทำให้ผ้าทนแรงดึงขาดได้น้อยลง 2-4%

4.2.1.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขีดข่วนของผ้า

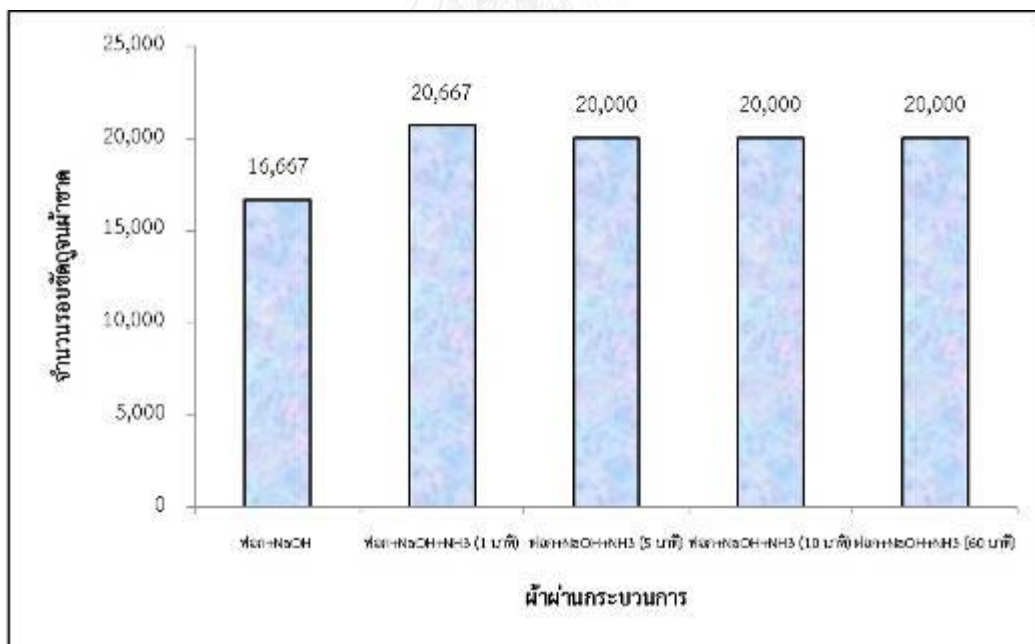
ตารางที่ 4.30 จำนวนรอบขีดข่วนจำนวนของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	จำนวนรอบขีดข่วนจำนวน	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	14,667	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	18,000	+23
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	20,667	+41
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	16,667	+14
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	16,667	+14
ฟอก+NaOH	16,667	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	20,667	+24
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	20,000	+20
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	20,000	+20
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	20,000	+20

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความต้านทานต่อการขีดข่วนเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความต้านทานต่อการขีดข่วนลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH



รูปที่ 4.17 จำนวนรอบขีดจุดผ้าจนวนขาดของผ้าฝ้ายฟลอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

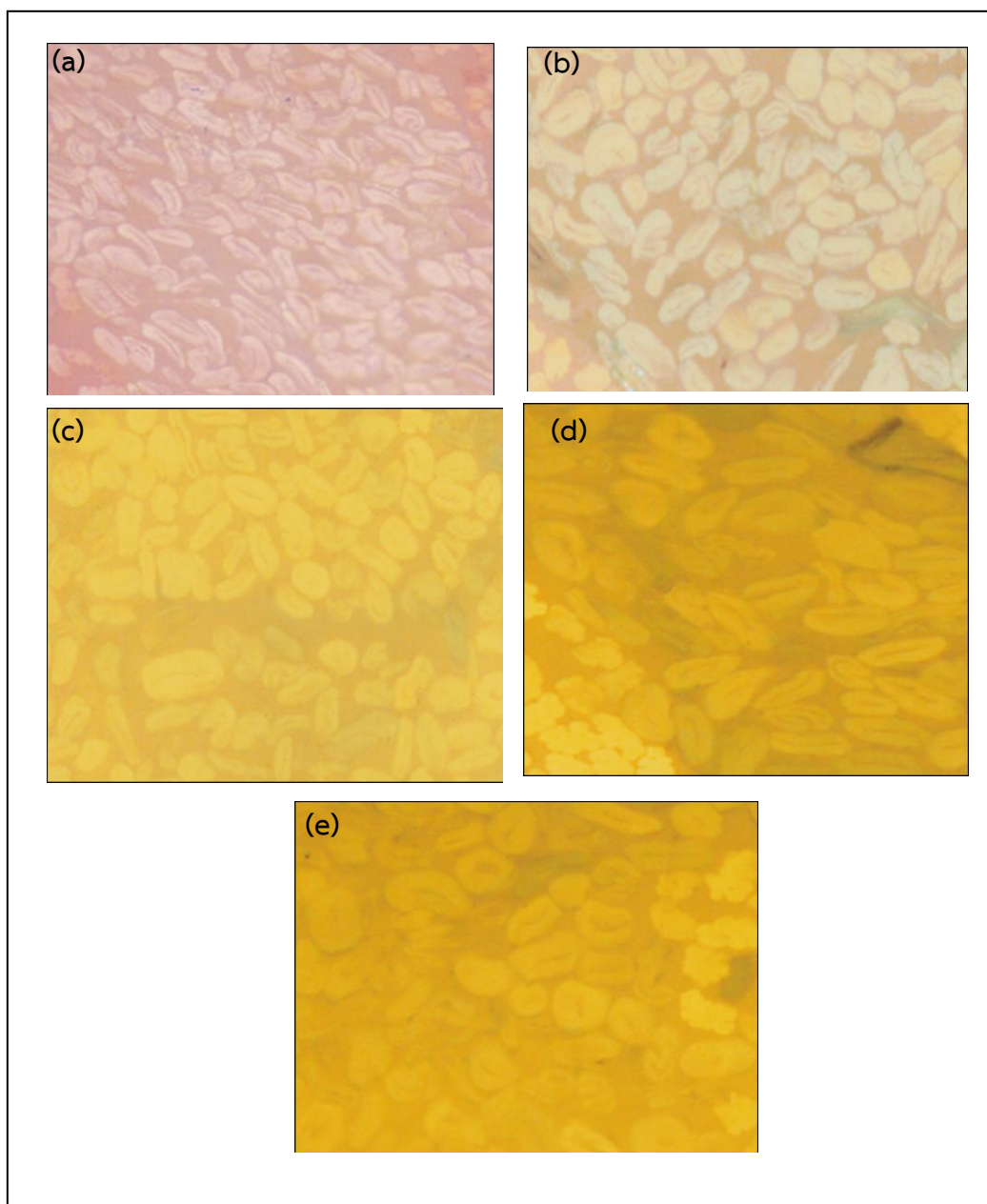


รูปที่ 4.18 จำนวนรอบขีดจุดจนวนขาดของผ้าฝ้ายฟลอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

จากตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.17-4.18 ที่แสดงจำนวนรอบขัดถูผ้าจนขาด พบว่า ผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที (โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำ) มีความสามารถต้านทานการขัดถูจนผ้าขาดได้มากขึ้น 14-41% และ 20-24% ตามลำดับ

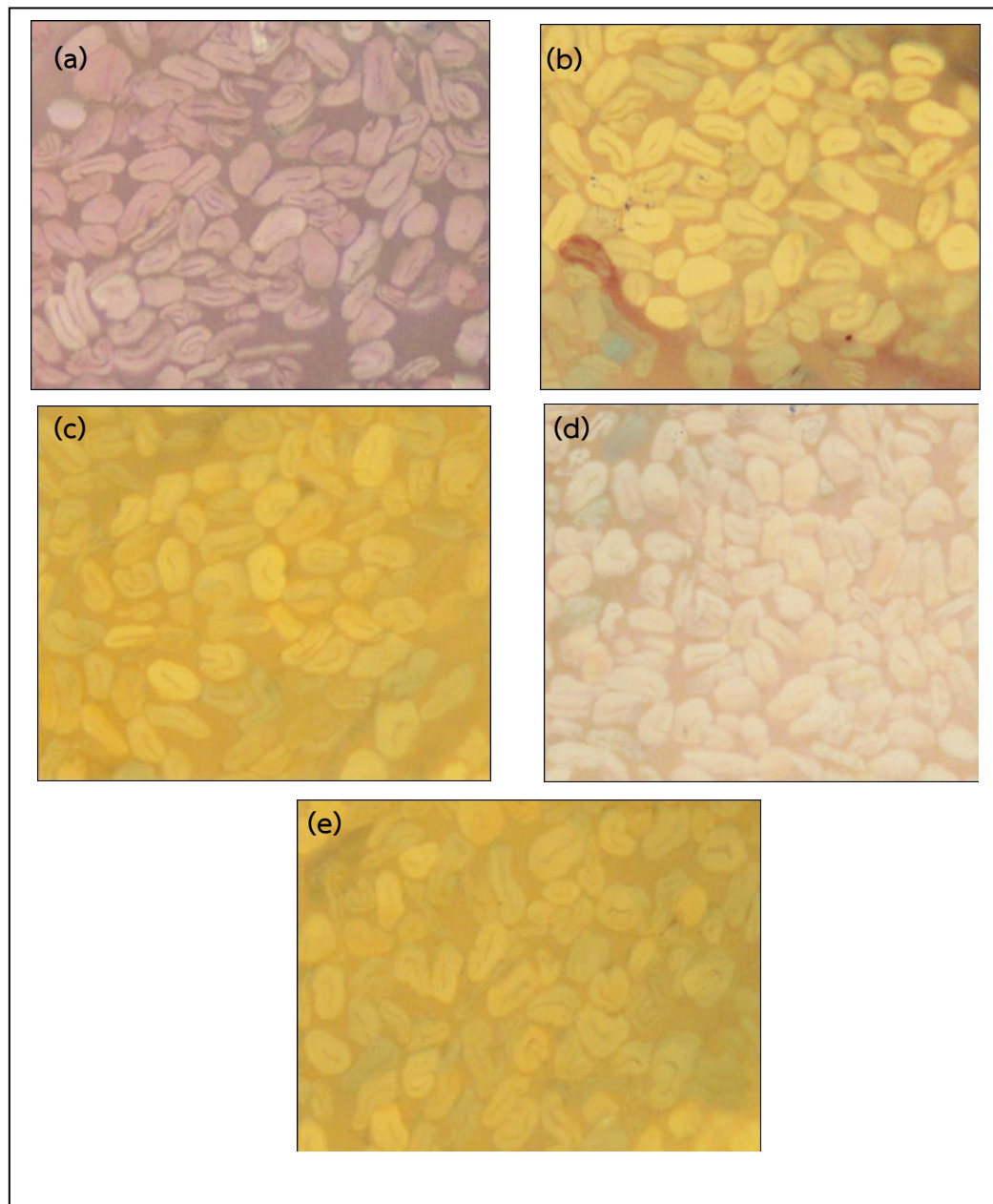
จากผลด้านความแข็งแรงของผ้าฝ้ายเมื่อทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลานานๆ ตั้งแต่ 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกโดยไม่ล้างน้ำผ้า เพื่อทำให้เกิดผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose III มากขึ้น พบว่า ผ้ามีความแข็งแรงด้านความต้านทานต่อการขัดถู และการฉีกขาดได้มากขึ้น ในขณะที่ความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียน่าจะทำให้เส้นใยของตัวออกมีพื้นที่รองรับแรงกลจากภายนอกได้มากขึ้น อีกทั้งการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากขึ้นก็น่าจะช่วยให้ผ้าฝ้ายมีความแข็งแรงมากขึ้นเช่นกัน

4.2.1.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า



รูปที่ 4.19 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยบนผ้าของผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

(a) ฝ้ายฟอก, (b) ฝ้ายฟอก+NH₃ 1 นาที, (c) ฝ้ายฟอก+NH₃ 5 นาที, (d) ฝ้ายฟอก+NH₃ 10 นาที, และ (e) ฝ้ายฟอก+NH₃ 60 นาที



รูปที่ 4.20 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยบนผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 60 นาที

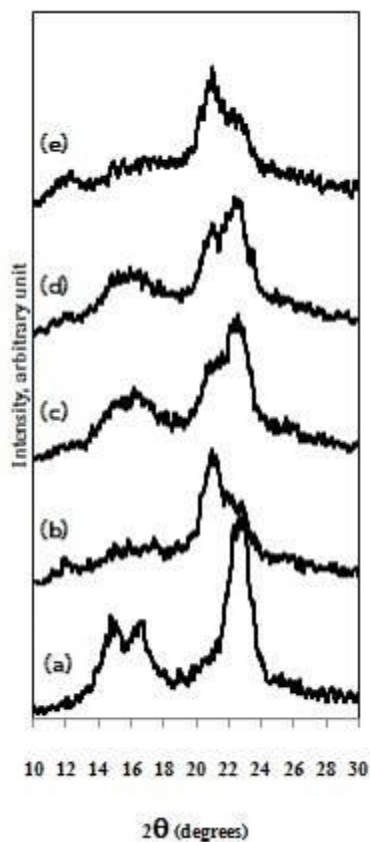
จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 แสดงรูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ก่อนและหลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที (โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า) พบว่าเมื่อทรีตผ้าฝ้ายทั้ง 2 ชนิดนานขึ้นจาก 1 นาที เป็น 60 นาทีในแอมโมเนียเหลว และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า ภาคตัดขวางเส้นใยฝ้ายจะกลมพองมากขึ้นจนมองเห็นลูเมนเล็กลงมากและผนังเส้นใยหนามากขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ทดสอบผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า จะพบว่า สามารถเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสในฝ้ายจาก Cellulose I เป็น Cellulose III ได้มากขึ้น เมื่อเวลาการทรีตนานขึ้นเส้นใยฝ้ายมีปริมาณผลึกของ Cellulose III มากขึ้นเป็น 80% ที่เวลาการทรีต 60 นาที ผ้าทนแรงฉีกขาดและการขูดถูได้มากขึ้น ฝ้ายอมดสีได้เข้มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนจากการที่เส้นใยพองตัวออกมา ผ้าคืนตัวต่อการยับมากขึ้น และภาวะการทรีตที่ใช้สามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดได้สมบูรณ์แบบ ใดๆก็ตามผ้ามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากภาวะการทรีตนี้เช่นกัน

4.2.2 ผลการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

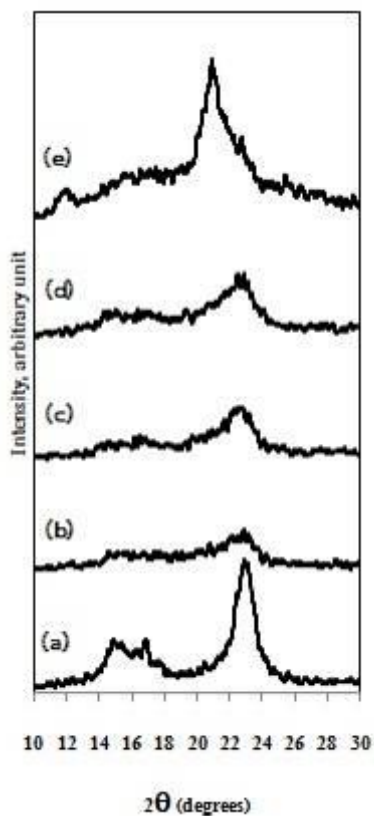
4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction)

ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า ตามข้อ 3.4.2 ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน แสดงในรูปที่ 4.21-4.22 และตารางที่ 4.31-4.32 รูปที่ 4.21 และ 4.22 และตารางที่ 4.31 แสดงให้เห็นว่าเส้นใยฝ้ายในผ้าพอก และผ้าพอก+NaOH มีชนิดของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเป็น Cellulose I (รูปที่ 4.21 (a) และ 4.22 (a)) เมื่อทรีตผ้าทั้ง 2 ชนิดนี้ในแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-10 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเป็นชนิด Cellulose I ผสมกับ Cellulose III (รูปที่ 4.21 (b), (c), (d) และ 4.22 (b), (c), (d)) แต่เมื่อทรีตผ้านานขึ้นเป็น 60 นาที ผลึกเซลลูโลสเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III หมดหรือเกือบหมดอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 4.21 (e) และ 4.22 (e)) เนื่องจากการสัมผัสกันระหว่างฝ้ายและแอมโมเนียที่นานขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างกันมากขึ้น การเปลี่ยนโครงสร้างผลึกจึงเกิดได้สมบูรณ์แบบมากขึ้น



รูปที่ 4.21 เอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

(a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NH₃ 60 นาที



รูปที่ 4.22 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ ฟอก+NaOH ที่ทำรีดด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 60 นาที

ตารางที่ 4.31 ตำแหน่งพีกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมในรูปที่ 4.21 และ 4.22 ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2 θ บนระนาบ			ชนิดผลึกเซลลูโลส
	110	110	020	
พอก	14.7	16.4	22.7	Cell I
พอก+NH ₃ (1 นาที)	14.7	16.7	22.7	Cell I
	11.8	20.8	20.8	Cell III
พอก+NH ₃ (5 นาที)	14.7	16.5	22.3	Cell I
	11.9	20.7	20.7	Cell III
พอก+NH ₃ (10 นาที)	14.0	16.6	22.4	Cell I
	11.6	20.9	20.9	Cell III
พอก+NH ₃ (60 นาที)	11.7	20.8	20.8	Cell III
พอก+NaOH	14.6	16.4	22.7	Cell I
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	11.7	20.9	20.9	Cell III
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	15.0	16.9	22.7	Cell I
	11.1	20.8	20.8	Cell III
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	14.8	17.1	22.3	Cell I
	11.9	21.0	21.0	Cell III
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	11.7	21.0	21.0	Cell III

ตารางที่ 4.32 %Crystallinity Index ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	%Crystallinity Index	
	Cellulose I	Cellulose II
พอก	77	
พอก+NH ₃ (1 นาที)		30
พอก+NH ₃ (5 นาที)		41
พอก+NH ₃ (10 นาที)		36
พอก+NH ₃ (60 นาที)		37
พอก+NaOH	80	
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)		39
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)		52
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)		51
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)		76

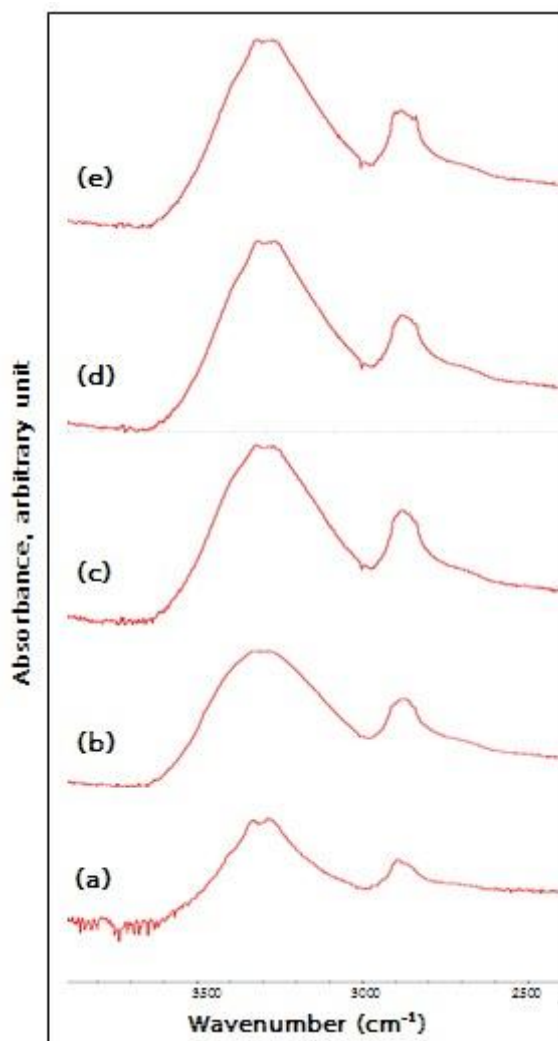
จากตารางที่ 4. 32 พบว่า ดัชนีความเป็นผลึกหรือปริมาณของผลึกเซลลูโลสชนิด Cellulose I ในเส้นใยฝ้ายของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ที่พอก และพอก+NaOH มีค่าอยู่ที่ 77% และ 80% ตามลำดับ เมื่อนำผ้าทั้ง 2 ชนิดนี้ไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า ผลึก Cellulose I จะเปลี่ยนเป็น Cellulose III 30-41% และ 39-76% ตามลำดับ

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรี-เฟลกซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

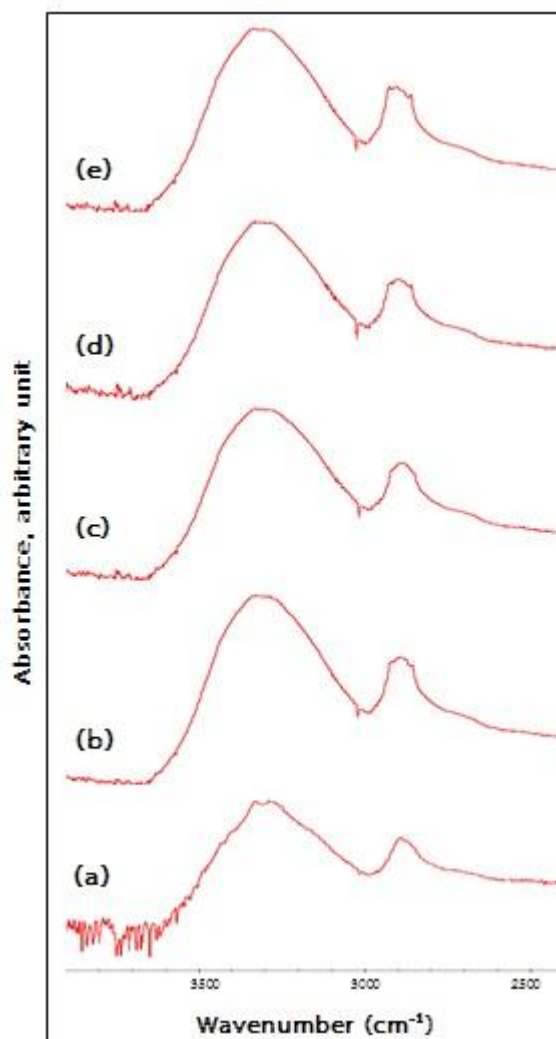
ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้าตามข้อ 3.4.2 ด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีเฟลกซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR) แสดงในตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.23-4.24 พบว่าโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยยังคงเป็นเซลลูโลสในทุกตัวอย่างผ้าก่อนและหลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว

ตารางที่ 4.33 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.23 และ 4.24

ผ้าผ่านกระบวนการ	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น(cm^{-1})
พอก	O-H Stretch	3270
พอก+NH ₃ (1 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NH ₃ (5 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NH ₃ (10 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NH ₃ (60 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH	O-H Stretch	3270, 3450, 3480
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	O-H Stretch	3480
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	O-H Stretch	3480



รูปที่ 4.23 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด
 (a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NH₃ 60 นาที



รูปที่ 4.24 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนีย เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 60 นาที

จาก ATR-FTIR สเปกตรัมของ Cellulose พบว่า ในรูปที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.1 ผ้าฟอกมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน O-H Stretch ที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm⁻¹ และผ้าฟอก+NaOH มี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกที่ตำแหน่งเลขคลื่น 3270 cm⁻¹ และพีกตำแหน่งเลขคลื่น 3450 กับ 3480 cm⁻¹ ส่วนผ้าฟอก+NH₃ และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ทุก

ภาวะ ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีก 3480 cm^{-1} เป็นส่วนใหญ่ และยังคงมีพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน C-H อยู่ที่ $2850\text{-}2960\text{ cm}^{-1}$

4.2.2.3 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์

ตารางที่ 4.34 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์
ฟอก	79
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	150
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	150
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	153
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	153
ฟอก+NaOH	101
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	155
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	155
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	155
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	155

ตารางที่ 4.34 แสดงแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ 2 ชนิด (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า พบว่า ผ้าทั้ง 2 ชนิดหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวมีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์มากกว่า 150 เป็นส่วนใหญ่ แสดงว่า การทรีตผ้าที่ภาวะเหล่านี้สามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบได้ เช่นเดียวกับปริมาณผลึกเซลลูโลส Cellulose III ที่เพิ่มมากขึ้นจากการทรีตนี้ด้วย เนื่องจากระยะเวลาการทรีตนานขึ้น

จึงเกิดปฏิกิริยาระหว่างฝ้ายกับแอมโมเนียได้มากขึ้นจนเส้นใยพองตัวออกได้มาก และดูดซับสารเคมีได้มากขึ้น แบเรียมแอกติวิตีของฝ้ายจึงมีค่าสูงขึ้นมากจากฝ้ายพอก

4.2.2.4 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า

ตารางที่ 4.35 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	ความเข้มสี*(K/S)
พอก	4.24
พอก+NH ₃ (1 นาที)	5.31
พอก+NH ₃ (5 นาที)	5.38
พอก+NH ₃ (10 นาที)	6.05
พอก+NH ₃ (60 นาที)	6.53
พอก+NaOH	4.43
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	5.81
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	5.80
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	5.80
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	5.92

*วัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

จากตารางที่ 4.35 แสดงความเข้มสีหลังย้อมผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ 2 ชนิด (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว พบว่า ผ้าพอกและผ้าพอก+NaOH ที่ถูกย้อมสีมีความเข้มสี 4.24 และ 4.43 ตามลำดับ แต่เมื่อนำผ้าทั้ง 2 ชนิดไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้าและนำไปย้อมสี ผ้าจะมีความเข้มสีมากขึ้นอีกเป็น 5.31-6.53 และ 5.80-5.92 ตามลำดับ แสดงว่าการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะข้างต้นนี้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย้อม

ติดสีของผ้า เนื่องจากเส้นใยฝ้ายพองตัวออกมากขึ้นและมีพื้นที่ดูดซึมสีย้อมได้มากขึ้น ทำให้ฝ้ายย้อมได้สีเข้มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดซึ่งสอดคล้องกับแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ที่เพิ่มมากขึ้นในผ้าที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวนี้

4.2.2.5 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า

ตารางที่ 4.36 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	สภาพแข็งตึงดัดโค้ง (G) มก./ชม.			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
พอก	828	0	343	0
พอก+NH ₃ (1 นาที)	226	-73	249	-27
พอก+NH ₃ (5 นาที)	252	-70	289	-16
พอก+NH ₃ (10 นาที)	301	-64	322	-6
พอก+NH ₃ (60 นาที)	320	-61	335	-2
พอก+NaOH	1577	0	283	0
พอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	281	-82	319	+13
พอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	290	-81	344	+22
พอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	205	-87	372	+31
พอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	212	-87	369	+30

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ สภาพแข็งตึงดัดโค้งเพิ่มขึ้นจากผ้าพอก และผ้าพอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ สภาพแข็งตึงดัดโค้งลดลงจากผ้าพอกและผ้าพอก+NaOH

ตารางที่ 4.36 แสดงสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที ในภาวะไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้า ๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า พบว่า

ส่วนใหญ่ผ้าหลังทรีตมีสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งแรงต่างลดลง โดยเฉพาะผ้าในแนวด้ายยืนที่ความแข็งแรงต่างลดลงมากอย่างเห็นได้ชัด (-61 ถึง 87%) ในขณะที่ผ้าแนวด้ายพุ่งมีทั้งความแข็งแรงที่ลดลง (-2 ถึง 27%) และเพิ่มขึ้น (+13 ถึง 31%) เล็กน้อยหลังการทรีต

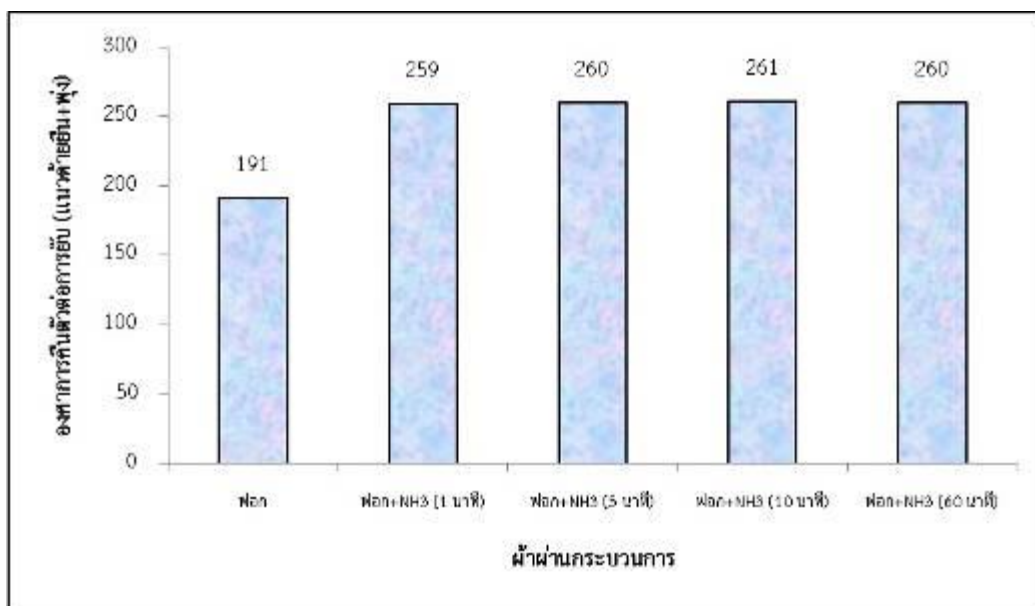
4.2.2.6 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า

ตารางที่ 4.37 องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ฟลิกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

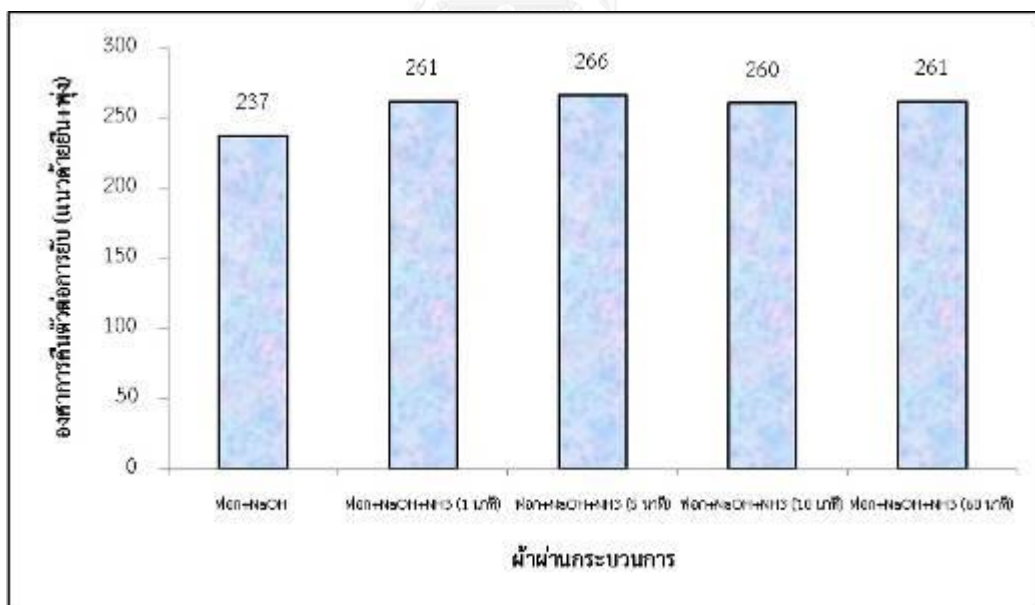
ผ้าผ่านกระบวนการ	องศาการคืนตัวต่อการยับ		องศาการคืนตัวต่อการยับ แนวด้ายยืน + พุ่ง	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
	แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง		
ฟอก	113	78	191	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	141	118	259	+36
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	141	119	260	+36
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	142	119	261	+37
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	142	118	260	+36
ฟอก+NaOH	119	118	237	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	143	118	261	+10
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	148	118	266	+39
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	143	117	260	+10
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	144	117	261	+10

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ องศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ องศาการคืนตัวต่อการยับลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH



รูปที่ 4.25 องศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด



รูปที่ 4.26 องศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

จากตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.25-4.26 แสดงค่าองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า พบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) เมื่อถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในทุกภาวะจะมีค่าองศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มมากขึ้น 36-37% และ 10-39% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวนี้ ทำให้ผ้าต้านทานการยับได้ดีมากขึ้น เนื่องจากการทรีตนี้ทำให้เส้นใยฝ้ายคลายเกลียว และพองตัวออก ผ้ามีความเครียดลดลงจึงคืนตัวการยับได้ดีมากขึ้น

4.2.2.7 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า

ตารางที่ 4.38 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)			
	แนวด้ายยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	140	0	62	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	141	+1	68	+10
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	143	+2	74	+19
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	145	+4	65	+5
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	145	+4	67	+8
ฟอก+NaOH	150	0	66	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	151	+1	70	+6
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	148	-1	75	+14
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	146	-3	74	+12
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	147	-2	75	+14

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.39 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)			
	แนวตั้งยยืน	%การเปลี่ยนแปลง	แนวตั้งพุ่ง	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	2084	0	1217	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	2743	+32	2101	+73
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	2961	+42	2236	+84
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	2881	+38	2260	+86
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	2890	+39	2248	+84
ฟอก+NaOH	2227	0	1401	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	2851	+28	2272	+62
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	2982	+34	2306	+65
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	2927	+31	2429	+71
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	2989	+34	2432	+72

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

CHULALONGKORN UNIVERSITY

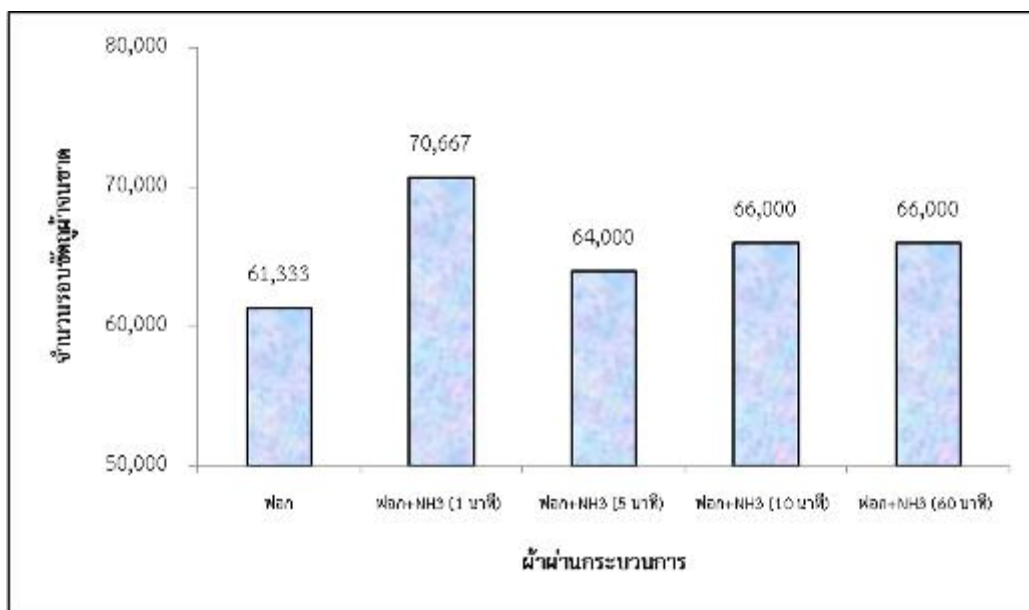
จากตารางที่ 4.38-4.39 แสดงความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดและแรงฉีกขาดของผ้า ตามลำดับ พบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) เมื่อทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวในทุกภาวะสามารถต้านแรงฉีกขาดได้เพิ่มขึ้น 32-86% และ 28-72% ตามลำดับ และสามารถต้านแรงดึงขาดได้เพิ่มขึ้น 1-19% เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการทรีตแอมโมเนียเหลวบนผ้าทั้ง 2 ชนิดนี้ที่ภาวะข้างต้น สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงและแรงฉีกให้ผ้าได้ดีมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเส้นใยฝ้ายพองตัวออกมากหลังการทรีต จึงเพิ่มพื้นที่รับแรงกลจากการดึงและการฉีกได้ดีขึ้นมาก

4.2.2.8 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขจัดของผ้า

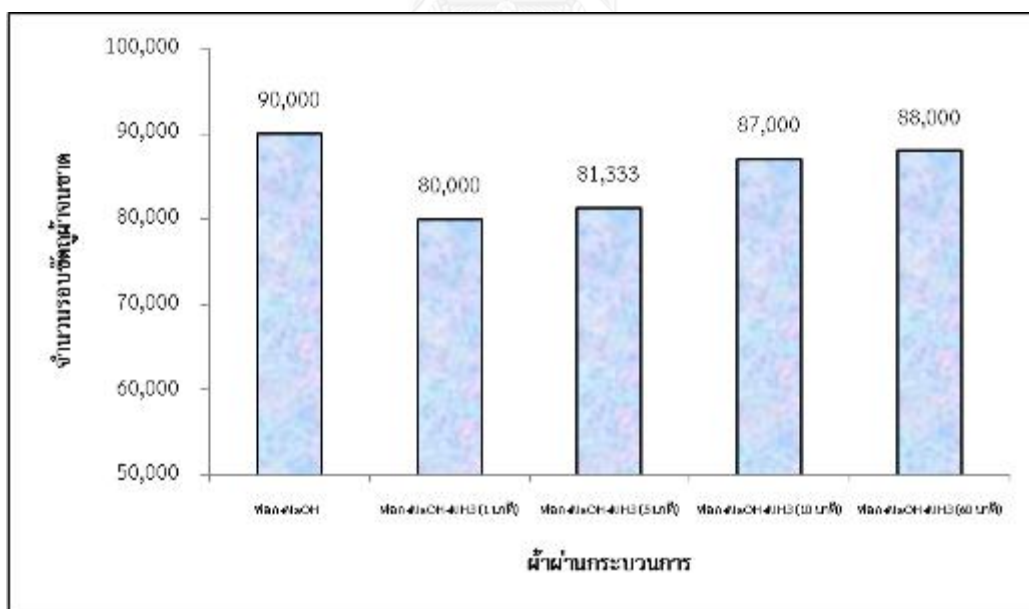
ตารางที่ 4.40 จำนวนรอบขจัดผ้าจันขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

ผ้าผ่านกระบวนการ	จำนวนรอบขจัดผ้าจันขาด	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก	61,333	0
ฟอก+NH ₃ (1 นาที)	70,667	+15
ฟอก+NH ₃ (5 นาที)	64,000	+4
ฟอก+NH ₃ (10 นาที)	66,000	+8
ฟอก+NH ₃ (60 นาที)	66,000	+8
ฟอก+NaOH	90,000	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ (1 นาที)	80,000	-11
ฟอก+NaOH+NH ₃ (5 นาที)	81,333	-10
ฟอก+NaOH+NH ₃ (10 นาที)	87,000	-3
ฟอก+NaOH+NH ₃ (60 นาที)	88,000	-2

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความต้านทานต่อการขจัดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
 การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความต้านทานต่อการขจัดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH



รูปที่ 4.27 จำนวนรอบตัดผ้าจำนวนเส้นของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ฟลิกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

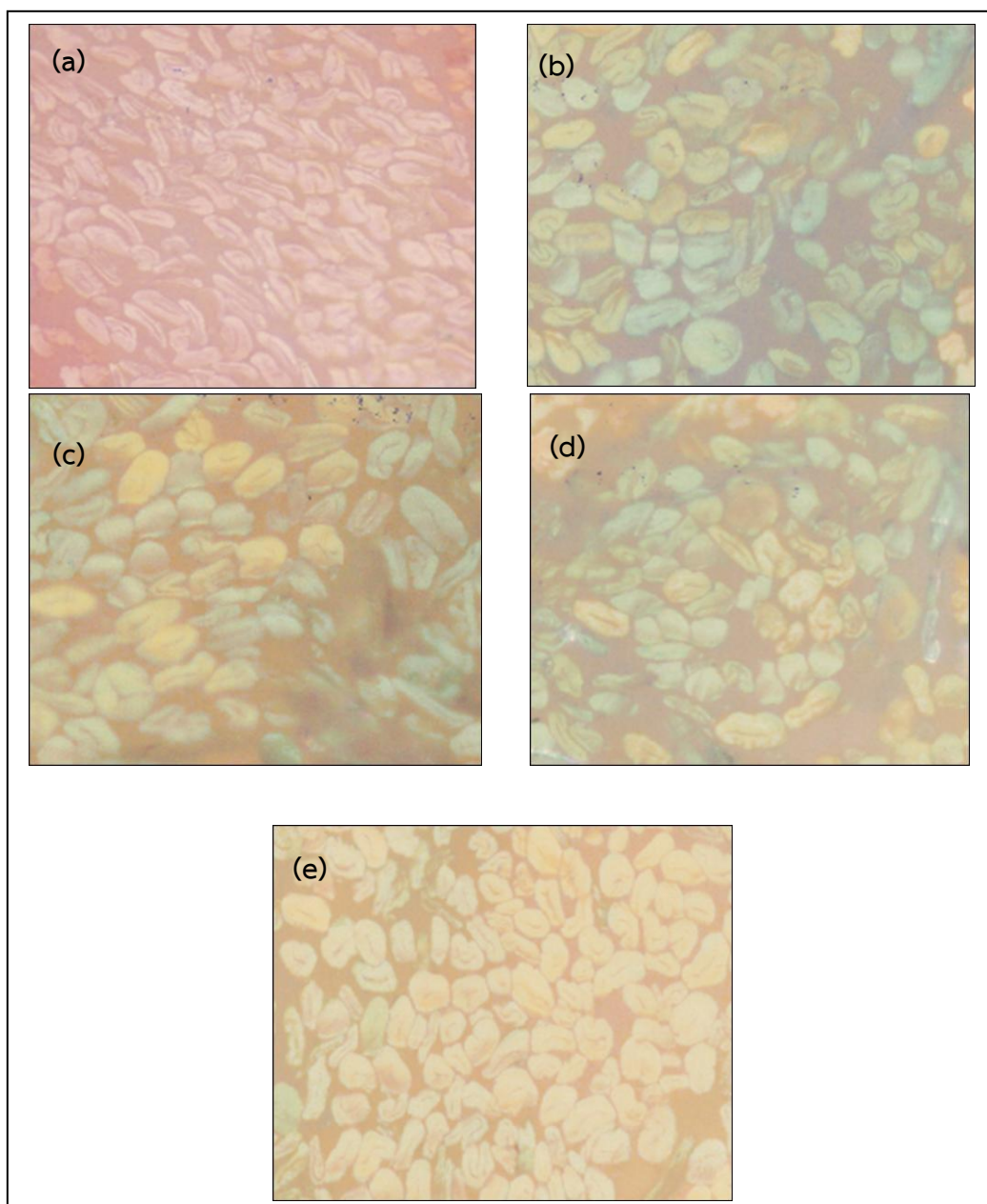


รูปที่ 4.28 จำนวนรอบตัดผ้าจำนวนเส้นของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ฟลิกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

จากตารางที่ 4.40 และรูปที่ 4.27-4.28 แสดงจำนวนรอบขีดถูผ้าขนาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ ดังกล่าว พบว่า ผ้าฟอกที่ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวมีความทนต่อการขีดถูได้มากขึ้น 4-15% ในขณะที่ผ้าฟอก+NaOH หลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวกลับมีความคงทนต่อการขีดถูได้ลดลง 2-11%



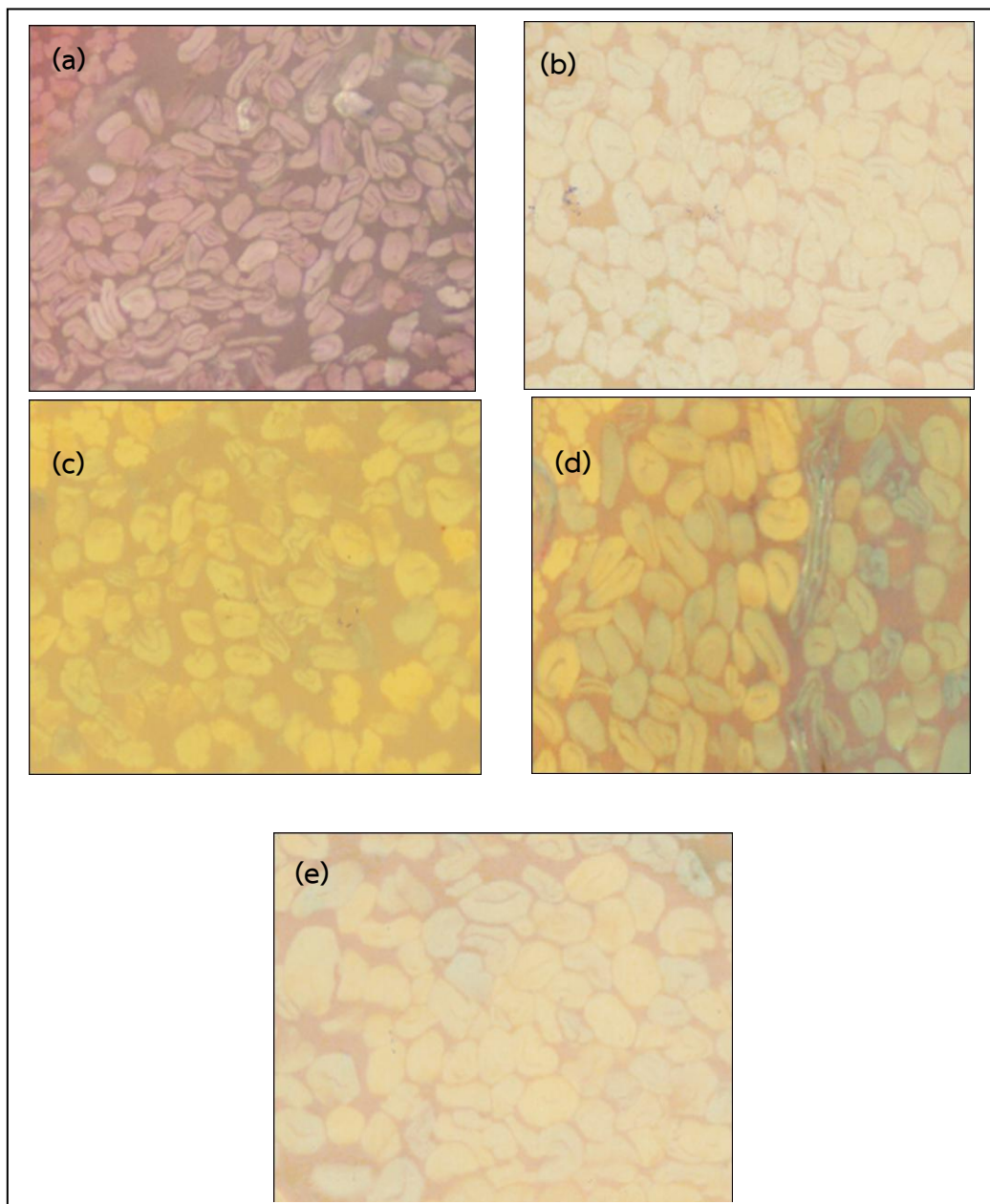
4.2.2.9 ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า



รูปที่ 4.29 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายและพอลิเอสเตอร์บนผ้าฝ้าย ผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใย ฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

(a) ฝ้ายฟอก, (b) ฝ้ายฟอก+NH₃ 1 นาที, (c) ฝ้ายฟอก+NH₃ 5 นาที, (d) ฝ้ายฟอก+NH₃ 10 นาที, และ (e) ฝ้ายฟอก+NH₃ 60 นาที

ผลการวิเคราะห์รูปร่างภาคตัดขวางเส้นใยบนผ้า



รูปที่ 4.30 รูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้ายและพอลิเอสเตอร์บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 1 นาที, (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 5 นาที, (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 10 นาที และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 60 นาที

จากรูปที่ 4.29-4.30 แสดงรูปร่างภาคตัดขวาง (Cross-section) ของเส้นใยฝ้าย และพอลิเอสเทอร์บนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะดังกล่าว พบว่า เมื่อทรีตเป็นเวลานานขึ้นจาก 1 นาที เป็น 60 นาที เส้นใยฝ้ายจะพองตัวมากขึ้น ผนังเส้นใยหนาขึ้น และมีลูเมนเล็กลงมากอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 4.29 (e) และ 4.30 (e))

จากผลการวิเคราะห์ทดสอบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 1-60 นาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ล้างน้ำผ้า เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในฝ้ายเปลี่ยนจาก Cellulose I เป็น Cellulose III มากที่สุด พบว่า กระบวนการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเกิดได้อย่างสมบูรณ์แบบ และมีผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเป็นชนิด Cellulose III มากขึ้น เส้นใยฝ้ายพองตัวออกมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน ฝ้าย้อมได้สีเข้มมากขึ้น ฝ้ายมีความแข็งแรงด้านแรงดึงขาดและแรงฉีกขาดได้มากขึ้น ฝ้ายคืนตัวการยับหรือด้านการยับได้ดีมากขึ้น และผ้าส่วนใหญ่นุ่มขึ้นด้วย

4.2.3 ผลการทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึง

ผลการทดลองในส่วนนี้เป็นการทรีตผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ด้วยแอมโมเนียเหลว โดยปรับเปลี่ยนภาวะการทรีตจากภาวะที่โรงงานใช้ในปัจจุบัน (ทรีต 2 วินาที โดยมีแรงดึง และระเหยแอมโมเนียแบบใช้น้ำ) คือ ปรับเปลี่ยนเป็นการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงดึงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบเร็วโดยใช้น้ำล้างผ้าและแบบช้าโดยระเหยในอากาศ (ไม่ล้างน้ำผ้า) จากนั้นนำผ้ามาทดสอบสมบัติต่างๆ แสดงผลดังต่อไปนี้



4.2.3.1 ผลการทดสอบการยืด/หดตัวของผ้า

ตารางที่ 4.41 %การยืด/หดตัวของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	%การยืด/หดตัว ของผ้า (ยีน)	%การยืด/หดตัว ของผ้า (พุ่ง)
ฟอก			0	0
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	-2	-4
		5	-2	-4
		10	-2	-5
		15	-2	-5
		30	-2	-5
		60	-2	-5
	ไม่ล้างน้ำ	2	-2	-5
		5	-2	-5
		10	-2	-5
		15	-2	-5
		30	-2	-5
		60	-2	-5
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	-3	-1
		5	-3	-1
		10	-3	-1
		15	-3	-1
		30	-3	-1
		60	-3	-1
	ไม่ล้างน้ำ	2	-3	-1
		5	-3	-1
		10	-3	-1
		15	-3	-1
		30	-3	-1
		60	-3	-1

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	%การยืด/หดตัวของ ผ้า (ยีน)	%การยืด/หดตัว ของผ้า (พุ่ง)	
ฟอก+NaOH			0	0	
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	-1	-2	
		5	-1	-2	
		10	-1	-3	
		15	-1	-3	
		30	-1	-3	
		60	-1	-3	
	ไม่ล้างน้ำ	2	-1	-2	
		5	-1	-3	
		10	-1	-2	
		15	-1	-3	
		30	-1	-3	
		60	-1	-3	
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	-3	0
			5	-3	0
10			-3	0	
15			-3	0	
30			-3	0	
60			-3	0	
ไม่ล้างน้ำ		2	-3	0	
		5	-3	0	
		10	-3	0	
		15	-3	0	
		30	-3	0	
		60	-3	0	

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ผ้ายืดตัวหลังการทรีต

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ผ้าหดตัวหลังการทรีต

ตารางที่ 4.41 แสดงร้อยละการยืด/หดตัวของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) หลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวตามภาวะที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ในแนวด้ายพุ่งผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวโดยมีแรงดึงผ้าจะหดตัว (4-5%) มากกว่า ผ้าทรีตโดยไม่มีแรงดึง (1%) เช่นเดียวกับผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตโดยมีแรงดึงผ้าหดตัว (2-3%) มากกว่า ผ้าทรีตโดยไม่มีแรงดึง (0%) ส่วนในแนวด้ายยืนทั้งผ้าฝ้ายฟอก และผ้าฝ้ายฟอก+NaOH การหดตัวหลังการทรีตจะสลับกับแนวด้ายพุ่ง โดยผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวโดยมีแรงดึงผ้าจะหดตัว (2%) น้อยกว่า ผ้าทรีตโดยไม่มีแรงดึง (3%) เช่นเดียวกับผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตโดยมีแรงดึงผ้าหดตัว (1%) น้อยกว่า ผ้าทรีตโดยไม่มีแรงดึง (3%) ทั้งนี้อาจเนื่องจากแรงดึงที่ให้แก่ผ้าระหว่างทรีตเป็นการให้แรงดึงในแนวด้ายยืนของผ้า



4.2.3.2 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัม

เบอร์

ตารางที่ 4.42 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์
ฟอก			97
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	152
		5	158
		10	161
		15	161
		30	161
		60	161
	ไม่ล้างน้ำ	2	155
		5	155
		10	158
		15	158
		30	158
		60	158
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	160
		5	160
		10	160
		15	162
		30	163
		60	163
	ไม่ล้างน้ำ	2	163
		5	163
		10	164
		15	163
		30	167
		60	167

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	วิธีการจัด NH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	แบเรียมแอกติวิตีนัมเบอร์	
ฟอก+NaOH			128	
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	161	
		5	161	
		10	161	
		15	165	
		30	165	
		60	165	
	ไม่ล้างน้ำ	2	161	
		5	162	
		10	165	
		15	165	
		30	165	
		60	165	
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	163
			5	163
10			163	
15			163	
30			163	
60			163	
ไม่ล้างน้ำ		2	167	
		5	167	
		10	167	
		15	167	
		30	167	
		60	167	

จากตารางที่ 4.42 แสดงระดับความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลว โดยวัดจากแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ของผ้าก่อนและหลังทรีต พบว่า ก่อนการทรีตทั้งผ้าฟอกและผ้าฟอก+NaOH มีแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ 97 และ 128 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่า 150 และเมื่อทรีตผ้าทั้ง 2 ชนิดที่ภาวะข้างต้น พบว่า ทุกภาวะการทรีตทำให้กระบวนการทรีตที่เกิดได้สมบูรณ์แบบ เนื่องจากผ้ามีแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์ตั้งแต่ 152-167 ซึ่งมากกว่า 150 โดยพบว่า เมื่อนำผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ผ้าจะมีแบเรียมแอกติวิตีนิ้มเบอร์สูงกว่าผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียอยู่เล็กน้อย ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในแง่ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต

ดังนั้น การทรีตผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้าง ผ้าทุกภาวะสามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบได้ การมีแรงตึงผ้าหรือไม่ระหว่างการทรีต และการระเหยแอมโมเนียออกแบบมีน้ำและไม่มีน้ำก็ไม่ได้ส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันนักต่อเมื่อการทรีตผ้าใช้เวลานานขึ้นกว่าที่กระทำในโรงงาน (ประมาณ 2 วินาที) คือ ทรีตที่เวลา 2-60 วินาที การทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลานานขึ้นสามารถทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวได้มากขึ้นจนสามารถดูดซับน้ำ สารเคมี และสีย้อมได้มากขึ้น และทำให้กระบวนการเกิดสมบูรณ์แบบ

4.2.3.3 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า

ตารางที่ 4.43 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	ความเข้มสี*(K/S)
ฟอก			5.20
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	5.40
		5	5.15
		10	4.96
		15	5.81
		30	5.95
		60	4.89
	ไม่ล้างน้ำ	2	5.50
		5	5.95
		10	4.96
		15	5.71
		30	5.85
		60	4.98
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	8.56
		5	8.12
		10	8.70
		15	8.05
		30	8.34
		60	8.03
	ไม่ล้างน้ำ	2	9.45
		5	8.95
		10	9.44
		15	9.48
		30	9.20
		60	9.15

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	ความเข้มสี*(K/S)		
ฟอก+NaOH			7.28		
มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	4.71		
		5	4.54		
		10	5.41		
		15	4.56		
		30	4.94		
		60	4.83		
	ไม่ล้างน้ำ	2	4.95		
		5	4.84		
		10	5.91		
		15	5.16		
		30	5.14		
		60	4.99		
		ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	8.83
				5	8.60
10	8.89				
15	8.53				
30	8.45				
60	8.22				
ไม่ล้างน้ำ	2		9.42		
	5		9.87		
	10		9.40		
	15		9.55		
	30		9.83		
	60		8.94		

*วัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

จากตารางที่ 4.43 แสดงค่าความเข้มสีหลังการย้อม โดยย้อมผ้าฝ้าย (ฟอก+NH₃ และ ฟอก+NaOH+NH₃) ด้วยสีไคเรกท์ (Benzopurpurin 4B) และวัดค่าความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร พบว่า ผ้าฝ้ายฟอก และผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ถูกย้อมสีจะมีค่าความเข้มสีที่ 5.20 และ 7.28 ตามลำดับ เมื่อนำผ้าทั้ง 2 ชนิดไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงดึงผ้า ระบายแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้าและนำไปย้อมสี พบว่า ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว) จะมีความเข้มสีลดลงจาก 7.28 (ผ้าฟอก+NaOH) เป็น 4.54-5.91 ส่วนผ้า ฟอก+NH₃ ที่ย้อมสีจะมีความเข้มสี (4.89-5.95) ไม่แตกต่างจากผ้าฟอกมากนัก (5.20) แต่เมื่อนำผ้า ทั้ง 2 ชนิดไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า ระบายแอมโมเนีย ออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า และย้อมสีผ้า พบว่า ผ้าทั้งหมดมีความเข้มสีย้อมเพิ่มขึ้นอย่างเห็น ได้ชัดจากผ้าไม่ได้ทรีต คือ ผ้าฟอก+NH₃ ที่ย้อมสีมีความเข้มสี 8.03-9.48 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากผ้าไม่ได้ทรีตที่ มีความเข้มสี 5.20 ขณะที่ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ที่ย้อมสีมีความเข้มสี 8.22-9.87 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากผ้า ไม่ได้ทรีตที่มีความเข้มสี 7.28

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวให้สามารถย้อมติดสีได้เข้มมากขึ้นควรทรีตผ้าแบบไม่มีแรงดึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระบายแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำหรือไม่ใช้น้ำ ล้างผ้าก็ได้ ทั้งนี้การทรีตผ้าแบบไม่มีแรงดึงอาจทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวออกได้มากกว่าการทรีตแบบมี แรงดึง (แนวด้ายยืน) ซึ่งทำให้ผ้าทรีตแบบไม่มีแรงดึงย้อมติดสีได้เข้มกว่า อย่างไรก็ตามการทรีตแบบ ไม่มีแรงดึง จะทำให้ผ้าหดตัวแนวยืนมากกว่าด้วย

4.2.3.4 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า

ตารางที่ 4.44 สภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	สภาพแข็งตึงดัดโค้ง (G) มก./ชม.			
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง
ฟอก			92	0	85	0
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	220	+139	104	+22
		5	193	+110	79	-7
		10	294	+220	104	+22
		15	295	+221	106	+25
		30	325	+253	107	+26
		60	232	+152	129	+52
	ไม่ล้างน้ำ	2	389	+323	281	+231
		5	340	+270	242	+185
		10	390	+324	236	+178
		15	389	+323	222	+161
		30	393	+327	179	+111
		60	348	+278	142	+67
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	132	+43	112	+32
		5	143	+55	112	+32
		10	132	+43	115	+35
		15	130	+41	118	+39
		30	138	+50	126	+48
		60	142	+54	132	+55
	ไม่ล้างน้ำ	2	125	+36	118	+39
		5	130	+41	119	+40
		10	129	+40	120	+41
		15	119	+29	117	+38
		30	125	+36	117	+38
		60	118	+28	120	+41

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	สภาพแข็งตึงตัดโค้ง (G) มก./ชม.			
			แนวด้าย ยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง
ฟอก+NaOH			204	0	65	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	197	-3	99	+52
		5	247	+21	125	+92
		10	219	+7	46	-29
		15	296	+45	79	+22
		30	287	+41	79	-6
		60	237	+16	61	+140
	ไม่ล้างน้ำ	2	149	-27	156	+86
		5	155	-24	121	+86
		10	159	-22	85	+31
		15	163	-20	99	+52
		30	192	-6	102	+57
		60	217	+6	103	+58
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	163	-20	121	+86
		5	152	-25	112	+72
		10	153	-25	132	+103
		15	159	-22	122	+88
		30	153	-25	123	+89
		60	152	-25	125	+92
	ไม่ล้างน้ำ	2	140	-31	129	+98
		5	140	-31	132	+103
		10	141	-31	131	+102
		15	145	-29	129	+98
		30	140	-31	128	+97
		60	140	-31	130	+100

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งลดลงจากผ้าฟอกและผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.44 แสดงสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างของผ้า โดยพบว่า ผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) มีสภาพแข็งตึงดัดโค้งในแนวด้ายยืน 92 และ 204 มก./ซม. และในแนวด้ายพุ่ง 85 และ 65 มก./ซม. ตามลำดับ เมื่อนำผ้าฝ้ายฟอกไปทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกทั้งแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า พบว่า ผ้ามีสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งกระด้างมากขึ้นทั้งผ้าในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง (22-327%) ซึ่งผ้าแนวด้ายยืนแข็งกระด้างมากขึ้นกว่าในแนวด้ายพุ่ง และส่วนใหญ่ผ้าที่ทรีตแบบมีแรงตึงผ้าจะแข็งกระด้างมากกว่าผ้าทรีตแบบไม่มีแรงตึงผ้า อาจเนื่องจากความเครียดของเส้นด้ายบนผ้าที่ทรีตแบบมีแรงตึงผ้าที่จะถูกชิงระหว่างการทรีต ส่วนผ้าฟอก+NaOH ที่ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียที่ภาวะต่างๆ ข้างต้น มีทั้งความแข็งกระด้างที่เพิ่มขึ้นและลดลงซึ่งทำให้สรุปผลได้ไม่แน่นอนนัก



4.2.3.5 ผลการทดสอบองศาการคืนตัวของผ้า

ตารางที่ 4.45 องศาการคืนตัวของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	องศาการคืนตัวของผ้า			%การ เปลี่ยนแปลง
			แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน+พุ่ง	
ฟอก			71	92	163	0
ฟอก+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	110	107	217	+33
		5	113	105	218	+34
		10	119	106	226	+35
		15	120	111	230	+41
		30	122	118	240	+47
		60	122	116	238	+46
	ไม่ล้างน้ำ	2	110	107	217	+33
		5	113	105	217	+33
		10	119	106	225	+38
		15	119	110	229	+41
		30	122	118	240	+47
		60	122	116	237	+45
ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	138	137	275	+69
		5	138	140	278	+71
		10	137	139	276	+69
		15	140	143	283	+74
		30	143	140	283	+74
		60	136	140	276	+69
	ไม่ล้างน้ำ	2	139	138	278	+71
		5	139	139	277	+70
		10	143	143	286	+76
		15	144	139	283	+74
		30	144	143	287	+76
		60	145	143	287	+76

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	องศาการคืนตัวต่อการยับ			%การ เปลี่ยนแปลง
			แนวตั้งยืน	แนวตั้งพุ่ง	แนวตั้งยืน+พุ่ง	
ฟอก+NaOH			115	125	240	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	127	130	257	+7
		5	128	124	251	+5
		10	125	121	246	+3
		15	126	130	256	+7
		30	124	132	256	+7
		60	124	130	254	+6
	ไม่ล้างน้ำ	2	127	130	256	+7
		5	127	123	250	+4
		10	125	121	246	+3
		15	126	130	256	+7
		30	123	132	254	+6
		60	124	130	253	+5
ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	137	141	278	+16
		5	137	139	276	+15
		10	140	140	280	+17
		15	138	136	274	+14
		30	138	136	274	+14
		60	140	140	280	+17
	ไม่ล้างน้ำ	2	138	137	275	+15
		5	139	138	277	+16
		10	138	137	275	+15
		15	137	138	275	+15
		30	136	136	272	+13
		60	138	137	275	+15

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ องศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ องศาการคืนตัวต่อการยับลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.45 แสดงองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนีย ออกแบบใช้น้ำและไมใช้น้ำล้างผ้า พบว่า ผ้าทั้ง 2 ชนิดหลังการทรีตที่ทุกภาวะมีองศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวด้ายยืน+พุ่ง) เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้น 33-76% และ 3-17% ในผ้าฝ้ายฟอก+NH₃และผ้าฝ้ายฟอก+NaOH+NH₃ตามลำดับ โดยผ้าฟอก+NH₃มีการคืนตัวต่อการยับที่มากกว่าผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ถึง 30-59% อาจเนื่องจากผ้าฟอก+NaOH+NH₃ผ่านการชุบมันด้วยโซดาไฟที่มีแรงดึงผ้าเช่นกัน ทำให้เส้นใยบนผ้าเครียดและไม่คลายตัวมากเท่าผ้าฟอก+NH₃นอกจากนี้ พบว่า ผ้าที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวโดยไม่มีแรงดึงผ้าจะคืนตัวต่อการยับได้มากกว่าผ้าที่ทรีตโดยมีแรงดึงผ้า ทั้งนี้เนื่องจากแรงดึงผ้าระหว่างทรีตทำให้เส้นใยบนผ้าเครียดไม่คลายตัวมากเท่าเส้นใยบนผ้าที่ทรีตแบบไม่มีแรงดึง (เส้นใยไม่เครียดและคลายตัว) อย่างไรก็ตาม พบว่า การทรีตผ้าฝ้ายฟอกด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะไม่มีแรงดึง และระเหยแอมโมเนียออกแบบไมใช้น้ำล้างผ้า จะทำให้ผ้าฝ้ายคืนตัวต่อการยับได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับภาวะอื่นๆ



4.2.3.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า

ตารางที่ 4.46 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)				
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง	
ฟอก			83	0	44	0	
ฟอก+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	66	-21	35	--20	
		5	74	-11	38	-14	
		10	67	-19	36	-18	
		15	70	-16	40	-9	
		30	73	-12	40	-9	
		60	67	-19	39	-11	
	ไม่ล้างน้ำ	2	72	-13	40	-9	
		5	73	-12	40	-9	
		10	74	-11	41	-7	
		15	75	-10	42	-5	
		30	71	-15	41	-7	
		60	73	-12	39	-11	
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	74	-11	46	+5
			5	78	-6	48	+9
10			75	-10	48	+9	
15			75	-10	51	+16	
30			75	-10	48	+9	
60			74	-11	48	+9	
ไม่ล้างน้ำ		2	75	-10	47	+7	
		5	78	-6	50	+14	
		10	79	-5	48	+9	
		15	81	-2	51	+16	
		30	77	-7	50	+14	
		60	77	-7	51	+16	

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)			
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง
ฟอก+NaOH			84	0	40	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	69	-18	38	-5
		5	62	-26	36	-10
		10	64	-24	41	+3
		15	59	-30	37	-8
		30	69	-18	41	+3
		60	67	-20	38	-5
	ไม่ล้างน้ำ	2	97	+16	39	-3
		5	96	+14	41	+3
		10	102	+21	38	-5
		15	100	+19	39	-3
		30	98	+17	38	-5
		60	102	+21	38	-5
ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	73	-13	49	+23
		5	73	-13	49	+23
		10	70	-17	51	+28
		15	71	-16	53	+33
		30	79	-6	55	+38
		60	78	-7	50	+25
	ไม่ล้างน้ำ	2	74	-12	53	+33
		5	74	-12	51	+28
		10	74	-12	49	+23
		15	74	-12	48	+20
		30	70	-17	49	+23
		60	79	-6	51	+28

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
 การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.46 แสดงความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดของผ้าฝ้าย (ฟอก และ ฟอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ พอสรุปได้ว่า การทรีตผ้าฝ้ายทั้ง 2 ชนิดด้วยแอมโมเนียเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำ และไม่ใช้น้ำล้างผ้า จะทำให้ผ้าทนแรงดึงขาดได้ดีที่สุดหรือมากที่สุด คือมีความทนแรงดึงขาดในแนว ด้ายพุ่งมากขึ้น 5-38% จากผ้าก่อนทรีต ถึงแม้แรงดึงขาดในแนวยืนจะลดลงหลังทรีต แต่โดยภาพรวม แล้วลดลงน้อยกว่าภาวะอื่นๆ ที่ใช้ทรีต



ตารางที่ 4.47 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้าย (พอกและพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ

1. ผ้าพอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)				
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง	
พอก			979	0	683	0	
พอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	906	-8	761	+11	
		5	952	-3	859	+26	
		10	933	-5	778	+14	
		15	969	-1	754	+10	
		30	906	-8	818	+20	
		60	868	-11	783	+15	
	ไม่ล้างน้ำ	2	1005	+3	834	+22	
		5	1027	+5	1001	+47	
		10	1049	+7	870	+27	
		15	1045	+7	980	+44	
		30	1059	+8	955	+40	
		60	961	-2	822	+20	
	ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	1143	+17	925	+35
			5	1123	+15	848	+25
10			1186	+21	872	+28	
15			1097	+12	876	+28	
30			1079	+10	856	+25	
60			1252	+28	857	+26	
ไม่ล้างน้ำ		2	1147	+17	825	+21	
		5	1209	+24	881	+29	
		10	1184	+21	868	+27	
		15	1162	+19	844	+24	
		30	1165	+19	895	+31	
		60	1141	+17	854	+25	

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)				
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง	
ฟอก+NaOH			1116	0	708	0	
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	945	-15	908	+28	
		5	976	-13	866	+22	
		10	961	-14	904	+28	
		15	987	-12	995	+41	
		30	949	-15	921	+30	
		60	954	--15	906	+28	
	ไม่ล้างน้ำ	2	1526	+37	918	+30	
		5	1495	+34	1000	+41	
		10	1572	+41	971	+37	
		15	1526	+37	1023	+45	
		30	1567	+46	946	+34	
		60	1543	+38	964	+36	
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	1066	-5	769	+9
			5	1069	-4	802	+13
10			1088	-3	830	+17	
15			1056	-5	859	+21	
30			959	-14	789	+11	
60			1156	+4	915	+29	
ไม่ล้างน้ำ		2	999	-11	793	+12	
		5	1131	+1	863	+22	
		10	1084	-3	821	+16	
		15	1097	-2	858	+21	
		30	1139	+2	897	+27	
		60	1186	+6	884	+25	

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
 การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

จากตารางที่ 4.47 แสดงความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ พอสรุปได้ว่า การทรีตผ้าฝ้ายพอกด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้าจะทำให้ผ้าฝ้ายมีความทนต่อแรงฉีกขาดได้เพิ่มมากขึ้นที่สุด คือ ทนแรงฉีกขาดได้เพิ่มอีก 10-28% ในแนวด้ายยืน และเพิ่มอีก 21-35% ในแนวด้ายพุ่งจากผ้าก่อนทรีต ส่วนการทรีตที่ภาวะอื่นๆ ทำให้ผ้าในแต่ละแนวทั้งแข็งแรงขึ้นและอ่อนแอล

4.2.3.7 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขูดของผ้า

การทดสอบความต้านทานการขูดของผ้าในที่นี้ทำการทดสอบเฉพาะกับผ้าที่ผ่านการทรีตที่ภาวะที่เหมาะสมบางภาวะเท่านั้น คือ การทรีตผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

ตารางที่ 4.48 จำนวนรอบขูดผ้าจนขาดของผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

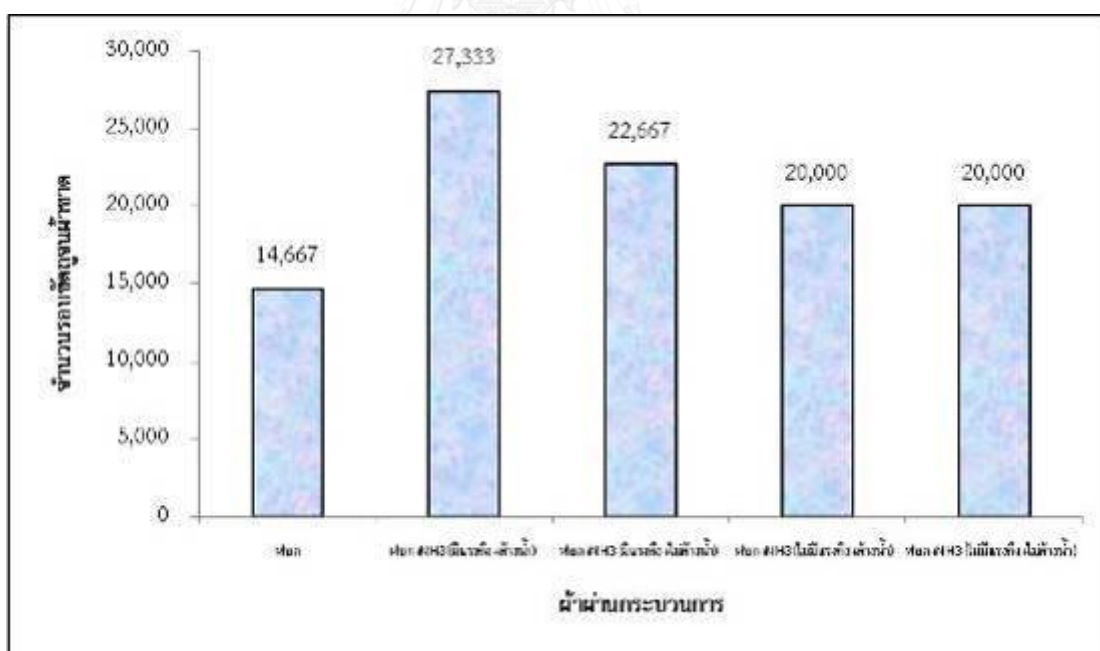
1. ผ้าพอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	จำนวนรอบขูดผ้าจนขาด	%การเปลี่ยนแปลง
พอก		14,667	0
พอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	27,333	+86
	ไม่ล้างน้ำ	22,667	+55
พอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	20,000	+37
	ไม่ล้างน้ำ	20,000	+37

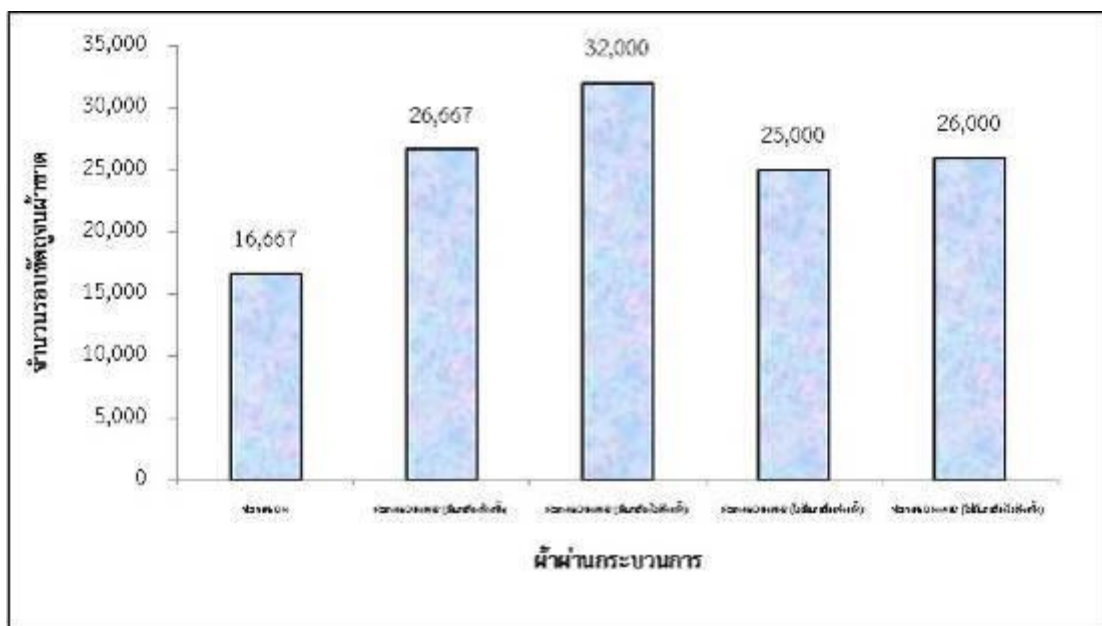
2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	จำนวนรอบขจัดด่างผ้าจนขาด	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก+NaOH		16,667	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	26,667	+60
	ไม่ล้างน้ำ	32,000	+92
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	25,000	+50
	ไม่ล้างน้ำ	26,000	+56

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความต้านทานต่อการขจัดด่างเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
 การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความต้านทานต่อการขจัดด่างลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH



รูปที่ 4.31 จำนวนรอบขจัดด่างผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ

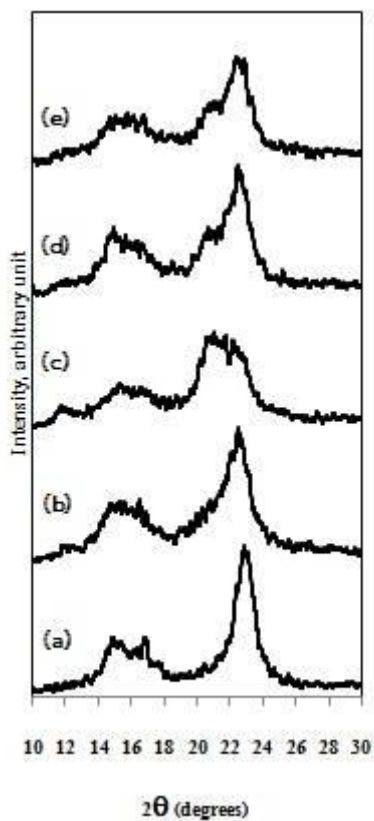


รูปที่ 4.32 จำนวนรอบตัดถูกผ้าจนวนขาดของผ้าฝ้ายพอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลว ภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนีย ออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

ตารางที่ 4.48 แสดงความต้านทานการขาดของผ้า โดยวัดจากจำนวนรอบตัดถูกผ้าจนวนขาดของผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและไม่มีแรงดึงเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า พบว่า ทุกภาวะการทรีต ณ ที่นี้ ทำให้ผ้าทนการขาดได้มากขึ้น 37-92% จากผ้าก่อนทรีต

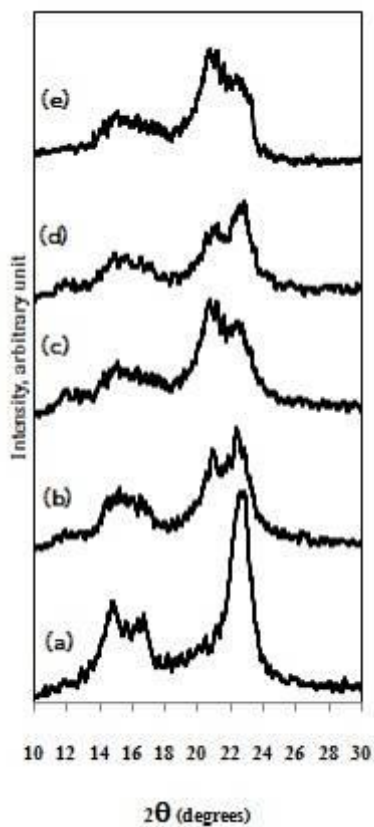
4.2.3.8 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray diffraction)

ผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะที่เหมาะสมบางภาวะ คือ การทรีตเป็นเวลา 5 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า และได้ถูกวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้าย ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน แสดงในรูปที่ 4.33-4.34 และตารางที่ 4.49-4.50 รูปที่ 4.33 และรูปที่ 4.34 และตารางที่ 4.49 แสดงให้เห็นว่า ผ้าฝ้ายพอกและผ้าฝ้ายพอก+NaOH มีลักษณะผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเป็น Cellulose I เมื่อทรีตผ้าทั้ง 2 ชนิดด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที แบบมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า พบว่า ชนิดผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าเป็น Cellulose I ผสมกับ Cellulose III โดยเฉพาะเมื่อทรีตผ้าฝ้ายพอก+NaOH แบบไม่มีแรงตึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกแบบไม่ล้างน้ำผ้า จะได้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าเป็น Cellulose III เกือบหมดมีปริมาณของ Cellulose I อยู่เล็กน้อย (รูปที่ 4.34 (e))



รูปที่ 4.33 เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโทแกรมของพอลิเอทิลอกซิลในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายพอกที่ทรีตด้วย แอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหย แอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

- (a) ผ้าพอก, (b) ผ้าพอก+ NH_3 (มีแรงดึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าพอก+ NH_3 (มีแรงดึง+ไม่ล้างน้ำ),
 (d) ผ้าพอก+ NH_3 (ไม่มีแรงดึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าพอก+ NH_3 (ไม่มีแรงดึง+ไม่ล้างน้ำ)



รูปที่ 4.34 เอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงตึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ), (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ)

ตารางที่ 4.49 ตำแหน่งพีกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมในรูปที่ 4.33 และ 4.34 ของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	วิธีการจัด NH ₃ หลังทรีต	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ			ชนิดผลึกเซลลูโลส
		110	110	020	
ฟอก		14.5	16.6	22.7	Cell I
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	14.7	16.5	22.5	Cell I
		11.7	20.7	20.7	Cell III
	ไม่ล้างน้ำ	15.2	16.1	22.2	Cell I
		11.6	20.5	20.5	Cell III
ฟอก+NH ₃ 5 วินาทีไม่มี แรงตึง	ล้างน้ำ	14.8	16.2	22.5	Cell I
		11.6	20.6	20.6	Cell III
	ไม่ล้างน้ำ	14.6	16.1	22.5	Cell I
		11.3	20.7	20.7	Cell III

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2θ บนระนาบ			ชนิดผลึก เซลลูโลส
		110	110	020	
ฟอก+NaOH		14.6	16.2	22.5	Cell I
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	14.5	16.0	22.4	Cell I
		11.8	20.9	20.9	Cell III
	ไม่ล้างน้ำ	15.0	16.0	22.3	Cell I
		11.7	20.7	20.7	Cell III
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	14.9	16.5	22.8	Cell I
		11.8	20.5	20.5	Cell III
	ไม่ล้างน้ำ	-	20.7	20.7	Cell III

ตารางที่ 4.50 %Crystallinity Index ในรูปที่ 4.33 และ 4.34 ของผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	%Crystallinity Index	
		Cellulose I	Cellulose III
ฟอก		83	
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ		49
	ไม่ล้างน้ำ		63
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ		51
	ไม่ล้างน้ำ		55

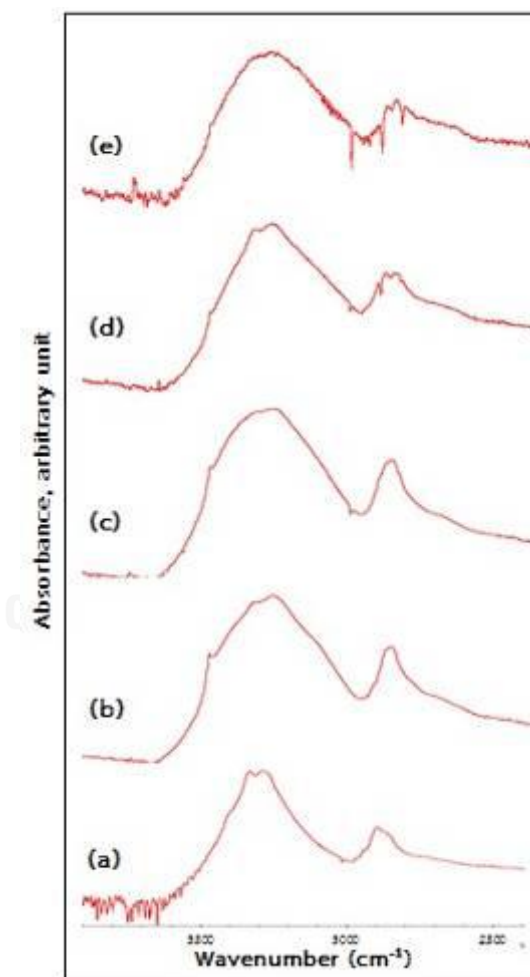
2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	%Crystallinity Index	
		Cellulose I	Cellulose III
ฟอก+NaOH		83	
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ		65
	ไม่ล้างน้ำ		61
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ		57
	ไม่ล้างน้ำ		38

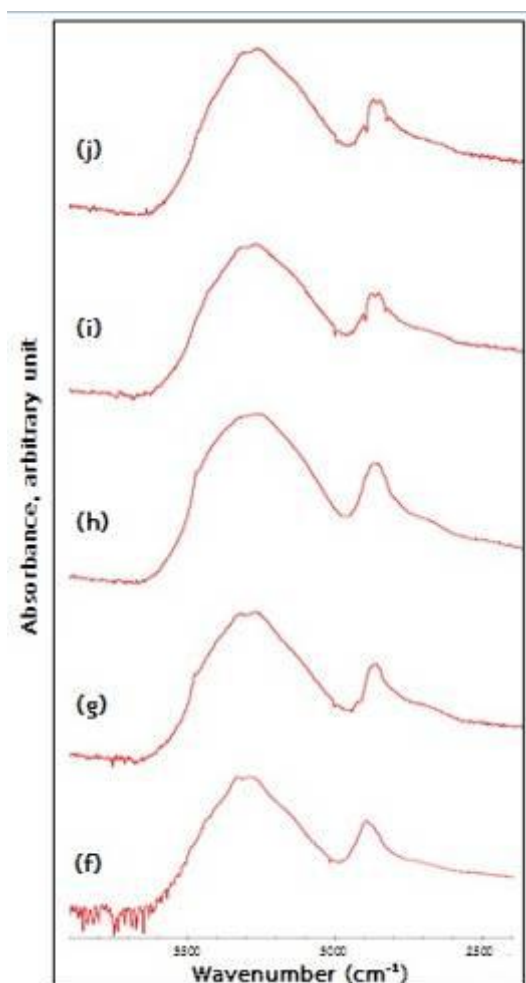
ตารางที่ 4.50 แสดงดัชนีความเป็นผลึกหรือปริมาณผลึกในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้าย (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ พบว่า ทุกภาวะการทรีตในที่นี้ทำให้ผลึก Cellulose I 83% ในผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH เปลี่ยนเป็น Cellulose III 49-63% ในผ้าฟอก+NH₃ และ 38-65% ในผ้าฟอก+NaOH+NH₃

4.2.3.9 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรี-เฟลกซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

ผ้าฝ้าย (ฟอกและฟอก+NaOH) ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า และวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททรีเฟลกซ์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR) แสดงในรูปที่ 4.35-4.36 และตารางที่ 4.51 พบว่า โครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบนผ้ายังคงเป็นเซลลูโลสในทุกตัวอย่างผ้าก่อนและหลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะข้างต้น



รูปที่ 4.35 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า
 (a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NH₃ (มีแรงตึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าฟอก+NH₃ (มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ),
 (d) ผ้าฟอก+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ)



รูปที่ 4.36 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึง และแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ ล้างน้ำผ้า

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงตึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ), (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ)

ตารางที่ 4.51 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.35 และ 4.36

1. ผ้าฟอก

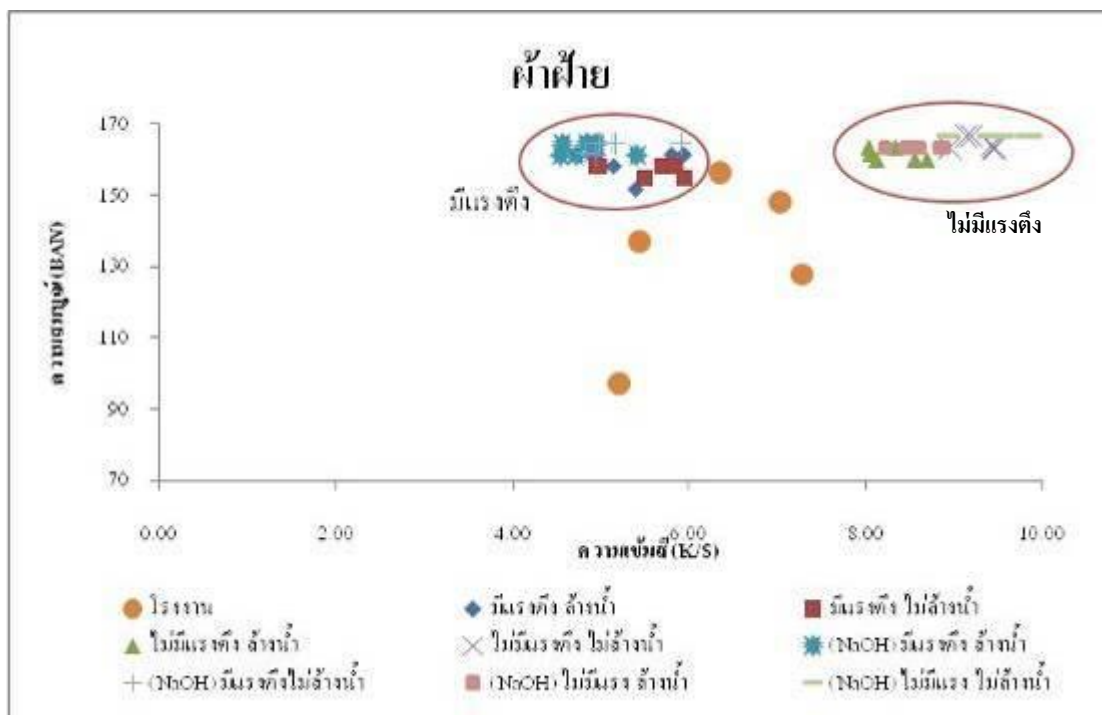
กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm ⁻¹)
ฟอก		O-H Stretch	3270
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3270, 3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3270, 3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm ⁻¹)
ฟอก+NaOH		O-H Stretch	3270, 3450, 3480
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3270, 3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3270, 3480
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480

จาก ATR-FTIR สเปกตรัมของ Cellulose พบว่า ในรูปที่ 4.35-4.36 และ ตารางที่ 4.51 พบว่าผ้าทุกกระบวนการยังคงเป็นเซลลูโลสอยู่ โดยที่ผ้าฟอก+NH₃ และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ทุกภาวะ ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีก O-H Stretch ที่ 3480 cm⁻¹ แต่มีบางภาวะที่มีพีก 3270 cm⁻¹ อยู่บ้าง ซึ่งผ้าฟอกจะมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีก 3270 cm⁻¹ และผ้าฟอก+NaOH มี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีก 3270, 3450 และ 3480 cm⁻¹ และยังคงมีพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน C-H อยู่ที่ 2850-2960 cm⁻¹

4.2.3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต (BAN) กับ ความสามารถในการย้อมติดสี (K/S) ของผ้าฝ้าย



รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BAN กับ K/S ของผ้าฝ้ายผ่านการทรีตภาวะต่างๆ

จากรูปที่ 4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต (BAN) กับ ความสามารถในการย้อมติดสี (K/S) ของผ้าฝ้าย พบว่า เมื่อทรีตผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียเหลวแบบ มีแรงและไม่มีแรงดึงผ้าที่ภาวะที่เหมาะสมจะให้ผลการทรีตที่สมบูรณ์แบบ (BAN > 150) ใกล้เคียงกัน หากแต่ผ้าทรีตแบบไม่มีแรงดึงจะสามารถย้อมติดสีได้เข้มกว่าผ้าทรีตแบบมีแรงดึงถึง 1 เท่าตัว

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์สมบัติของผ้าฝ้าย (พอก และพอก+NaOH) ก่อน และหลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงดึงและไม่มีแรงดึงผ้า และ ระบายแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า พอสรุปได้ว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทรีตผ้า ฝ้าย คือการทรีตผ้าฝ้ายพอกด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที แบบไม่มีแรงดึงผ้า และระบาย แอมโมเนียออกแบบช้าๆ โดยไม่ใช้น้ำล้างผ้า ซึ่งเป็นภาวะที่สามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดได้ สมบูรณ์แบบ ผ้าย้อมสีได้เข้มมากขึ้น ผ้ามีความแข็งแรงต้านแรงดึงขาดและแรงฉีกขาดมากขึ้น ผ้าคืน ตัวการยับหรือต้านการยับได้ดีมากขึ้น

4.2.4 ผลการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้า

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (พอก และพอก+NaOH) ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า ระบายแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า และถูกทดสอบสมบัติต่างๆ แสดงผลการทดสอบ ดังต่อไปนี้

4.2.4.1 ผลการทดสอบการยืด/หดตัวของผ้า

ตารางที่ 4.52 %การยืด/หดตัวของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระบายแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า



1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีตNH ₃ (วินาที)	%การยืด/หดตัวของผ้า (ยีน)	%การยืด/หดตัวของผ้า (ฟุ้ง)
ฟอก			0	0
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	-1	-11
		5	-1	-10
		10	-1	-11
		15	-1	-11
		30	-1	-11
		60	-1	-11
	ไม่ล้างน้ำ	2	-1	-11
		5	-1	-11
		10	-1	-11
		15	-1	-11
		30	-1	-11
		60	-1	-11
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	-1	-11
		5	-1	-9
		10	-1	-9
		15	-1	-9
		30	-1	-9
		60	-1	-9
	ไม่ล้างน้ำ	2	-1	-9
		5	-1	-9
		10	-1	-9
		15	-1	-9
		30	-1	-9
		60	-1	-9

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต NH ₃ (วินาที)	%การยืด/หดตัว ของผ้า (ยีน)	%การยืด/หด ตัวของผ้า (ฟุ้ง)
ฟอก+NaOH			-1	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	-1	-6
		5	-1	-6
		10	-1	-6
		15	-1	-6
		30	-1	-6
		60	-1	-6
	ไม่ล้างน้ำ	2	-1	-5
		5	-1	-4
		10	-1	-4
		15	-1	-4
		30	-1	-5
		60	-1	-4
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	-1	-4
		5	-1	-4
		10	-1	-4
		15	-1	-4
		30	-1	-3
		60	-1	-4
	ไม่ล้างน้ำ	2	-1	-5
		5	-1	-5
		10	-1	-5
		15	-1	-5
		30	-1	-5
		60	-1	-5

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ผ้ายืดตัวหลังการทรีต

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ผ้าหดตัวหลังการทรีต

ตารางที่ 4.52 แสดงร้อยละการยืด/หดตัวของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และ ฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และ ระบายแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า พบว่า ผ้าในแนวด้ายพุ่งมีการหดตัว 9-11% จากผ้าก่อนทรีตสำหรับผ้าฟอก+NH₃ และหดตัว 3-6% จากผ้าก่อนทรีตสำหรับผ้าฟอก+NaOH+NH₃ และผ้าทรีตแบบมีแรงตึงผ้าหดตัวมากกว่าผ้าทรีตแบบไม่มีแรงตึงผ้าอยู่เล็กน้อย ส่วนผ้าแนวด้ายยืนจะมีการหดตัวประมาณ 1% เท่านั้น ซึ่งใกล้เคียงกันในทุกภาวะการทรีต



4.2.4.2 ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัม

เบอร์

ตารางที่ 4.53 ความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาที่รีตNH ₃ (วินาที)	แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์
ฟอก			79
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	131
		5	132
		10	138
		15	143
		30	144
		60	144
	ไม่ล้างน้ำ	2	143
		5	142
		10	142
		15	144
		30	145
		60	148
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	137
		5	138
		10	137
		15	142
		30	143
		60	143
	ไม่ล้างน้ำ	2	150
		5	150
		10	150
		15	150
		30	150
		60	150

2.ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาที่รีดNH ₃ (วินาที)	แบเรียมแอกติวิตีนัมเบอร์	
ฟอก+NaOH			101	
มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	132	
		5	135	
		10	147	
		15	147	
		30	145	
		60	145	
	ไม่ล้างน้ำ	2	145	
		5	145	
		10	148	
		15	148	
		30	148	
		60	154	
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	142
			5	140
10			143	
15			146	
30			153	
60			153	
ไม่ล้างน้ำ		2	157	
		5	157	
		10	157	
		15	157	
		30	157	
		60	157	

ตารางที่ 4.53 แสดงระดับความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวโดยดูจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าที่ถูกทรีต ก่อนการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลว ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ทั้ง 2 ชนิด คือผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH มีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ 79 และ 101 ตามลำดับ เมื่อทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ แบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า การทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ฟอกด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า ไม่สามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบได้จากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าทรีตที่ต่ำเกินไป คือ อยู่ระหว่าง 131-150 (กระบวนการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบเมื่อผ้ามีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์มากกว่า 150) ในขณะที่เมื่อทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ฟอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบไม่ล้างน้ำผ้า พบว่า ผ้ามีแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ 157 เท่ากันหมดทุกช่วงเวลาการทรีต ซึ่งแสดงว่ากระบวนการทรีตที่ภาวะนี้เกิดสมบูรณ์แบบ นอกจากนี้ภาวะการทรีตอื่นๆ ที่ทำให้กระบวนการเกิดสมบูรณ์แบบ ก็คือ การทรีตผ้าฟอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 30-60 วินาที โดยไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำผ้า (BAN=153) และการทรีตผ้าฟอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 60 วินาที แบบมีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบไม่ล้างน้ำผ้า (BAN=154) การทรีตที่ภาวะข้างต้นเหล่านี้ ทำให้กระบวนการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบและทำให้เส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์พองตัวออกได้มากเพียงพอ และพร้อมสำหรับการนำผ้าไปย้อมสีหรือตกแต่งสำเร็จได้ต่อไป

4.2.4.3 ผลการทดสอบความเข้มสีของผ้า

ตารางที่ 4.54 ความเข้มสีหลังย้อมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และ ระบายแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	ความเข้มสี*(K/S)
ฟอก			4.24
ฟอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	5.50
		5	5.95
		10	4.96
		15	5.71
		30	5.85
		60	4.98
	ไม่ล้างน้ำ	2	5.56
		5	6.02
		10	5.19
		15	5.64
		30	5.85
		60	5.64
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	4.49
		5	4.50
		10	5.03
		15	5.29
		30	4.84
		60	5.65
	ไม่ล้างน้ำ	2	5.13
		5	4.83
		10	5.06
		15	5.11
		30	4.89
		60	4.79

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	ความเข้มสี*(K/S)		
ฟอก+NaOH			4.43		
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	4.95		
		5	4.84		
		10	5.91		
		15	5.16		
		30	5.14		
		60	4.99		
	ไม่ล้างน้ำ	2	5.08		
		5	4.99		
		10	6.67		
		15	6.22		
		30	5.98		
		60	5.79		
		ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	5.05
				5	4.87
10	4.95				
15	4.58				
30	5.17				
60	4.93				
ไม่ล้างน้ำ	2		5.24		
	5		5.03		
	10		5.28		
	15		5.53		
	30		5.31		
	60		5.19		

*วัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

ตารางที่ 4.54 แสดงความเข้มสีของผ้าย้อม ก่อนและหลังการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า พบว่า ทุกภาวะการทรีตผ้าสามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการย้อมติดสีของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ ได้จากก่อนทรีตผ้าย้อมได้ความเข้มสี 4.24 สำหรับผ้าฟอก และ4.43 สำหรับผ้าฟอก+NaOH หลังการทรีตผ้าฟอกย้อมผ้าได้ความเข้มสีเพิ่มเป็น 4.49-6.02 (จาก 4.24 ก่อนทรีต) และหลังการทรีตผ้าฟอก+NaOH ย้อมผ้าได้ความเข้มสีเพิ่มเป็น 4.58-6.67 (จาก 4.43 ก่อนทรีต) แสดงว่าการทรีตผ้าที่ภาวะเหล่านี้ ช่วยทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัวออก มีพื้นที่มากขึ้น สำหรับการดูดซับสีย้อมจึงย้อมผ้าได้สีเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



4.2.4.4 ผลการทดสอบสภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้า

ตารางที่ 4.55 สภาพแข็งตึงตัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำผ้า

1. ผ้าพอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	สภาพแข็งตึงตัดโค้ง (G) มก./ชม.					
			แนวต้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวต้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง		
พอก			828	0	343	0		
พอก+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	609	-26	207	-40		
		5	473	-43	265	-23		
		10	683	-18	262	-24		
		15	608	-27	244	-29		
		30	501	-39	278	-19		
		60	534	-36	295	-14		
	ไม่ล้างน้ำ	2	1594	+93	357	+4		
		5	1557	+88	357	+4		
		10	1649	+99	525	+53		
		15	1588	+92	480	+40		
		30	1773	+114	538	+57		
		60	1800	+117	592	+73		
		ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	238	-71	262	-24
				5	252	-70	278	-19
10	248			-70	250	-27		
15	245			-70	259	-24		
30	232			-72	247	-28		
60	247			-70	268	-22		
ไม่ล้างน้ำ	2		230	-72	250	-27		
	5		228	-72	266	-22		
	10		232	-72	259	-24		
	15		245	-70	254	-26		
		30	237	-71	272	-21		
		60	256	-69	286	-17		

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	สภาพแข็งตึงตัดโค้ง (G) มก./ชม.			
			แนวต้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวต้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง
ฟอก+NaOH			1577	0	284	0
มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	616	-61	330	+16
		5	481	-69	295	+4
		10	483	-69	286	+1
		15	623	-60	234	-18
		30	688	-56	229	-19
		60	687	-56	297	+5
	ไม่ล้างน้ำ	2	1719	+9	756	+166
		5	1449	-8	553	+95
		10	1455	-8	520	+83
		15	1559	-1	515	+81
		30	1753	+11	478	+68
		60	1951	+24	497	+75
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	280	-82	363	+28
		5	298	-81	355	+25
		10	275	-83	354	+25
		15	282	-82	365	+29
		30	273	-83	362	+27
		60	278	-82	360	+27
	ไม่ล้างน้ำ	2	294	-81	359	+26
		5	281	-81	348	+23
		10	280	-82	346	+22
		15	279	-82	354	+25
		30	286	-82	347	+22
		60	288	-82	340	+20

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ สภาพแข็งตึงตัดโค้งลดลงจากผ้าฟอกและผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.55 แสดงสภาพแข็งตึงดัดโค้งหรือความแข็งแรงกระด้างของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ พบว่า การทรีตผ้าฟอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวที่เวลา 2-60 วินาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้าจะทำให้ความแข็งแรงกระด้างของผ้าลดลงมากที่สุดคือ ลดลง 81-83% ในแนวด้ายยืน รวมทั้งการทรีตผ้าฟอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวที่เวลาเดิมโดยมีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้าก็จะทำให้ความแข็งแรงกระด้างในแนวยืนลดลงเช่นกัน แต่ลดลงในระดับที่น้อยกว่า (ลดลง 56-69%) การทรีตผ้าฟอกด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า ก็ทำให้ผ้าทรีตมีความแข็งแรงกระด้างลดลงมากเช่นกัน (ลดลงในแนวยืน 69-72% และลดลงในแนวพุ่ง 17-28%) นอกจากนี้ การทรีตผ้าฟอกที่เวลาเท่ากัน โดยมีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้าก็ทำให้ผ้านุ่มเช่นกัน (ลดลง 18-43%) ในขณะที่เมื่อทรีตผ้าฟอกโดยมีแรงดึง และระเหยแอมโมเนียออกโดยไม่ใช้น้ำล้างผ้า กลับทำให้ผ้าแข็งแรงกระด้างขึ้นมาก (มากขึ้น 88-117%) ส่วนผ้าในแนวพุ่งหลังทรีตด้วยแอมโมเนีย ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ส่วนใหญ่มีความกระด้างเพิ่มขึ้น (เพิ่มขึ้น 1-166%) แต่ผ้าฟอก+NH₃ ส่วนใหญ่กลับมีความแข็งแรงกระด้างลดลง (ลดลง 17-40%)

4.2.4.5 ผลการทดสอบของผลการคืนตัวต่อการยับของผ้า

ตารางที่ 4.56 องค์การคืนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (ฟอก และฟอก+ NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	องค์การคืนตัวต่อการยับ			%การ เปลี่ยนแปลง
			แนวต่ายยืน	แนวต่ายพุ่ง	แนวต่ายยืน+พุ่ง	
ฟอก			113	78	191	0
ฟอก+NH ₃ มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	132	120	252	+32
		5	133	120	253	+33
		10	139	117	256	+34
		15	133	126	259	+36
		30	138	130	268	+40
		60	130	130	259	+36
	ไม่ล้างน้ำ	2	132	120	252	+32
		5	133	120	252	+32
		10	139	117	255	+34
		15	133	126	259	+36
		30	138	130	268	+40
		60	129	130	259	+36
ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	138	125	263	+38
		5	138	126	264	+38
		10	138	122	259	+36
		15	139	123	262	+37
		30	138	128	266	+39
		60	136	126	262	+37
	ไม่ล้างน้ำ	2	132	125	257	+35
		5	132	125	257	+35
		10	136	125	261	+37
		15	138	126	264	+38
		30	142	126	268	+40
		60	142	127	269	+41

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	องศาการคืนตัวต่อการยับ			%การ เปลี่ยนแปลง ลง
			แนวด้ายยืน	แนวด้ายพุ่ง	แนวด้ายยืน+พุ่ง	
ฟอก+NaOH			119	118	237	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	2	116	115	231	-3
		5	124	119	243	+3
		10	128	115	243	+3
		15	119	113	232	-2
		30	125	114	239	+1
		60	130	116	246	+4
	ไม่ล้างน้ำ	2	116	115	230	-3
		5	124	118	242	+2
		10	128	115	242	+2
		15	119	113	232	-2
		30	123	114	237	0
		60	131	115	246	+4
ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	2	136	122	259	+9
		5	137	71124	261	+10
		10	137	74123	260	+10
		15	139	123	262	+11
		30	139	124	263	+11
		60	139	124	263	+11
	ไม่ล้างน้ำ	2	134	131	265	+12
		5	134	131	264	+11
		10	139	131	270	+14
		15	139	132	271	+14
		30	140	132	272	+15
		60	140	133	273	+15

การเปลี่ยนแปลงเป็น+ คือ องศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น- คือ องศาการคืนตัวต่อการยับลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.56 แสดงองศาการคืนตัวต่อการยับ (แนวเส้นด้ายยืน+พุ่ง) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ พบว่า ผ้าฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ มีองศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้น 32-41% จากผ้าฟอกก่อนทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวหรือหลังทรีตแล้วผ้าคืนตัวการยับได้ดีมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนผ้าฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ ส่วนใหญ่มีการคืนตัวต่อการยับดีขึ้นเช่นกัน โดยมีองศาการคืนตัวต่อการยับเพิ่มขึ้น 1-15% จากผ้าก่อนทรีต ทั้งนี้เนื่องจากการทรีตด้วยแอมโมเนียทำให้เส้นใยที่บิดเป็นเกลียว คลายเกลียวและพองตัวออก และความเครียดบนเส้นใย/บนผ้าลดลง ผ้าจึงคลายตัวจากการยับได้ดีมากขึ้น



4.2.4.6 ผลการทดสอบความแข็งแรงของผ้า

ตารางที่ 4.57 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)			
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง
ฟอก			140	0	62	0
ฟอก+NH ₃	ล้างน้ำ	2	146	+4	70	+13
มีแรงดึง (500 นิวตัน)		5	144	+3	70	+13
		10	146	+4	69	+11
		15	139	-1	67	+8
		30	141	+1	68	+10
		60	136	-3	67	+8
		ไม่มีล้างน้ำ	2	151	+8	70
5			150	+7	70	+13
10			151	+8	71	+15
15			150	+7	69	+11
30			150	+7	70	+13
60			151	+8	70	+13
ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	136	-3	70	+13
		5	135	-4	71	+15
		10	137	-2	70	+13
		15	136	-3	72	+16
		30	137	-2	69	+11
		60	137	-2	70	+13
	ไม่ล้างน้ำ	2	136	-3	65	+5
		5	138	-1	67	+8
		10	136	-3	65	+5
		15	136	-3	67	+8
		30	137	-2	65	+5
		60	136	-3	65	+5

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงดึงขาด (กิโลกรัมแรง)				
			แนวตั้งยีน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวตั้งพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง	
ฟอก+NaOH			150	0	66	0	
ฟอก+NaOH+NH ₃	ล้างน้ำ	2	153	+2	70	+6	
มีแรงดึง (500 นิวตัน)		5	148	-1	70	+6	
		10	151	+1	64	-3	
		15	151	+1	69	+5	
		30	152	+1	70	+6	
		60	148	-1	67	+2	
		ไม่ล้างน้ำ	2	156	+4	73	+11
			5	157	+5	77	+17
			10	158	+5	72	+9
			15	156	+4	76	+15
			30	156	+4	80	+21
			60	154	+3	77	+17
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	134	-11	71	+8
5			136	-9	71	+8	
10			138	-8	74	+12	
15			140	-7	74	+12	
30			131	-13	73	+11	
60			137	-9	73	+11	
ไม่ล้างน้ำ		2	137	-9	67	+2	
		5	133	-11	66	0	
		10	132	-12	69	+5	
		15	137	-9	70	+6	
		30	126	-16	66	0	
		60	134	-11	68	+3	

การเปลี่ยนแปลงเป็น + คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น - คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงดึงขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.58 ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 นาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)				
			แนวตั้ง ยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวตั้ง พุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง	
ฟอก			2084	0	1217	0	
ฟอก+NH ₃		2	2563	+23	1994	+64	
มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	5	2760	+32	2029	+67	
		10	2666	+28	2250	+85	
		15	2748	+32	1987	+63	
		30	2611	+25	2084	+71	
		60	2679	+29	2039	+68	
		60	2679	+29	2039	+68	
	ไม่ล้างน้ำ	2	2645	+27	1960	+61	
		5	2674	+28	1979	+63	
		10	2639	+27	1984	+63	
		15	2630	+26	1877	+54	
		30	2645	+27	1998	+64	
		60	2648	+27	2118	+74	
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	2521	+21	1993	+64
			5	2494	+20	1912	+57
10			2456	+18	1976	+62	
15			2593	+24	1851	+52	
30			2478	+19	1918	+58	
60			2503	+20	1870	+54	
ไม่ล้างน้ำ		2	2435	+17	1689	+39	
		5	2370	+14	1496	+23	
		10	2396	+15	1552	+28	
		15	2362	+13	1570	+29	
		30	2374	+14	1553	+28	
		60	2251	+8	1700	+40	

2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	เวลาทรีต (วินาที)	แรงฉีกขาด (กรัมแรง)				
			แนวด้ายยืน	%การ เปลี่ยนแปลง	แนวด้ายพุ่ง	%การ เปลี่ยนแปลง	
ฟอก+NaOH			2227	0	1401	0	
ฟอก+NaOH+NH ₃	ล้างน้ำ	2	2222	0	1783	+27	
มีแรงดึง (500 นิวตัน)		5	2238	0	1793	+28	
		10	2274	+2	1669	+19	
		15	2149	-4	1654	+18	
		30	2284	+3	1671	+19	
		60	2161	-3	1682	+21	
		ไม่ล้างน้ำ	2	2229	0	1684	+20
			5	2232	0	1889	+35
			10	2208	-1	1613	+15
			15	2254	+1	1667	+19
			30	2357	+6	1728	+23
			60	2271	+2	1772	+26
	ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	2	2560	+15	2304	+64
5			2607	+17	2212	+58	
10			2583	+16	2280	+63	
15			2360	+6	2115	+51	
30			2414	+8	2055	+47	
60			2343	+5	2141	+53	
ไม่ล้างน้ำ		2	1831	-18	1651	+18	
		5	1955	-12	1617	+15	
		10	2043	-8	1635	+17	
		15	2080	-6	1610	+15	
		30	2002	-10	1594	+14	
		60	1985	-11	1244	-11	

การเปลี่ยนแปลงเป็น+ คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

การเปลี่ยนแปลงเป็น- คือ ความแข็งแรงด้านความทนต่อแรงฉีกขาดลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH

ตารางที่ 4.57 แสดงความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ พบว่า ผ้าส่วนใหญ่หลังทรีตมีความสามารถทนแรงดึงขาดได้มากขึ้น โดยเฉพาะในแนวด้ายพุ่ง (เพิ่มขึ้น 2-21%) ส่วนผ้าในแนวด้ายยืนหลังทรีตทนแรงดึงขาดได้ทั้งมากขึ้น (1-8%) และลดลง (1-16%)

ตารางที่ 4.58 แสดงความแข็งแรงด้านความทนแรงฉีกขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่าง ๆ พบว่า ส่วนใหญ่ผ้าหลังทรีตทนแรงฉีกขาดได้มากขึ้น (มากที่สุดคือเพิ่ม 85%) มีเพียงบางภาวะเท่านั้นที่ทำให้ทนแรงฉีกขาดได้ลดลงคือ ลดลงมากที่สุด 18%

4.2.4.7 ผลการทดสอบความต้านทานต่อการขีดข่วนของผ้า

ตารางที่ 4.59 จำนวนรอบขีดข่วนจนขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เทอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

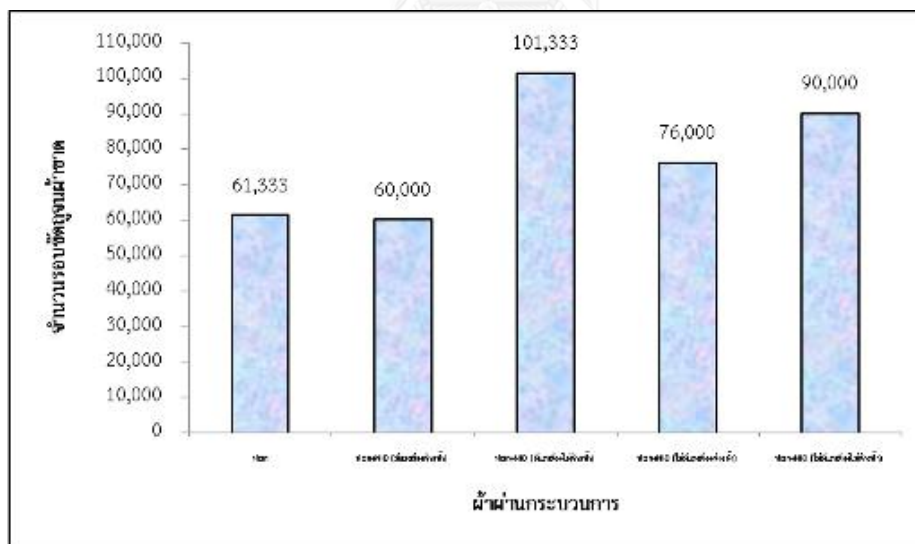
1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหย NH ₃ หลังทรีต	จำนวนรอบขีดข่วนจนขาด	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก		61,333	0
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	60,000	-2
	ไม่ล้างน้ำ	101,333	+65
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	76,000	+24
	ไม่ล้างน้ำ	90,000	+47

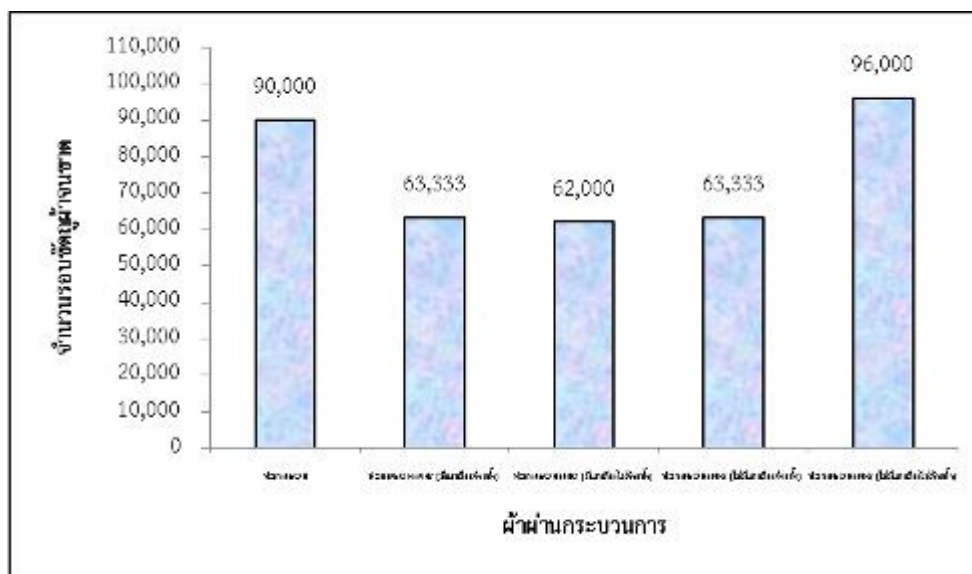
2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	จำนวนรอบขัดถูจนขาด	%การเปลี่ยนแปลง
ฟอก+NaOH		90,000	0
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง (500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	63,333	-30
	ไม่ล้างน้ำ	62,000	-31
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	63,333	-30
	ไม่ล้างน้ำ	96,000	+7

การเปลี่ยนแปลงเป็น+ คือ ความต้านทานต่อการขัดถูเพิ่มขึ้นจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH
การเปลี่ยนแปลงเป็น- คือ ความต้านทานต่อการขัดถูลดลงจากผ้าฟอก และผ้าฟอก+NaOH



รูปที่ 4.38 จำนวนรอบขัดถูผ้าจนขาดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เทอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

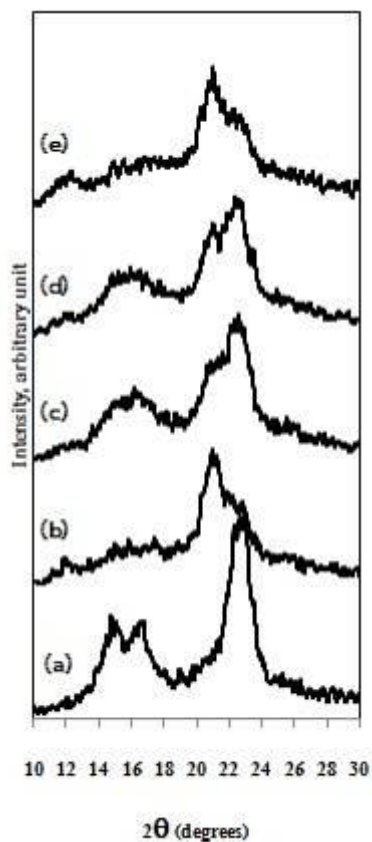


รูปที่ 4.39 จำนวนรอบตัดผ้าจำนวนชุดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เทอร์พอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้า เป็นเวลา 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

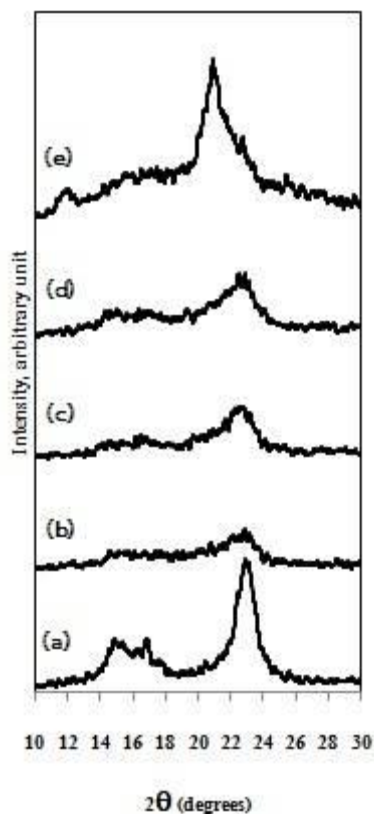
ตารางที่ 4.59 และรูปที่ 4.38 และ 4.39 แสดงความต้านทานต่อการขีดของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ก่อนและหลังทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะต่างๆ ที่เหมาะสม พบว่า ผ้าฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที โดยมีแรงดึงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกโดยใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า ผ้าหลังทรีตทนแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้นมากที่สุด 24-65% จากผ้าฟอกก่อนทรีต (โดยการทรีตแบบมีแรงดึงผ้า 5 วินาที และใช้น้ำล้างผ้า ผ้าทนการขีดได้ลดลงเพียง 2%)

4.2.4.8 ผลการวิเคราะห์โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบน ผ้าด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray diffraction)

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ถูกทรีตด้วยแอมโมเนียที่
ภาวะที่เหมาะสมบางภาวะ คือ การทรีตเป็นเวลา 5 วินาที (เฉพาะผ้าฟอก+NaOH แบบไม่มี
แรงดึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้าที่ทรีต 30 วินาที) และได้ถูกวิเคราะห์
โครงสร้าง และปริมาณผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ด้วยเทคนิค
เอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน ดังแสดงในรูปที่ 4.40–4.41 และตารางที่ 4.60 แสดงให้เห็นว่า ผ้าฝ้าย
ผสมพอลิเอสเทอร์ (ฟอกและฟอก+NaOH) มีลักษณะผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเป็น
Cellulose I เมื่อทรีตผ้าทั้ง 2 ชนิดด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที (ยกเว้นผ้า
ฟอก+NaOH ที่ทรีตแบบไม่มีแรงดึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้าที่ทรีต 30
วินาที) แบบมีแรงดึงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ
ผ้า พบว่า ผ้าฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเซลลูโลสจาก Cellulose I
เป็น Cellulose III ได้มากกว่าผ้าฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนีย มีเฉพาะผ้า
ฟอก+NaOH ที่ ทรีตด้วยแอมโมเนีย 5 วินาที แบบไม่มีแรงดึงผ้าและไม่ล้างน้ำผ้าเท่านั้นที่
แสดงลักษณะของผลึกเซลลูโลสเป็น Cellulose III ในขณะที่ทุกตัวอย่างของผ้าฟอกที่ทรีต
ด้วยแอมโมเนีย มีลักษณะของผลึก Cellulose III เกิดขึ้น



รูปที่ 4.40 เอกซ์เรย์ดิฟแฟร็กโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า (a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+ NH_3 (มีแรงตึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าฟอก+ NH_3 (มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ), (d) ผ้าฟอก+ NH_3 (ไม่มีแรงตึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+ NH_3 (ไม่มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ)



รูปที่ 4.41 เอกซ์เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโทแกรมของผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

(a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงตึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ), (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ 30 วินาที (ไม่มีแรงตึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ)

ตารางที่ 4.60 ตำแหน่งฟีกและชนิดผลึกเซลลูโลสในเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโทแกรมในรูปที่ 4.40 และ 4.41 ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

1. ผ้าพอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2 θ บนระนาบ			ชนิดผลึก เซลลูโลส
		110	110	020	
พอก		14.7	16.4	22.7	Cell I
พอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	11.8	20.9	20.9	Cell III
	ไม่ล้างน้ำ	14.7	16.2	22.6	Cell I
		11.7	20.8	20.8	Cell III
พอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	14.7	16.4	22.4	Cell I
		11.8	20.9	20.9	Cell III
	ไม่ล้างน้ำ	11.7	20.9	20.9	Cell III

2. ผ้าพอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	องศาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ 2 θ บนระนาบ			ชนิดผลึก เซลลูโลส
		110	110	020	
พอก+NaOH		14.6	16.4	22.7	Cell I
พอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงตึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	14.9	16.2	22.2	Cell I
	ไม่ล้างน้ำ	14.8	16.2	22.7	Cell I
พอก+NaOH+NH ₃ 30 วินาที ไม่มีแรงตึง	ล้างน้ำ	14.9	16.5	22.4	Cell I
		11.8	20.7	20.7	Cell III
พอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงตึง	ไม่ล้างน้ำ	11.7	20.4	20.4	Cell III

ตารางที่ 4.61 %Crystallinity Index ในรูปที่ 4.40 และ 4.41 ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอก และฟอก+NaOH) ที่พรีตด้วยแอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึง ผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

1. ผ้าฟอก

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	%Crystallinity Index	
		Cellulose I	Cellulose III
ฟอก		77	
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ		71
	ไม่ล้างน้ำ		59
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ		55
	ไม่ล้างน้ำ		69

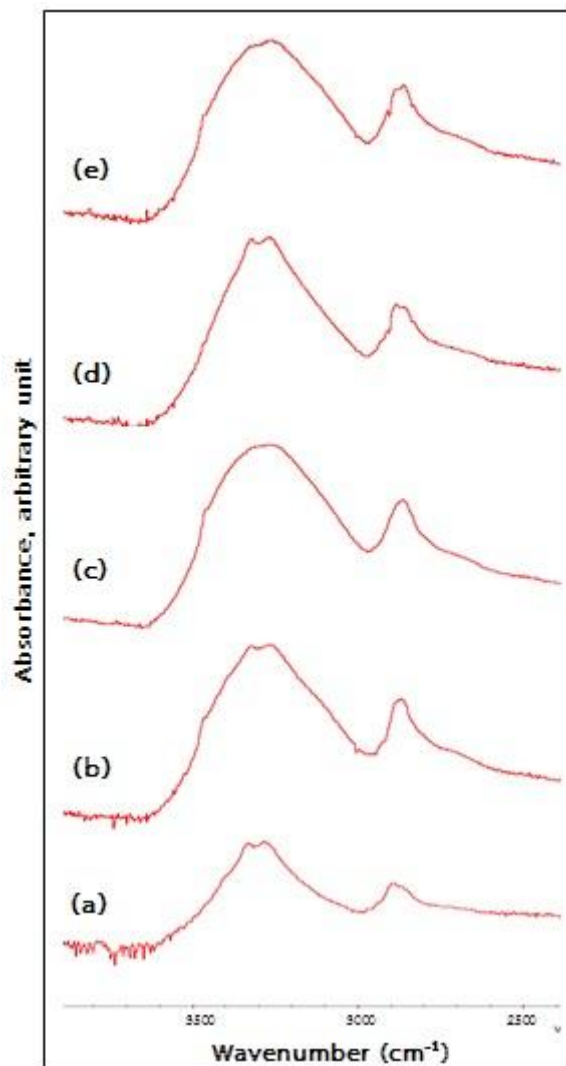
2. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	%Crystallinity Index	
		Cellulose I	Cellulose III
ฟอก+NaOH		80	
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	45	
	ไม่ล้างน้ำ	58	
ฟอก+NaOH+NH ₃ 30 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ		54
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ไม่ล้างน้ำ		59

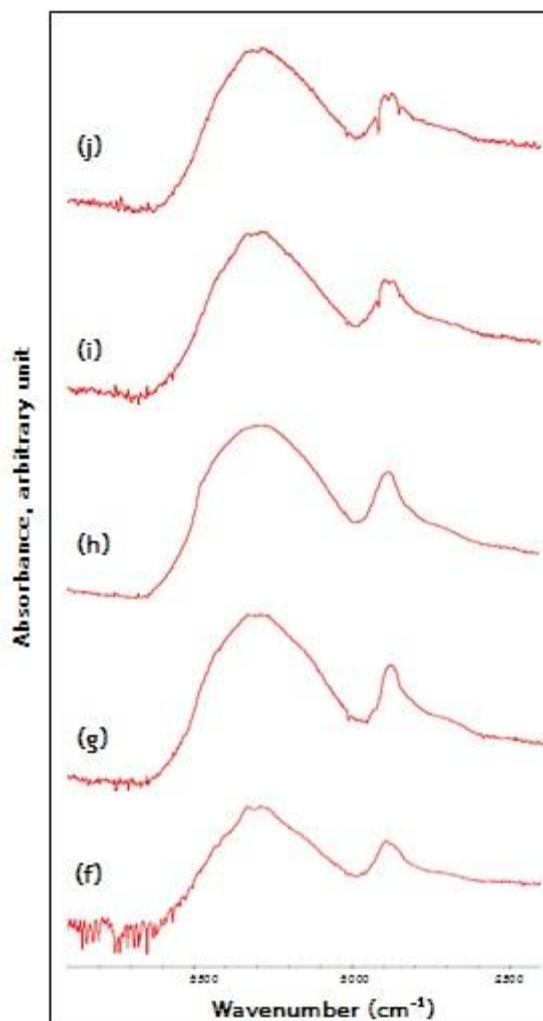
ตารางที่ 4.61 แสดงดัชนีความเป็นผลึกหรือปริมาณผลึกในเส้นใยฝ้ายบนผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ที่ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที โดยมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบล้างน้ำและไม่ล้างน้ำ (ยกเว้น ทรีตผ้าพอก+NaOH แบบไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้าที่ทำ 30 วินาที) พบว่า ทุกภาวะการทรีตในนี้ทำให้ผลึก Cellulose I 77% ในผ้าพอก และ 80% ในผ้าพอก+NaOH เปลี่ยนเป็น Cellulose III 55-71% ในผ้าพอก+NH₃ และ 49-61% ในผ้าพอก+NaOH+NH₃

4.2.4.9 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทด-โททัลรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR)

ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ (พอก และพอก+NaOH) ทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที (เฉพาะทรีตผ้าพอก+NaOH แบบไม่มีแรงตึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้าที่ทรีต 30 วินาที) แบบมีแรงตึงและไม่มีแรงตึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า และวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี ด้วยเทคนิคแอทเทนนูเอเทดโททัลรีเฟลกชันฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด (ATR-FTIR) ดังแสดงในรูปที่ 4.42-4.43 และตารางที่ 4.62 พบว่าโครงสร้างทางเคมีของเส้นใยบนผ้ายังคงเป็นเซลลูโลสในทุกตัวอย่างผ้าก่อนและหลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวที่ภาวะข้างต้น



รูปที่ 4.42 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอกที่ทรีตด้วยแอมโมเนีย
 เหลวภายใต้แรงตึงและแบบไม่มีแรงตึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และระเหย
 แอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า
 (a) ผ้าฟอก, (b) ผ้าฟอก+NH₃ (มีแรงตึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้าฟอก+NH₃ (มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ),
 (d) ผ้าฟอก+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+NH₃ (ไม่มีแรงตึง+ไม่ล้างน้ำ)



รูปที่ 4.43 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์ฟอก+NaOH ที่ทรีตด้วย แอมโมเนียเหลวภายใต้แรงดึงและแบบไม่มีแรงดึงผ้าเป็นเวลา 5 วินาที และ ระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างและไม่ใช้น้ำล้างผ้า

- (a) ผ้าฟอก+NaOH, (b) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงดึง+ล้างน้ำ), (c) ผ้า ฟอก+NaOH+NH₃ (มีแรงดึง+ไม่ล้างน้ำ), (d) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (30 วินาที, ไม่มีแรง ดึง+ล้างน้ำ), และ (e) ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ (ไม่มีแรงดึง+ไม่ล้างน้ำ)

ตารางที่ 4.62 ตำแหน่งเลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันจากสเปกตรัมในรูปที่ 4.42 และ 4.43

1. ผ้าฟอก

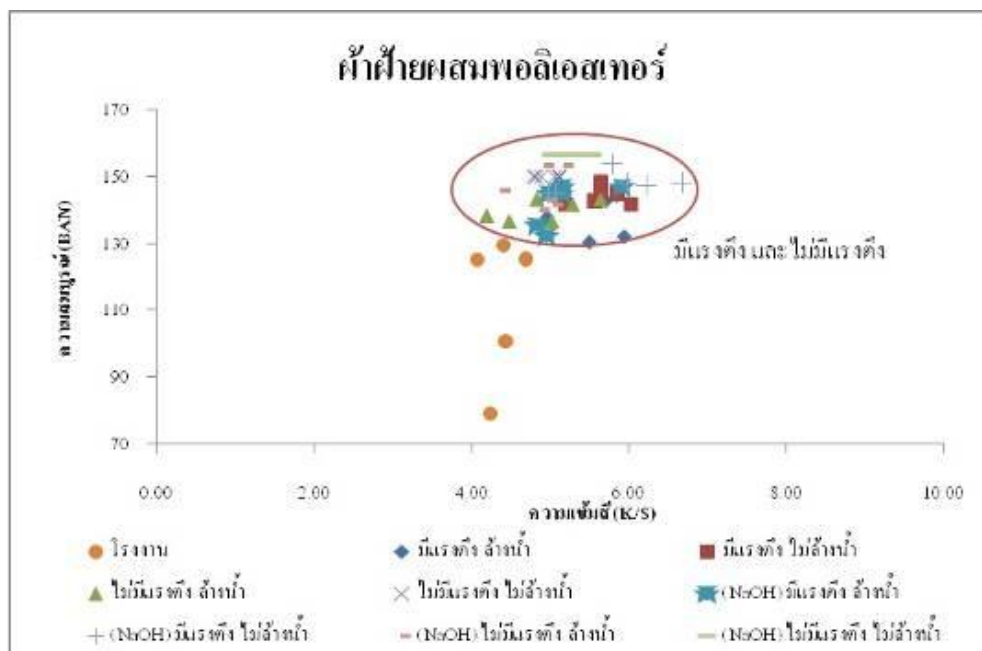
กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm ⁻¹)
ฟอก		O-H Stretch	3270
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3270,3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480
ฟอก+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3270, 3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480

1. ผ้าฟอก+NaOH

กระบวนการ	ระเหยNH ₃ หลังทรีต	หมู่ฟังก์ชัน	ตำแหน่งเลขคลื่น (cm ⁻¹)
ฟอก+NaOH		O-H Stretch	3270, 3450, 3484
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที มีแรงดึง(500 นิวตัน)	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480
ฟอก+NaOH+NH ₃ 5 วินาที ไม่มีแรงดึง	ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480
	ไม่ล้างน้ำ	O-H Stretch	3480

จาก ATR-FTIR สเปกตรัมของ Cellulose พบว่า ในรูปที่ 4.42-4.43 และ ตารางที่ 4.62 พบว่าผ้าทุกกระบวนการยังคงเป็นเซลลูโลสอยู่ โดยที่ผ้าฟอก+NH₃ และ ผ้าฟอก+NaOH+NH₃ ทุกภาวะ ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีก O-H Stretch ที่ 3480 cm⁻¹ แต่มีบางภาวะที่แสดงพีก 3270 cm⁻¹ อยู่ด้วย ซึ่งผ้าฟอกจะมี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกที่ 3270 cm⁻¹ อย่างชัดเจน และผ้าฟอก+NaOH มี ATR-FTIR สเปกตรัมแสดงพีกที่ 3270, 3450 และ 3484 cm⁻¹ และยังคงมีพีกเอกลักษณ์ของหมู่ฟังก์ชัน C-H อยู่ที่ 2850-2960 cm⁻¹

4.2.4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต (BAN) กับความสามารถในการย้อมติดสี (K/S) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์



รูปที่ 4.44 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BAN กับ K/S ของผ้าฝ้ายผ่านการทรีตภาวะต่างๆ

จากรูปที่ 4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของกระบวนการทรีต (BAN) กับความสามารถในการย้อมติดสี (K/S) ของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ พบว่า ผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการทรีตทั้งแบบมีแรงดึงและไม่มีแรงดึงผ้าจะให้ผลใกล้เคียงกันทั้งระดับความสมบูรณ์ของกระบวนการ และผลการย้อมติดสี

จากผลการทดลองและการทดสอบวิเคราะห์สมบัติของผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (ฟอกและฟอก+NaOH) ก่อนและหลังการทรีตด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 2-60 วินาที โดยมีแรงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า พอสรุปได้ว่าภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ คือการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ฟอก+NaOH ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 30 วินาที แบบไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกโดยใช้น้ำล้างผ้า ซึ่งเป็นภาวะที่สามารถทำให้กระบวนการทรีตเกิดได้สมบูรณ์แบบ ผ้าย้อมสีได้เข้มมากขึ้น ผ้ามีความแข็งแรงต้านแรงดึงขาดและแรงฉีกขาดได้มากขึ้น ผ้าคืนตัวการยับหรือต้านการยับได้ดีมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงกระบวนการทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (จากบริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย จำกัด (มหาชน)) ด้วยแอมโมเนียเหลวให้ได้ผ้าที่มีสมบัติต่างๆ ดีขึ้นโดยภาวะการทรีตผ้าด้วยแอมโมเนียเหลวในโรงงานในปัจจุบัน คือ ทรีตผ้าเป็นเวลา 2 วินาที โดยมีแรงดึงผ้า 500 นิวตัน ระเหยแอมโมเนียออกด้วยลูกกลิ้งร้อน (ไม่ใช้น้ำ) ระเหยต่อด้วยไอน้ำร้อน และซักล้างผ้าด้วยน้ำ ส่วนการปรับเปลี่ยนภาวะการทรีตในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยทรีตผ้าแบบมีแรงดึงผ้า และไม่มีแรงดึงผ้า ระยะเวลาการทรีต 2-60 วินาที และระเหยแอมโมเนียออกจากผ้าโดยใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า ซึ่งจากการศึกษา พบว่า

จากผลการวิเคราะห์ทดสอบผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงานในปัจจุบัน (ผ้าฟอก+NaOH+NH₃+NaOH) พบว่า ผ้ามีสมบัติต่างๆ ดีขึ้นจากผ้าฟอก คือ มีความแข็งแรงมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดทั้งในด้านความทนแรงดึงขาด (+10% แนวด้ายยืน) ความทนแรงฉีกขาด (+25% แนวด้ายยืน และ+51% แนวด้ายพุ่ง) และความทนการขัดถูจนขาด (+80%) ผ้าคืนตัวต่อการยับได้ดีขึ้นมาก (+38%) หรือด้านการยับได้ดีมากนั่นเอง ผ้าย้อมได้สีเข้มมากขึ้น (+35%) เส้นใยฝ้ายบนผ้ามีปริมาณของฟลิกเซลลูโลสเพิ่มขึ้น (+26%) และเป็นฟลิกเซลลูโลสชนิด Cell I ผสมกับ Cell III เส้นใยบนผ้าพองตัวออกมากจนมีภาคตัดขวางค่อนข้างกลม อย่างไรก็ตามกระบวนการชุบมันด้วยโซดาไฟและการทรีตด้วยแอมโมเนียในโรงงานในปัจจุบันเกิดไม่สมบูรณ์แบบจากแบเรียมแอกติวิตินัมเบอร์ของผ้าที่ต่ำกว่า 150 (วัดได้ 148) แต่ก็ใกล้เคียงการเกิดสมบูรณ์แบบ และผ้าหลังผ่านกระบวนการเหล่านี้มีความแข็งแรงต่างมากขึ้นในแนวด้ายยืน แต่นุ่มขึ้นในแนวด้ายพุ่ง

จากผลการวิเคราะห์ทดสอบผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในโรงงานในปัจจุบัน (ฟอก+NaOH+NH₃+NaOH) พบว่า ผ้ามีสมบัติต่างๆ ส่วนใหญ่ดีขึ้นจากผ้าฟอก คือ ทำให้ผ้ามีความแข็งแรงด้านความทนแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น 4-5% ทั้งแนวด้ายยืนและพุ่ง และด้านความ

ทนแรงฉีกขาดเพิ่มขึ้น 15% แนวด้ายยืน และ 42% แนวด้ายพุ่ง ผ้าคืนตัวต่อการยับได้เพิ่มขึ้น 21% มีความนุ่มมากขึ้นเล็กน้อยในแนวด้ายยืน ย้อมได้สีเข้มขึ้นเล็กน้อย มีปริมาณผลึกเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 34%

เมื่อทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลานานๆ (1-60 นาที) โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบไม่ใช้น้ำล้างผ้า เพื่อให้ผลึกเซลลูโลสในเส้นใยฝ้ายเปลี่ยนจาก Cell I เป็น Cell III ให้มากที่สุด พบว่า ทั้งการ ทรีตผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์เป็นเวลา 60 นาที สามารถทำให้ผลึกเซลลูโลสเกิดเป็น cell III ได้มากที่สุด โดยมี Cell I เหลืออยู่เพียงเล็กน้อย กระบวนการทรีตเกิดได้สมบูรณ์แบบ ฝ้าย้อมสีได้เข้มมากขึ้น และเส้นใยฝ้ายพองตัวออกมากอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับผ้าฟอก อย่างไรก็ตามการทรีตด้วยแอมโมเนียเป็นเวลาถึง 60 นาที เป็นการใช้เวลาที่นานเกินไป และไม่สามารถกระทำจริงได้ในระดับโรงงาน

เมื่อปรับเปลี่ยนภาวะการทรีตแอมโมเนียเหลวบนผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ เป็นระยะเวลาการทรีต 2-60 วินาที โดยมีแรงดึงและไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำและไม่ใช้น้ำล้างผ้า พบว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทรีตผ้าฝ้าย คือ การทรีตผ้า (ฟอก) ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 5 วินาที โดยไม่มีแรงดึงผ้าและระเหยแอมโมเนียออกแบบไม่ใช้น้ำ ซึ่งทำให้กระบวนการทรีตเกิดสมบูรณ์แบบ ได้ผ้าฝ้ายที่ย้อมได้สีเข้มขึ้นมาก (+72%) ผ้าทนแรงดึงขาด (+14% แนวด้ายพุ่ง) และแรงฉีกขาดได้มาก (+24% แนวด้ายยืน และ 29% แนวด้ายพุ่ง) และต้านการยับได้ดีมาก (+70%) เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฟอก

ส่วนภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทรีตผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ คือ การทรีตผ้า (ฟอก+NaOH) ด้วยแอมโมเนียเหลวเป็นเวลา 30 วินาที โดยไม่มีแรงดึงผ้า และระเหยแอมโมเนียออกแบบใช้น้ำล้างผ้า ซึ่งทำให้กระบวนการเกิดสมบูรณ์แบบ ฝ้าย้อมได้สีเข้มขึ้น (+22%) ผ้าทนแรงดึงขาด (+11% แนวด้ายพุ่ง) และแรงฉีกขาดมากขึ้น (+8% แนวด้ายยืน และ+47% แนวด้ายพุ่ง) และต้านทานการยับได้ดีมากขึ้น (+11%) เมื่อเทียบกับผ้าฟอก

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้เป็นการทดลองโดยใช้ผ้าฝ้าย 100% (ทอลายซัด) และผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ (85/15% ทอลายสอง) เท่านั้น ดังนั้นควรมีการใช้ผ้าฝ้ายที่มีโครงสร้างที่แตกต่าง และหลากหลายมากขึ้น หรือใช้ผ้าฝ้ายที่มีส่วนผสมของเส้นใยสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ อีก



รายการอ้างอิง

- [1] วีรศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย (Fiber Science). กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [2] Nishida, Y., Suzuki, K. I., Kumakai, Y., Tanaka, H., Inoue, A., and Ojima, T. (2007). Isolation and primary structure of a cellulose from the Japanese sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Biochimie*. 1-10.
- [3] Updegraff, D. (1969). Semimicro determination of cellulose in biological materials. *Analytical Biochemistry*. 32 (3) 420-424.
- [4] Nishiyama, Y., Langan, P., and Chanzy, H. (2002). Crystal Structure and Hydrogen-Bonding System in Cellulose I_β from Synchrotron X-ray and Neutron Fiber Diffraction. *J. Am. Chem. Soc.* 124 (31) 74-82.
- [5] Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., and Heinze, U. (1982). *Comprehensive cellulose chemistry Fictionalization of Cellulose*. New York. USA John Wiley. 380-389.
- [6] Hartzell, M., and Hsieh, Y. (1998). Enzymatic scouring to improve cotton fabric wettability. *Tex Res J.* 68 233-241.
- [7] Li, Y., and Hardin, Z. (1997). Enzymatic scouring of cotton; effects on structure and properties cellulose. 94-96.
- [8] Chengjun, Z., and Qinglin, W. (2012). Recent Development in Applications of Cellulose Nanocrystals for Advanced Polymer-Based Nanocomposites by Novel Fabrication Strategies. *Nanocrystals-Synthesis, Characterization and Application*. Chapter 6 1-6.
- [9] French, A. (1985). Physical and the Oriental Method for Determinating the Supramolecular structure of Cellulose. *Cellulose Chemistry and It's Applications*. 99-104
- [10] Wilaiporn Sottithumaruk. (2000). Effect of Cellulose Polymorph Transformations on Cellulosic Fiber Properties. Thesis Master of Science Degree in Applied Polymer Science and Textile Technology Program,

Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

- [11] <http://alevelnotes.com/Carbohydrate-polymers/65>
- [12] Fritz, A. and Cant, J. (1986). *Consumer Textile*. Oxford University Press. Melbourne.
- [13] Tripp, V., and Conrad, C. (1972). X-ray diffraction. In: O' Connor RT (ed.) *Instrumental analysis of cotton cellulose and modified cotton cellulose*. New York Marcell Dekker Inc. 339-377.
- [14] Bertoniere, N., and King, W. (1989). Effect of Scouring/bleaching caustic mercerization, and liquid ammonia treatment on the pore structure of cotton textile fibers. *Tex Res J.* 59 114-121.
- [15] Krassig, H. (1996). *Cellulose structure Accessibility and Reactivity* Gordon and Breach. Science Publishers, Amsterdam, Holland. 376.
- [16] Isogai, A., Usada, M., Kato, M., Uryu, T., and Atalla, R. (1989). Solid-State CP/MAS ¹³C-NMR Study of Cellulose Polymorphs. *Macromolecules.* 22 3168-3172
- [17] French, A. (2014). Idealized powder diffraction patterns for cellulose polymorphs. *Cellulose.* 21 885-896.
- [18] อุษา แสงวัฒนาโรจน์. (1997). Mercerization. *Textile (July-August).* 48-51.
- [19] Kroon, L., Bouma, B., and Kroon, J. (1996). Stability of Cellulose Structures Studied by MD Simulations. Could Mercerized Cellulose II be Parallel. *Macromolecules.* 29 5695-5699.
- [20] Ishikawa, A., Kuga, S., and Takeshi, O. (1998). Determination of Parameters in Mechanical Model for Cellulose III Fiber. *Polymer.* 39 (10) 1875-1878.
- [21] Tyrone, V. (1994). *Textile Processing and Properties*. Amsterdam, Elsevier Science B.V.
- [22] Ishikawa, A., Okano, T., and Jugiyama, J. (1997). Fine Structure and Tensile properties of Ramie Fibers in the Crystalline Form of Cellulose I, II, III and IV. *Polymer.* 38 (2) 463-468.

- [23] Lawrence, Y., Timothy, A., and Calamari, J. (1994). inventor; The United States of America as represented by the Secretary of Agriculture, assignee. Stable Crystalline Cellulose III Polymorphs, United States Patent. 5,322,524.
- [24] Menachem, L., and Luise, G. (1971). The Effect of Liquid Anhydrous Ammonia in the Structure and Morphology of Cotton Cellulose. *Journal of Polymer Science. Part C* (36) 213-229.
- [25] Liang, C. (1972). Infrared spectroscopy and physical properties of cellulose. In: O' Connor RT (ed.) *Instrumental analysis of cotton cellulose and modified cotton cellulose*. New York: Marcel Dekker Inc. 59-91.
- [26] Yanai, Y. (2001). The mechanism of liquid ammonia treatment. *Cellulose Commun* 8 135-139.
- [27] Achwal, W. (1990). Liquid-Ammonia Treatment. *Colourage*. 37 (15).
- [28] Saafan, A., et al. (1984). *Textile Research Journal* 54 863-867.
- [29] Usa Sangwatanaroj, Ph.D. Dissertation, College of Textiles, North Carolina State University, USA, 1995.
- [30] Timothy, A., Calamari, Jr., and Thibodeaux, D. (1988). *Textile Chemist and Colorist*. (20) 13-16.
- [31] Calamari, T., Reeves, W., Schreiber, S., and Cooper, A. (1974). inventors; The United States of America as represented by the Secretary of Agriculture, assignee. Process for the Mercerization of Cotton Fabric with Liquid Ammonia and Ammonia/Amine Solutions. United States Patent 3,849,067.
- [32] Yatsu, L., Calamari, T., and Benerito, R. (1994). inventors; The United States of America as represented by the Secretary of Agriculture, assignee. Stable Crystalline Cellulose III Polymorphs. United States Patent 5,322,524.
- [33] Dalle, J. (1980). inventor; The United States of America as represented by the Secretary of Agriculture, assignee. Process for Treating Cellulosic Materials with Liquid Ammonia. United States Patent 4,213,761.
- [34] Ashutosh, M., Rui, K., Michael, H., and David, K. (2011). Effects of alkaline or liquid-ammonia treatment on crystalline cellulose. *Biotechnology for Biofuels*.

- [35] Kabindra, K., et al. (2014). Cellulose Polymorphs and Physical Properties of Cotton Fabrics Processed with Commercial Textile Mills for Mercerization and Liquid Ammonia Treatment. Textile Research Journal. published online March.



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชวาศรี สันติคงสุข เกิดเมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2552 หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2552 เข้าทำงาน บริษัท น้อมจิตต์ แมนูแฟคเจอร์รี่ จำกัด ตำแหน่ง วางแผนการผลิต (Planning) และควบคุมคุณภาพ (QC) ปี พ.ศ. 2555 เข้าทำงาน บริษัท โรงงานพิมพ์ย้อมผ้าไทย จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง ควบคุมคุณภาพ (QC) และวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) ปี พ.ศ. 2553-2555 เป็นผู้ช่วยนักวิจัย และผู้ร่วมวิจัย ของ บริษัท ไทยนาโซคเทกซ์ไทล์ จำกัด ในโครงการ “การวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอเทคนิคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสู่เชิงพาณิชย์” และได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นของปีการศึกษา 2556 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2558

การเสนอผลงานวิจัย ดังนี้

1. Proceeding (National) ชวาศรี สันติคงสุข, อุษา แสงวัฒนาโรจน การปรับปรุงการทรีตเมนต์เหนียวเหลวบนผ้าฝ้ายและผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเตอร์ในระดับอุตสาหกรรม. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 36 (The 36th National Graduate Research Conference 2015), หน้า. 1128, 29-31 ตุลาคม 2558, ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

