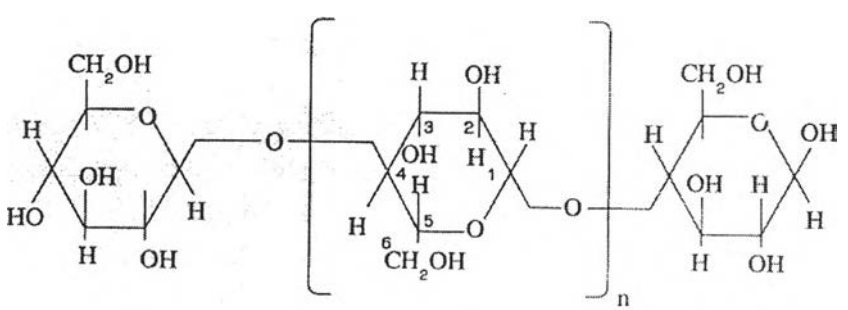
บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 เส้นใยฝ้าย

ใยฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส ซึ่งเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ยาว เซลลูโลสมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นหน่วยของวงแหวนกลูโคสต่อกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 เป็นพันธะเบต้า (รูปที่ 2.1) แต่ละวงแหวนกลูโคสมีคาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4 สายโซ่พอลิเมอร์ยาวของเซลลูโลสมีวงแหวนกลูโคสต่อกันตั้งแต่ 15 หน่วยจนถึง 10,000 - 14,000 หน่วย แล้วแต่ชนิดของเส้นใยเซลลูโลสนอกจากเส้นใยฝ้ายมีส่วนประกอบหลักเป็นเซลลูโลสแล้วยังประกอบด้วยสารอื่น ๆ มากมาย เช่น โปรตีน เพกติน ขี้ผึ้ง ฯลฯ ดังแสดงในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส[1]

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของใยฝ้ายแห้ง[2]

ส่วนประกอบของฝ้าย	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง		
	ทั่วไป	ต่ำสุด	สูงสุด
เซลลูโลส	94.0	88.0	96.0
โปรตีน	1.3	1.1	1.9
สารประกอบเพกติน	0.9	0.7	1.2
ขี้เถ้า	1.2	0.7	1.6
ขี้ผึ้ง	0.6	0.4	1.0

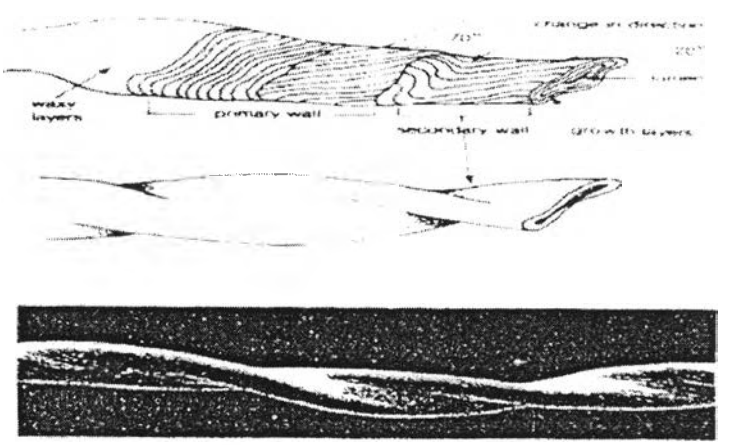
ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ส่วนประกอบของฝ้าย	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง		
	ทั่วไป	ต่ำสุด	สูงสุด
กรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ	0.8	0.5	1.0
น้ำตาล	0.3		
พิกเมนต์	เล็กน้อย		
อื่น ๆ	2.6		

สมบัติของเส้นใยฝ้ายทั้งทางกายภาพและทางเคมีจะถูกกำหนดโดยลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสและโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส โมเลกุลเซลลูโลสที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ เรียก ส่วนผลึก (crystalline region) ในฝ้ายจะมีประมาณ 60-70% ส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ เรียก ส่วนไม่เป็นผลึก หรือ ส่วนอสัณฐาน (non-crystalline region หรือ amorphous region) ส่วนที่เป็นผลึกเป็นส่วนที่น้ำและสารเคมีต่าง ๆ จะสามารถแทรกซึมเข้าได้ยากกว่าส่วนที่เป็นอสัณฐาน ความแข็งแรงของเส้นใย การดูดความชื้น ความหนาแน่น ความสามารถในการดูดซึมสีย้อมขึ้นกับโครงสร้างทางเคมีและการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสในเส้นใยทั้งสิ้น

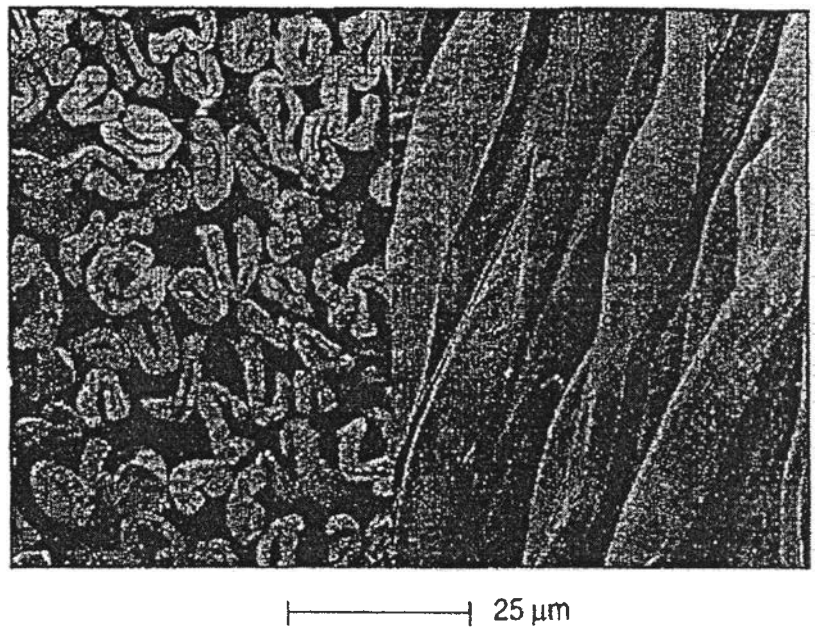
2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพของใยฝ้าย

เส้นใยเซลลูโลสเป็นเส้นใยเซลล์เดียว ลักษณะเซลล์บิดตัวมีความยาวเส้นใยตั้งแต่ ½ นิ้ว – 2 นิ้ว (รูปที่2.2 และ 2.3)



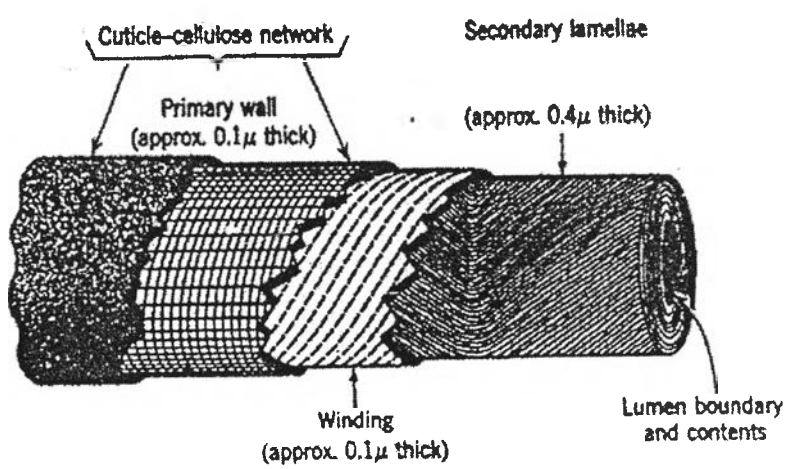
รูปที่ 2 .2 แสดงลักษณะเส้นใยฝ้ายดิบจากกล้องจุลทรรศน์มองด้วยตาอย่างละเอียด[3].

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.3 แสดงภาคตัดขวางและรูปร่างตามยาวของเส้นใยฝ้ายดิบจาก
กล้องอิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน[4].

เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าเส้นใยฝ้ายประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ส่วน คือ เยื่อหุ้มชั้นนอก (cuticle) ผนังเซลล์ชั้นนอก (primary wall) ผนังเซลล์ชั้นใน (secondary wall) และช่องว่างภายในเซลล์ (lumen) ดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย [1]

เยื่อหุ้มชั้นนอกจะประกอบด้วยขี้ผึ้ง เพกติน และแร่ธาตุอื่น ๆ ผนังชั้นนอกและชั้นในมีใยเรียงตัวกันเป็นวงแหวนหลายชั้นล้อมรอบลูเมนซึ่งอยู่ตรงกลาง วงแหวนนี้แสดงอายุของเส้นใย เส้นใยฝ้ายที่แก่จะมีผนังชั้นในหนา ลูเมนคือส่วนที่อยู่ในสุดของเส้นใย ลักษณะเป็นโพรง ใยฝ้ายสดมีน้ำอยู่ภายใน แต่ถ้าใยฝ้ายแห้งน้ำในลูเมนจะระเหยออกเหลือเป็นโพรงอากาศ [6]

2.1.2 สมบัติของใยฝ้าย

2.1.2.1 สมบัติทางกายภาพ[2,3]

ความเหนียว (strength) – ฝ้ายมีความเหนียวอยู่ระหว่างขนสัตว์และไหม ความเหนียวของเส้นใยเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผ้า ใยแต่ละเส้นจะรับน้ำหนักได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากความหนาของผนังเซลล์ต่างกัน ใยที่แก่จัดและสมบูรณ์ปานกลางมีความเหนียวประมาณ 4-9 กรัม/ดีเนียร์ ความเหนียวของเส้นใยขึ้นกับส่วนที่เป็นผลึกของเส้นใย ถ้ามีมากค่าความเหนียวจะสูง และใยฝ้ายเมื่อเปียกจะมีความเหนียวมากกว่าเมื่อแห้งถึงประมาณ 30%

ความยืดหยุ่น (elasticity) – ใยฝ้ายมีความยืดหยุ่นและบิดไปมาได้ดีกว่าใยป่าน เพราะว่ามีส่วนที่เป็นผลึกน้อยกว่า ความยืดหยุ่นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในเส้นใย ในภาวะปกติจะยืดออกได้ประมาณร้อยละ 7 และไม่หดเข้าที่เดิม แต่ถ้านำไปแช่น้ำจะค่อย ๆ พองตัวออกและหดเข้าที่เดิมได้ ในผืนผ้าและเส้นด้ายบางตอนที่มีเส้นใยพันกันซับซ้อนใยตอนนั้นเมื่อถูกดึงยืดออกจะไม่สามารถคืนตัวเข้าที่เดิมได้

การหดกลับ - ถ้าเส้นใยมีการยืดออกไป 2% เมื่อปล่อยแรงจะหดกลับ 70% จากที่ยืดออกไป

การคืนตัว (elastic recovery) – การคืนตัวของเส้นใยฝ้ายมีความสำคัญมากเพราะเกี่ยวข้องกับการรักษารูปทรงของฝ้าย องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการคืนตัวมีด้วยกันหลายข้อ คือ

- ปริมาณการยืดออกของเส้นใยด้วยแรงดึง
- ช่วงเวลาที่ปล่อยให้เส้นใยยืดออกด้วยแรงดึง
- ช่วงเวลาปล่อยแรงดึงให้เส้นใยคืนตัวกลับอย่างช้า ๆ
- ภาวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการคืนตัว

การคืนตัวจะค่อนข้างต่ำ เพราะฉะนั้นฝ้ายถึงยับง่าย

การคืนตัวจากการยับ (crease recovery) – ฝ้ายจะคืนตัวจากการยับไม่ดี

ความหนาแน่น (density) – ถ้าเส้นใยมีความหนาแน่นสูงแสดงว่ามีส่วนที่เป็นผลึกมาก เพราะฉะนั้นความสามารถในการดูดซึมสีย้อมจะน้อยลง

ความคงทนต่อการขัดถู (abrasion resistance) – ใยฝ้ายมีความคงทนต่อการขัดถูได้ดี

ความมัน (luster) – ความมันตามธรรมชาติของใยฝ้ายสัมพันธ์กับคุณลักษณะสองประการของเส้นใย คือลักษณะและความมันของตัวเส้นใย ความเงามันของเส้นใยมีความสัมพันธ์กับรูปร่างภาคตัดขวาง เช่นเส้นใยที่มีภาคตัดขวางค่อนข้างกลม หรือกลมจะมีความมันมากกว่าเส้นใยรูปรี ฝ้ายที่ผ่านการชุบมันจะมีภาคตัดขวางกลมทำให้มีความมันมากกว่าฝ้ายธรรมดา

ความคงรูป - ไม่ดีนัก ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการชุบมันด้วยด่าง เมื่อซักฟอกจะเกิดการหดตัว

การสะท้อนแสง - ไม่ดีนัก มีความมันต่ำ นอกจากฝ้ายที่ผ่านการชุบมัน เส้นใยจะพองกลม ทำให้มีความมันเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.2 สมบัติของใยฝ้าย [2,7]

<u>โครงสร้างโมเลกุล</u>	เป็นพอลิเมอร์สายโซ่ยาวของโมเลกุลเซลลูโลส
<u>ลักษณะที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์</u>	
ความยาว (มิลลิเมตร):	25 – 40
ความกว้าง (ไมโครเมตร) :	12 –20
ภาคตัดขวาง :	ลักษณะเหมือนถั่ว (bean-shaped)
สี :	มักมีสีครีมออฟไวท์
การสะท้อนแสง :	ความเงามันต่ำ , ทึบแสง
<u>สมบัติทางกายภาพ</u>	
การทนแรงดึง :	96,700 ปอนด์ / ตารางนิ้ว
การยืดตัว :	4 – 13 % การยืดตัว ณ จุดขาด
ความเหนียว :	3 – 5 (ขณะแห้ง) และ 3.6 – 6 (ขณะเปียก)
(กรัม / ดีเนียร์)	
ความหนาแน่น :	1.54 – 1.62
(กรัม / ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)	

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

สมบัติทางกายภาพ (ต่อ)	
การดูดความชื้น :	ดูดความชื้นได้ที่ภาวะต่าง ๆ กัน ดังนี้
- ฝ้ายดิบ	
ที่ภาวะมาตรฐาน	8.5 %
ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 - 100%	15 - 25 %
- ฝ้ายชุบมัน	
ที่ภาวะมาตรฐาน	8.5 - 10.3 %
ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 - 100%	15 - 27 %
ความยืดหยุ่น :	ต่ำ
ความทนทานต่อการขัดถู :	ดีพอใช้ จนถึง ดี
ความถ่วงจำเพาะ :	1.58 (เมื่อปริมาตรจำเพาะ 0.69)
สมบัติทางเคมี	
แสงอาทิตย์และความร้อน :	ทนความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่แห้ง โดยไม่เกิดการสลายตัว
ตัวทำละลายอินทรีย์ :	มีความทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์
สารฟอกขาว :	สามารถทำการฟอกขาวด้วยสารฟอกขาวได้โดยปราศจากการทำลายเส้นใย
กรดและด่าง :	มีความทนทานต่อด่างสูง แต่กรดแร่สามารถทำลายเส้นใยได้ในทันที กรดอินทรีย์ทำลายเส้นใยเล็กน้อย
คราบสกปรก :	คราบสกปรกที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบจะเกาะติดได้ดี
สีย้อม :	สามารถย้อม ด้วยสีย้อมหลายชนิด เช่น ไดเร็ค แว็ต ซัลเฟอร์ และรีแอคทีฟ

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

สมบัติทางชีวภาพ	
สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก :	สามารถเกิดปฏิกิริยากับแบคทีเรีย และเชื้อรา
แมลง :	ฝ้ายที่ลงแป้ง สามารถถูกทำลายได้โดยแมลงที่มีหาง 3 แฉก
สมบัติทางแสง	
arial refraction :	1.596
transverse refraction :	1.534
double refraction:	0.062
การนำความร้อนและการนำไฟฟ้า	เป็นตัวนำความร้อนที่ดี สีย้อมบางชนิด ทำให้ความต้านทานไฟฟ้าลดน้อยลง
ลักษณะการติดไฟ	สามารถไหม้อย่างรวดเร็ว และลุกไหม้ได้ในทันทีที่ติดไฟ

2.1.2.2 สมบัติทางเคมี [2,3,7]

1. อิทธิพลของน้ำ – น้ำทำให้ฝ้ายเกิดการพองตัวขนาดของเส้นใยใหญ่ขึ้น โดยน้ำจะแทรกซึมเข้าไปในส่วนที่เป็นอสัณฐานของเส้นใย การพองตัวของเส้นใยทำให้เส้นใยมีความสามารถในการดูดซึมสีย้อมดีขึ้น
2. อิทธิพลของความร้อน – ในภาวะที่แห้งเส้นใยฝ้ายสามารถทนความร้อนได้ถึง 120 องศาเซลเซียสนานถึง 5 ชั่วโมง โดยไม่เกิดการสลายตัวของโครงสร้างเซลลูโลสแต่การปล่อยทิ้งๆไว้นาน ๆที่อุณหภูมิสูงและในที่ที่มีออกซิเจน ทำให้เกิดออกซีเซลลูโลสมีผลทำให้เส้นใยเปื่อย ฝ้ายจะกลายเป็นสีเหลือง ฝ้ายบริสุทธิ์ทนความร้อนชื้นได้น้อยกว่าฝ้ายดิบหรือฝ้ายชุบมัน
3. อิทธิพลจากการเก็บรักษา – ฝ้ายควรเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติเล็กน้อย พบว่าผ้าจากที่เก็บไว้ในภาวะดังกล่าว แม้มีอายุ 600 ปี ความเหนียวลดลงร้อยละ 21 เท่านั้น

4. อิทธิพลจากแสงสว่าง – แสงอัลตราไวโอเลตจะทำให้ออกซิเจนในอากาศอ๊อกซิไดซ์ใยฝ้าย แสงสีม่วงและแสงสีน้ำเงินสามารถทำให้เกิดได้บ้าง ถ้าอุณหภูมิและความชื้นสูงขึ้น ฝ้ายจะเสื่อมมากขึ้น ฝ้ายดิบทนแสงแดดได้ดีกว่าฝ้ายฟอกขาว และฝ้ายที่ย้อมด้วยสีบางชนิดทำให้ทนแสงได้ดีขึ้น แต่บางชนิดจะทำให้เกิดอ๊อกซิไดซ์ได้มากขึ้น
5. อิทธิพลจากกรด - กรดแร่ – ที่อุณหภูมิต่ำกรดเจือจางจะค่อย ๆ เปลี่ยนเซลลูโลสเป็นไฮโดรเซลลูโลส และเกิดการไฮโดรไลซ์เปลี่ยนเซลลูโลสไปเป็นกลูโคส
6. อิทธิพลของด่าง – ด่างอ่อน เช่น โซดาแอช ไม่มีปฏิกิริยาต่อฝ้ายไม่ว่าที่อุณหภูมิต่ำหรือสูงในที่ที่ปราศจากอากาศ แต่ถ้าในที่ที่มีออกซิเจนจะค่อยๆ เกิดออกซีเซลลูโลส
7. อิทธิพลของสารรีดิวซ์และสารออกซิไดซ์ – สารรีดิวซ์ไม่เป็นอันตรายต่อเซลลูโลส ส่วนสารออกซิไดซ์สามารถเปลี่ยนเซลลูโลสให้เป็นออกซีเซลลูโลส ทำให้ความเหนียวของเส้นใยลดลง แต่ความสามารถในการละลายดีขึ้น
8. การชุบมันฝ้าย – สารละลายโซดาไฟทำให้โครงสร้างทางกายภาพของโมเลกุลเซลลูโลสเปลี่ยนไป เป็นการลดโมเลกุลที่เรียงตัวเป็นระเบียบ ทำให้ฝ้ายดูดซึมสีย้อมและสารเคมีเพิ่มมากขึ้น และทำให้ผ้ามีความคงทนมากขึ้น

2.2 <u>การชุบมัน</u> [2,39]

การชุบมันฝ้าย คือ การทำให้ใยฝ้ายพองตัวออกด้วยด่าง ฝ้ายจะดูดซึมสีย้อมได้ดีขึ้น ถ้าชุบมันภายใต้แรงดึง ใยฝ้ายจะมันเงาด้วย โดยผู้คิดริเริ่มการชุบมัน คือ นายจอห์น เมอร์เซอร์ ในปี 1850 ได้นำผ้าฝ้ายกรองสารละลายโซดาไฟเข้มข้น[6, 9, 10] และพบว่าผ้าฝ้ายย้อมสีได้เข้มขึ้นกว่าเดิมแต่เกิดการหดตัว การศึกษาสมบัติของฝ้ายชุบมันโดยทั่วไปมักศึกษาเกี่ยวกับการบวมตัวและการหดตัวของใยฝ้ายที่ชุบมันด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยจะนำผ้าฝ้ายมาแช่ในสารละลายโซดาไฟที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 20% - 30% หรือประมาณ 26 – 35 $^{0}Be'$ ที่อุณหภูมิ 20 – 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30-60 วินาที ภายใต้แรงดึงหรือไม่ก็ได้[1] ถ้าเป็นการชุบมันภายใต้แรงดึง จะทำให้รูปร่างของเส้นใยที่บิดเป็นเกลียวคลายเกลียวออกเป็นท่อตรง ทำให้เส้นใยเกิดความเงา การดูดซึมน้ำและสีย้อมของเส้นใยต่ำกว่าฝ้ายที่ชุบมันเมื่อไม่มีแรงดึง การชุบมันโดยปราศจากแรงดึง ทำให้เส้นใยหนาขึ้น ผ้าเนื้อแน่นขึ้น ทำให้ความเหนียวของเส้นใยสูงขึ้นด้วย การทำการชุบมันโดยปราศจากแรงดึงจึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคอสติกไซซ์ ซึ่งวิธีนี้ผ้าจะไม่เกิดความเงา แต่ความสามารถในการดูดซึมสีย้อมเพิ่มขึ้นยังคงมีอยู่ จากลักษณะของเส้นใยฝ้ายที่เคยลีบและมีลักษณะเหมือนเมล็ดถั่วและมีการพับไปพับมา เมื่อมีการดูดซึมสารละลายโซดาไฟและเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนเกิดขึ้น ทำให้เส้นใยมีการพองโตขึ้นมาจากเดิมประมาณร้อยละ 75-80 แต่ถ้าใช้โซดาไฟที่เข้มข้นมากขึ้นจะพองโตถึง 4 เท่าของขนาดเส้นใยเดิมและ

เมื่ออุณหภูมิต่ำลงการพองโตของเส้นใยฝ้ายจะมากขึ้นด้วย พื้นที่หน้าตัดของเส้นใยมีลักษณะเป็นวงกลมโดยลูเมนตรงกลางตีบลงภายในช่วงเวลาประมาณ 1–2 นาที ใยจะหดตัวประมาณ17 % ของความยาว นำมาล้างน้ำร้อนจนความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟลดต่ำลงถึง 6 % แล้วจึงล้างน้ำ น้ำที่อุณหภูมิสูงล้างโซดาไฟออกได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำและจะใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่า เซลลูโลสที่จากเดิมมีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นผลึกกลายเป็นส่วนอสัณฐานมากขึ้น โครงสร้างของโมเลกุลของเส้นใยดูดซึมสีย้อมและสารเคมีมากขึ้นแม้แต่ไอน้ำและแก๊สในอากาศด้วย การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพเท่านั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี หลังผ้าถูกชุบมันในด่างแล้วจะถูกทำให้เป็นกลางด้วยกรดซึ่งมักจะใช้กรดอะซิติก ผ้าที่ผ่านการชุบมันแล้วควรเป็นกลางหรือด่างอ่อน ๆ ถ้าเป็นด่างมากไปเมื่อนำไปย้อมด้วยสีรีแอคทีฟจะเกิดปัญหาที่ความเข้มของหัวผ้าและหางผ้าไม่เท่ากันหรือสีเกิดการไฮโดรไลซ์ทำให้สิ้นเปลืองสีและย้อมผ้าสีไม่เหมือนเดิม ในการชุบมันเนื่องจากผ้าจุ่มผ่านสารละลายโซดาไฟเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เพียง 30-60 วินาที ดังนั้น ผ้าที่จะผ่านเข้ามาทำการชุบมันจึงต้องมีความสามารถในการดูดซึมน้ำที่ดี บางทีจึงอาจจะใส่สารช่วยเปียก (wetting agent) ลงไปในสารละลายโซดาไฟซึ่งสารนี้จะต้องทนต่อโซดาไฟเข้มข้นด้วย ข้อควรระวังในการชุบมัน คือ ต้องพยายามควบคุมอุณหภูมิของสารละลายโซดาไฟให้คงที่ เมื่อผ้าจุ่มลงในสารละลายโซดาไฟจะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนทำให้อุณหภูมิของสารละลายโซดาไฟสูงขึ้น ถ้าอุณหภูมิของสารละลายโซดาไฟไม่สม่ำเสมอทำให้ผลของการชุบมันไม่สม่ำเสมอมีผลต่อการย้อมสีทำให้การติดสีไม่สม่ำเสมอด้วย

2.2.1 ตัวแปรสำคัญในการชุบมัน[3]

กระบวนการชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบถาวรของอัญรูปในเซลลูโลสซึ่งจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเซลลูโลสดั้งเดิมหรือ เซลลูโลส I กลายไปเป็น เซลลูโลส II โดยสังเกตจากรูปแบบของเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันที่เปลี่ยนไปของเซลลูโลส ระดับของการเปลี่ยนอัญรูปเซลลูโลส และระดับของการชุบมันนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย แรงดึง อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ ดังนี้

2.2.1.1 ชนิดของเส้นใย

การชุบมันมักนิยมทำกับสิ่งทอประเภทผ้าผืนมากกว่าเส้นด้ายและมักเป็นผ้าใยฝ้าย หรือใยฝ้ายผสม จะไม่ชุบมันผ้าใยสังเคราะห์ เส้นด้ายชุบมันจะมีระดับของการชุบมันสูงกว่าผ้าชุบมันเพราะ

มีพื้นที่ผิวมากกว่า จึงทำปฏิกิริยากับสารเคมีได้มากกว่า เส้นใยพองตัวได้มากกว่า ผ้าที่จะชุบมันควรผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกมาก่อน เพื่อให้ผ้าดูดซึมน้ำและสารเคมีได้ดี[43]

2.2.1.2 แรงดึง

อัตราการให้แรงดึงระหว่างชุบมันมีส่วนสัมพันธ์อย่างมากกับลักษณะของความเป็นเงามันของสิ่งทอที่จะชุบมัน ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมเป็นตัวทำให้เส้นใยเกิดการพองตัว เส้นใยเกิดการพองตัวออกในด้านภาคตัดขวางจะเกิดการหดตัวในแนวยาว แต่เมื่อฝ้ายถูกชุบมันโดยไม่มีการให้แรงดึง เส้นใยจะเกิดลักษณะของรอยพับ รอยยับ และความเงามันที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าการชุบมันภายใต้แรงดึง

เมื่อชุบมันภายใต้แรงดึง การหดตัวของเส้นใยจะลดน้อยลง และเกิดแรงดันที่มากเกิดขึ้นภายในเส้นใย เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของโครงสร้างฝ้าย ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ใสคล้ายแก้ว (glass-like)

2.2.1.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของการชุบมันเป็นปัจจัยตัวหนึ่งที่ควบคุมระดับการชุบมันของฝ้าย โดยทั่ว ๆ ไปพบว่า การลดลงของอุณหภูมิการชุบมัน ทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดการบวมตัวมากขึ้น[12] แต่มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่า การชุบมันที่อุณหภูมิสูง สามารถให้ผลที่ดีกว่าการชุบมันแบบปกติ ด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ ประการแรก, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อนสามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปในพื้นผิวของเส้นใยได้ทั่วถึง มีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสพองตัวขยายตัวออกมา ประการที่สอง, ที่อุณหภูมิสูง ๆ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ผ้าผืนขยายตัวได้มากขึ้น และเหตุผลประการสุดท้าย คือ การให้แรงดึงสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ง่าย เมื่อมีการชุบมันที่อุณหภูมิสูง ๆ ซึ่งจะมีผลต่อการควบคุมสมบัติของผืนผ้า[8,14] อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีอุปสรรคในการทำการชุบมันที่อุณหภูมิสูงเพราะสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อนสามารถทำลายเส้นใยฝ้ายได้ง่าย ภายในเวลาไม่กี่นาทีเท่านั้น

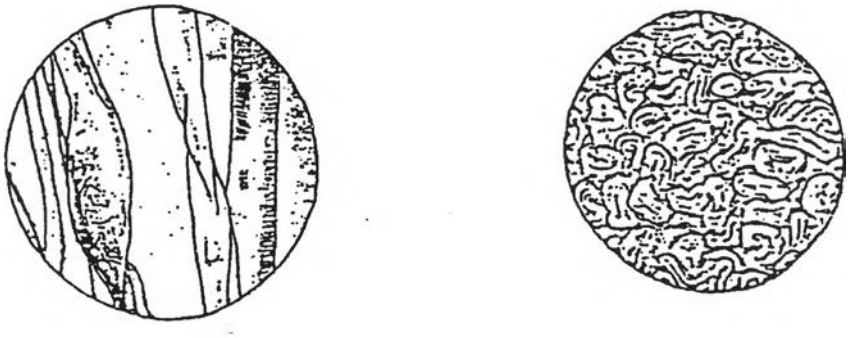
2.2.1.4 เวลา

ในระหว่างการชุบมัน เส้นใยเกิดการบวมตัวมากขึ้นในส่วนของภาคตัดขวาง ซึ่งจะทำให้เกิดการหดตัวของเส้นใยทางด้านยาว การเพิ่มมากขึ้นของเวลาที่ใช้ในการชุบมัน จะเพิ่มอัตราการบวมและอัตราการหดสั้นลงของเส้นใยทางด้านยาว ตัวอย่างเช่นเมื่อเส้นใยฝ้ายถูกชุบมันที่ 30 องศาเซลเซียส โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 19% และใช้เวลาที่เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ 1 - 30 นาที เส้นใยจะหดตัวเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ 19 - 29% อัตราการบวมตัวของเส้นใย และการหดตัวของเส้น

ใยจะเพิ่มมากขึ้นตามเวลาของการชุบมัน จนกระทั่งเส้นใยบวมตัวมากเท่าที่สุดที่เป็นไปได้ โดยถูกควบคุมด้วยผนังเซลล์ของเส้นใยชั้นที่ 1 แต่ความเงาจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มเวลาของการชุบมัน[2]

2.2.1.5 ความเข้มข้น

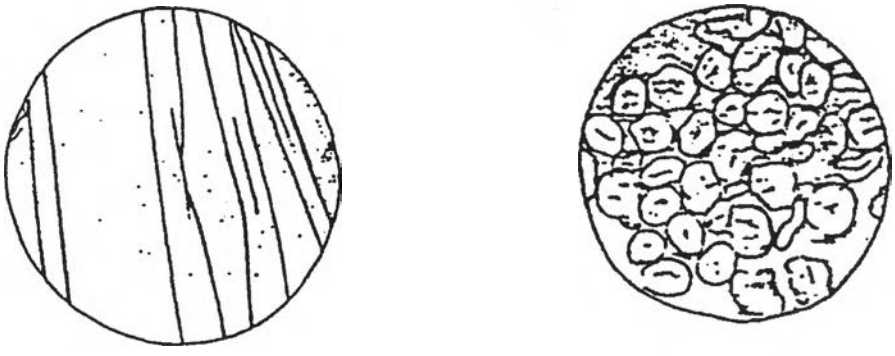
การชุบมันเส้นด้ายหรือผืนผ้า โดยทั่วไปจะใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ 20 - 30% [5,13] ซึ่งเป็นที่น่าสนใจอยู่อย่างหนึ่งว่าความเข้มข้นของสารชุบมันจะแปรไปตามน้ำหนักอะตอมของด่างที่ใช้ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ความเข้มข้นของสารชุบมันโซเดียมไฮดรอกไซด์ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ หรือลิเทียมไฮดรอกไซด์ควรที่ใช้ความเข้มข้น 23 %, 33 %, และ 9 % ตามลำดับ[8,33]



(ก) (ข)

รูปที่ 2.5 ลักษณะของด้ายฝ้ายก่อนการชุบมันขยาย 500 เท่า[2,3]

ก) ภาพตัดตามยาว ข) ภาคตัดตามขวาง



(ก) (ข)

รูปที่ 2.6 ลักษณะของด้ายฝ้ายหลังจากผ่านการชุบมันขยาย 500 เท่า[2,3]

ก) ภาพตัดตามยาว ข) ภาคตัดตามขวาง

ตารางที่ 2.3 ประเภทของการชุบมัน[44]

ประเภทของการชุบมัน	อุณหภูมิและเวลา	ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้	ลักษณะพิเศษที่ได้
การชุบมันแบบที่นิยมทั่ว ๆ ไปด้วยโซดาไฟ	20 – 25 องศาเซลเซียส 30 - 60 วินาที	โซดาไฟเข้มข้น $20^0 - 30^0$ Be/	เส้นใยพองตัวและหดตัวตามยาวเพิ่มความเงาและดูดซึมสีย้อมได้ดี
การชุบมันที่อุณหภูมิต่ำด้วยโซดาไฟ	$-10^0 - 0^0$ เซลเซียส 20 – 60 วินาที	โซดาไฟเข้มข้น $20^0 - 30^0$ Be/	มีลักษณะโปร่งใส เงามันมากขึ้น มีผิวสัมผัสคล้ายลินิน
การชุบมันที่อุณหภูมิสูงด้วยโซดาไฟ	60^0–90^0 เซลเซียส 5 – 50 วินาที	โซดาไฟเข้มข้น $30^0 - 35^0$ Be/	ให้ผิวสัมผัสที่นุ่มขึ้นทำเท็กเจอร์ได้ง่าย ทนต่อการยับในสภาพที่เปียกดีขึ้น สมบัติด้านการซักและสวมใส่ดีขึ้น
การชุบมันด้วยแอมโมเนีย	ต่ำกว่า -33^0 เซลเซียส 1 – 10 วินาที	แอมโมเนียเหลว 100%	ให้ผิวสัมผัสที่นุ่ม สมบัติด้านการซักและสวมใส่ดีขึ้น ทนต่อการยับดีขึ้น ความเหนียวของเส้นใยเพิ่มขึ้น

ผลที่เกิดขึ้นในเส้นใยหลังการชุบมันคือเส้นใยมีความเงามัน มีความคงรูปดีขึ้น คลายการบิดเป็นเกลียว ความเหนียวมากขึ้น การพองตัวของเส้นใยจะสม่ำเสมอ การดูดซึมสีย้อมจะดีขึ้นเนื่องจากมีการขยายตัวของเนื้อที่ภายในเส้นใย ใยวัยอ่อนและใยลีบพองตัวออกจนสามารถดูดซึมสีย้อมได้ และผ้ามีการคืนตัวจากรอยยับได้ดีขึ้นด้วย การชุบมันสามารถกระทำกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมหรืออาจทำภายหลังการเตรียม แต่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากการชุบมันผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมจะมีความสกปรกและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก การชุบมันผ้าที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมมักได้ผลที่ไม่ดีเท่าการชุบมันผ้าที่ผ่านการเตรียม เพราะฉะนั้นสิ่งที่นิยมทำคือนำวัสดุสิ่งทอที่ผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวมาชุบมัน ส่วนที่เป็นผลึกในเส้นใยจะเปลี่ยนกลายเป็นอสัณฐานมากขึ้นโดยสามารถวิเคราะห์ได้จากการนำผ้าชุบมันไปตรวจสอบด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันดูอัญรูปของเซลลูโลสและวัดหาปริมาณผลึกและอสัณฐาน และพบว่าโครงสร้างของเซลลูโลสมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีการเปลี่ยนส่วนของผลึกที่จากเดิมมีประมาณ 70% ลดลงเหลือประมาณ 50%[40]

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์โดยประมาณของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (หน่วยเปอร์เซ็นต์และองศาโบเม่) และความถ่วงจำเพาะของสารละลาย[39]

ความถ่วงจำเพาะ	เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร)	องศาโบเม่ ($^{0}Be'$)
1.007	0.61	1.0
1.029	2.71	4.0
1.075	6.55	10.0
1.116	10.06	15.0
1.171	15.13	21.0
1.220	19.58	26.0
1.252	22.64	29.0
1.263	23.67	30.0
1.340	30.57	36.6
1.365	33.08	38.6
1.440	39.99	44.1
1.455	41.41	45.1

2.3 <u>การทดสอบหาระดับของการชุบมันของฝ้าย</u>

การทดสอบหาระดับการชุบมันของด้าย หรือผ้าฝ้ายสามารถกระทำได้ 4 วิธี ดังนี้

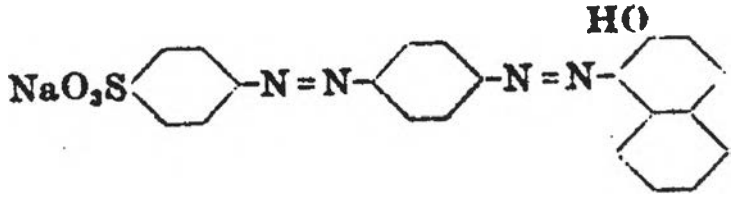
2.3.1 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีการดูรูปร่างภาคตัดขวาง และรูปร่างตามยาวของเส้นใยฝ้าย[2]

การดูรูปร่างภาคตัดขวาง และรูปร่างตามยาวของเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะสามารถหาระดับของการชุบมันแบบคร่าว ๆ ได้ โดยลักษณะของเส้นใยฝ้ายก่อนการชุบมันจะเป็นดังรูปที่ 2.5 คือภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่ว และช่องตรงกลางเป็นโพรงอากาศเรียกว่าลูเมน มีขนาดใหญ่ และรูปร่างตามยาวของเส้นใยจะมีลักษณะที่บิดเป็นเกลียว แต่เมื่อผ่านกระบวนการชุบมันภาคตัดขวางจะมีลักษณะที่ค่อนข้างกลม ช่องตรงกลางที่เรียกว่าลูเมนจะหายไปเกือบหมด และลักษณะการบิดเป็นเกลียวของเส้นใยตามยาวจะหายไปดังรูปที่ 2.6 การวัดระดับของการชุบมันอาจกระทำได้โดย

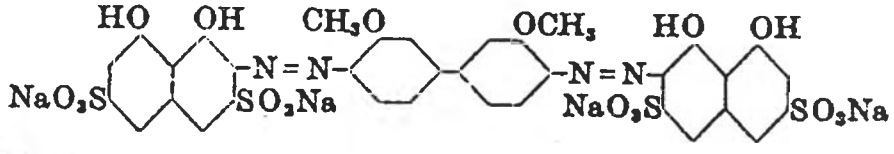
นับจำนวนเส้นใยที่พองตัวออกหลังชุบมันเทียบกับก่อนชุบมันจะสามารถบอกระดับของการชุบมันได้เพียงคร่าว ๆ เท่านั้น

2.3.2 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีการย้อมผ้าหรือด้ายฝ้าย

การนำผ้าที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการชุบมันและผ้าที่ผ่านกระบวนการชุบมันแล้วมาย้อมด้วยสี CI Acid Red 151 และสี CI Direct Blue 10[38]



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของ สี CI Acid Red 151



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของสี CI Direct Blue 10

ตารางที่ 2.3 สมบัติของสี CI Acid Red 151 และสี CI Direct Blue 10[38]

สมบัติ	C.I. Acid Red 151	C.I. Direct Blue 10
ชนิดของสี	ไดเอโซ	ไดเอโซ
C.I. condition number	26900	24340
สี : แสงอาทิตย์	แดง	น้ำเงิน
แสงประดิษฐ์	สีแดงเปลี่ยนไปเล็กน้อย	-
การย้อม : เส้นใย	ขนสัตว์, ไหม,ไนลอน, ฝ้าย	เซลลูโลส
วิธีการย้อม	1 , 2	ปกติ
ความสม่ำเสมอ	ดี	-
การติดสี	-	ติดสีบนไนลอนได้ดีมากแต่ไม่ติดสีบนอะซิเตต

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

สมบัติ	C.I. Acid Red 151		C.I. Direct Blue 10	
สมบัติอื่น ๆ : dischargeability	ดี		ดี ถึง ดีมาก	
ผลของโลหะ – ทอง	เล็กน้อย		ส่อ่อนลง	
- โครเมียม	สีเปลี่ยนเล็กน้อย		-	
- เหล็ก	สีขุ่นขึ้นเล็กน้อย		สีเขียวขึ้น	
สมบัติความคงทน : ระบบ	AATCC	ISO	AATCC	ISO
- กรด	-	3-4	5	5
- ด่าง	3	3	1	4
- อัดร้อน รีดร้อน	-	-	3	3-4
- แสง	6	4	1-2	3
- การซัก	3	4	3-4	1-2
- น้ำทะเล	3	4	-	-

หมายเหตุ : (-) หมายถึง ไม่ได้ระบุข้อมูล

สีไดเร็คเป็นสีย้อมที่มีประจุลบเวลาละลายน้ำ สามารถย้อมติดใยเซลลูโลส เป็นสีสังเคราะห์ชนิดแรกที่ย้อมติดใยฝ้ายได้โดยไม่ต้องใช้สารช่วยติดจนบางครั้งเรียกว่าสีย้อมฝ้าย สีไดเร็คมีองค์ประกอบหลักเป็นสารประกอบ ซัลโฟเนต เอโซ เป็นสีย้อมที่มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิก ซึ่งทำให้ตัวสีละลายน้ำได้ โดยสีเกิดการแตกตัวในน้ำ ดังนี้

$$D - SO_3Na \longleftrightarrow D - SO_3^- + Na^+ \quad \text{(สมการที่ 1)}$$

เมื่อเส้นใยอยู่ในน้ำย้อมจะมีประจุเป็นลบซึ่งผลักกับประจุลบของสีไดเร็คที่ละลายน้ำ แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นโมเลกุลสีเกิดการเคลื่อนที่ห่างจากเส้นใยมากขึ้น การเติมเกลือในน้ำย้อมจะช่วยลดการผลักกันของสีและเส้นใย ทำให้สีเข้าใกล้เส้นใยได้มากขึ้น โมเลกุลของสีถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นใยและเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลสในเส้นใย

สีแอซิดเป็นสีย้อมที่ละลายน้ำได้ มีหมู่ละลายน้ำเป็นเกลือของกรดกำมะถัน สามารถย้อมติดเส้นใยโปรตีนได้ในน้ำย้อมที่เป็นกรดเจือจาง ใช้ย้อมเส้นใยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ และ

ย้อมเซลลูโลสซึ่งไม่ใช่เซลลูโลสบริสุทธิ์ เช่น ปอ และป่าน โครงสร้างหลักมีหมู่เอโซเป็นส่วนประกอบ การวัดระดับของการชุบมันอาจทำได้คร่าว ๆ โดยย้อมฝ้ายด้วยสีสองชนิดนี้ ฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการชุบมันจะติดสีแดง และที่ผ่านการชุบมันจะติดสีน้ำเงินความเข้มของสีมากน้อยจะบอกระดับการชุบมันมากน้อยตามลำดับ[39]

2.3.3 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีการหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าหรือด้ายฝ้าย[3]

การหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของการชุบมันวิธีหนึ่งที่นิยมทำกันมาก เพราะสามารถบอกความแตกต่างของผ้าที่ผ่านการชุบมันแบบสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์และผ้าที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการชุบมันเป็นค่าตัวเลข ตามมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 89 เรื่อง Mercerization in cotton[18] ค่าที่ได้จะเรียกว่า ค่าแบเรียมแอกทิวิตี

การทดสอบสามารถกระทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้ เริ่มจากการทำความสะอาดผ้าตัวอย่างที่จะวิเคราะห์พร้อมด้วยด้ายมาตรฐาน แล้วนำตัวอย่างและด้ายมาตรฐานไปแช่ในสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH)_2$) 0.25 นอร์มัลในช่วงเวลาที่กำหนดหลังจากนั้นนำสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากการแช่มาไตเตรทกับกรดเกลือ 0.1 นอร์มัลเพื่อหาอัตราส่วนของปริมาณแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกดูดซึมโดยตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ต่อปริมาณแบเรียมไฮดรอกไซด์ที่ถูกดูดซึมโดยด้ายมาตรฐาน โดยมีฟีนอล์ฟธาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งจะสามารถคำนวณหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีจากสูตรดังต่อไปนี้

$$BAN = \frac{A - B}{A - C} \times 100$$

โดย BAN = ค่าแบเรียมแอกทิวิตี

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล หน่วยเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล หน่วยเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตรที่มีผ้าแช่อยู่

C = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล หน่วยเป็นมิลลิลิตรที่ใช้ในการไตเตรตกับสารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตรที่มีด้ายมาตรฐานแช่อยู่

ผลของค่าแบเรียมแอกทิวิตี

ถ้าค่าแบเรียมแอกทิวิตีอยู่ในช่วง 100 – 105	แสดงว่า ผ้าที่นำมาวิเคราะห์ยังไม่ผ่านกระบวนการชุบมัน
ถ้าค่าแบเรียมแอกทิวิตีอยู่ในช่วง 106 – 150	แสดงว่า ผ้าที่นำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการชุบมันอย่าง ไม่สมบูรณ์
ถ้าค่าแบเรียมแอกทิวิตีมากกว่า 150	แสดงว่า ผ้าที่นำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการชุบมันอย่างสมบูรณ์

โดยผู้ที่ทำการทดสอบจะต้องทำซ้ำอย่างน้อย 2 ชุดเพื่อที่จะหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีเฉลี่ย โดยค่าที่ได้จากการทดลองทั้งสองครั้งควรมีค่าห่างกันไม่เกิน 4 ถ้าห่างกันมากกว่า 4 ควรทำการทดสอบใหม่

ปัญหาที่มักประสบในการหาค่าแบเรียมแอกทิวิตี คือต้องใช้เวลานานในการทำประมาณ 1 - 2 วัน และต้องระวังไม่ให้สารละลายแบเรียมไฮดรอกไซด์สัมผัสกับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจนเกิดแบเรียมคาร์บอเนตเป็นฝ้าขาว ๆ บนผิวสารละลาย ทำให้สูญเสียความเข้มข้นของสารละลายไป เป็นผลให้การทดสอบผิดพลาดได้ นอกจากนี้ผู้ที่ทำการวิเคราะห์จะต้องมีความชำนาญ ความละเอียดและความรอบคอบในการทำการวิเคราะห์

2.3.4 การทดสอบหาระดับการชุบมันด้วยวิธีอื่น ๆ

Ghosh S, Dilanni D[23] ได้ศึกษาเรื่อง การหาระดับของการชุบมันโดยใช้เทคนิคใกล้อินฟราเรด พบว่า ระดับของการชุบมันสามารถทราบได้โดยใช้วิธีการของ near-IR diffuse reflectance โดยวิธีนี้เป็นการทดสอบที่ไม่ทำลายเนื้อผ้าหรือตัวเส้นใย เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของผลึกในเซลลูโลสที่เกิดจากผลของหมู่ไฮดรอกซิลที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการชุบมัน เทคนิคใกล้อินฟราเรดจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของ -OH stretching first overtone band ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการชุบมัน โดยดูการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมที่ความยาวคลื่น 1445 นาโนเมตร และยังใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของอัญรูปผลึกของเซลลูโลสระหว่างการทำการชุบมัน โดยเปลี่ยนแปลงจากเซลลูโลสดั้งเดิม (เซลลูโลส I) เป็นเซลลูโลส II

Sao and Jain[17] ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยของการชุบมันเซลเดี่ยวและกลุ่มเส้นใยของปอกระเจาด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยทำการศึกษาที่ความเข้มข้น

ประมาณ 12% และมากกว่า ผลที่ได้ก็คือเส้นใยมีการลดลงของดัชนีความเป็นผลึก และการจัดเรียงตัวของโมเลกุลไม่เป็นระเบียบมากขึ้นและเกิดจากการเปลี่ยนของอัญรูปผลึกจากเซลลูโลส I ไปเป็นเซลลูโลส II

Mannan KM[24] ได้ศึกษาเรื่อง การใช้เทคนิคเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกชันศึกษาเส้นใยปอกระเจาที่ถูกชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และแอมโมเนียเหลว พบว่าเส้นใยปอกระเจาที่ถูกชุบมันด้วย 20% โซเดียมไฮดรอกไซด์ และด้วยแอมโมเนียเหลว มีโครงสร้างในเส้นใยเกิดส่วนของอสัณฐานมากขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเซลลูโลสดั้งเดิม (เซลลูโลส I) ไปเป็นเซลลูโลส II เมื่อถูกชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเมื่อถูกชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลวจะเปลี่ยนอัญรูปผลึกจากเซลลูโลส I ไปเป็นเซลลูโลส III แต่ถ้าล้างเส้นใยในน้ำหลังชุบแอมโมเนียเหลว อัญรูปจะเปลี่ยนกลับไปเป็นเซลลูโลส I ตามเดิม การชุบมันปอกระเจามักเกิดไม่สมบูรณ์แบบเนื่องจากเส้นใยมีส่วนประกอบของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสมากซึ่งป้องกันการบวมตัวของเส้นใย

L.Segal, และคณะ[26] ได้ศึกษาเรื่อง การหาระดับของผลึกในเซลลูโลสดั้งเดิมโดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน พบว่า การหาระดับของผลึกในเซลลูโลสดั้งเดิมโดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันใช้เทคนิคการหาจุดโฟกัสซิ่ง และการส่องผ่าน(transmission) ความเข้มที่การสอดแทรกที่ 002 ก็คือที่ 2θ เท่ากับ 18 องศา จะแสดงถึงตำแหน่ง อสัณฐานนั่นเอง เปอร์เซ็นต์ของผลึกที่พบโดยเทคนิคเอ็กซเรย์จะเรียกว่าดัชนีความเป็นผลึก ดัชนีความเป็นผลึกจะสัมพันธ์กับการทำให้เป็นผลึกโดยวิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรด ความหนาแน่นและ ความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละตัวอย่าง โดยการทดสอบนี้ใช้ตัวอย่างประมาณ 40 ตัวอย่าง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดประมาณ 6.5%

Sao , Samantaray และ Bhattacherjee S[27] ได้ศึกษาเรื่อง การใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันแบบมุมกว้างศึกษาปริมาณผลึกและความไม่เป็นระเบียบของเส้นใยรามี เมื่อชุบมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) และที่ 0 องศาเซลเซียส พบว่าส่วนของผลึกเกิดการเปลี่ยนรูปไปเมื่อชุบมันเส้นใยในสารละลายความเข้มข้นต่ำ การชุบมันที่ความเข้มข้นสูงเกิดการเปลี่ยนอัญรูปเซลลูโลส I เป็นเซลลูโลส II ปริมาณของผลึกลดลงและความไม่เป็นระเบียบเพิ่มมากขึ้น

Tomiji และคณะ[35] ได้ศึกษาเรื่อง สมบัติด้านการย้อมของเส้นใยที่ชุบมันด้วยแอมโมเนียเหลว พบว่า ผ้าฝ้ายที่ผ่านการทำความสะอาดและผ่านการชุบมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และนำมา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชุบมันอีกครั้งด้วยแอมโมเนียเหลวที่ - 33.4 องศาเซลเซียส และไล่แอมโมเนียออกที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เส้นใยจะมีความชื้นสัมพัทธ์และการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการชุบมัน และสามารถย้อมด้วยสี CI Direct Red 2 และ CI Direct Blue 1 ได้สีเข้ม และอัตราการดูดซึมสีย้อมสูง

2.3.5 ประเด็นจากงานวิจัย

เนื่องจากใยฝ้ายเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติที่มีผู้นิยมนำมาทำเป็นเครื่องนุ่งห่มเป็นอันมาก และมีการพัฒนาและปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของใยฝ้ายให้ดีขึ้นโดยวิธีการชุบมัน ซึ่งสิ่งที่จะบอกได้ว่าการชุบมันที่ทำไปนั้นมีความสมบูรณ์เพียงใด คือการหาระดับของการชุบมัน โดยวิธีการหาระดับของการชุบมันที่นิยมทำกันโดยทั่วไปในปัจจุบันนี้ คือ การหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีแต่ก็ยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่เสียเวลามากในการทำการทดสอบและยิ่งถ้าผู้ที่ทำการทดสอบไม่มีความชำนาญยิ่งทำให้ค่าที่ได้มามีความน่าเชื่อถือน้อย จึงได้มีการคิดค้นวิธีการอื่น ๆ เพื่อวัดหาระดับการชุบมัน เนื่องจากฝ้ายที่ชุบมันแล้วจะมีลักษณะและโครงสร้างของเซลลูโลสที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ลักษณะที่เคยบิดเป็นเกลียวจะคลายตัวออกเป็นท่อตรง ระนาบมีความเสถียรมาก และทำให้ส่วนที่เป็นผลึกขยายตัวและอยู่กันอย่างหลวม ๆ มากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถดูดซึมสีและสารเคมีได้ดีขึ้น มีความเหนียวที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนที่เป็นผลึกกลายเป็นอสัณฐานมากขึ้น จากที่กล่าวมานี้ทำให้มีการวิเคราะห์กันว่าส่วนของโครงสร้างทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปเพราะผลจากการชุบมันน่าจะสัมพันธ์กับค่าแบเรียมแอกทิวิตีได้หรืออีกนัยหนึ่งสัมพันธ์กับระดับการชุบมันได้ การใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันหาดัชนีความเป็นผลึกเพื่อหาปริมาณของผลึกและอสัณฐานที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการชุบมัน การย้อมสีผ้าที่ผ่านการชุบมันและวัดค่าความเข้มของสีย้อมบนผ้า และการหาความแข็งแรงของผ้าชุบมัน น่าจะสัมพันธ์กับระดับของการชุบมัน หรือค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าชุบมัน โดยจะทำการชุบมันให้ผ้ามีระดับการชุบมันต่าง ๆ กัน เนื่องจากภาวะการชุบมันต่างกัน และทดสอบหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้า ดัชนีความเป็นผลึกในผ้า ความเข้มของสีผ้าและความแข็งแรงของผ้า แล้วสร้างกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าแบเรียมแอกทิวิตี กับ ดัชนีความเป็นผลึกในผ้า, ค่าแบเรียมแอกทิวิตี กับ ค่าความเข้มของสีผ้าย้อม และค่าแบเรียมแอกทิวิตี กับค่าความแข็งแรงของผ้า ซึ่งน่าจะแตกต่างกันบ้างสำหรับผ้าฝ้ายแต่ละชนิด เนื่องจากโครงสร้างของผ้า และเบอร์ของเส้นด้ายที่แตกต่างกัน แต่ในผ้าฝ้ายชนิดเดียวกันไม่ว่าจะชุบมันที่ภาวะเดิมกี่ครั้งก็ตาม ความสัมพันธ์ทั้งสามข้างต้นน่าจะกันแบบเดิมไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อได้กราฟความสัมพันธ์เหล่านี้แล้ว เมื่อชุบมันผ้าชนิดนี้ในครั้งต่อไป สามารถหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีของผ้าชุบมันได้จากกราฟนี้เมื่อทราบดัชนีความเป็นผลึกด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันหรือเมื่อทราบค่าความเข้มของสีผ้าย้อมหลังชุบมัน หรือเมื่อทราบค่า,

การย้อมสีผ้า หรือการหาความแข็งแรงของผ้าแทนการทดสอบหาค่าแบเรียมแอกทิวิตีที่ใช้เวลานาน และลำบาก