บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ฝ้าย (Cotton)

ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากพืช สามารถเพาะปลูกได้เกือบทุกแห่งในโลกยกเว้นบางประเทศที่มีอากาศหนาว เนื่องจากฝ้ายจะไม่เจริญเติบโตในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 21 องศาเซลเซียส [1] เส้นใยฝ้ายนั้นได้มาจากบริเวณส่วนขนที่ติดรอบเมล็ด โดยการนำเมล็ดฝ้าย (สมอฝ้าย) มาผ่านกระบวนการหีบฝ้ายเพื่อแยกเส้นใยและเมล็ดออกจากกัน จะได้ส่วนที่เป็นเส้นใยหรือเป็นขนที่มีลักษณะเป็นปุย ซึ่งจะต้องมีความยาวที่เหมาะสม จากนั้นจะนำไปอัดเป็นเบล(bale) เพื่อนำไปผ่านกระบวนการปั่นด้ายและผลิตเป็นเส้นด้ายต่อไป ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการหีบฝ้าย ได้แก่ ใยสั้น (cotton linter) ซึ่งเป็นเส้นใยที่ติดกับเมล็ดหลังการหีบฝ้ายก็จะนำไปผลิตเส้นใยเรยอนและเส้นใยแอซิเตท เปลือกฝ้าย (hulls) เป็นเปลือกนอกสุดของเมล็ดฝ้ายซึ่งมีไนโตรเจนสูง นำไปหมักทำปุ๋ย และใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนเมล็ดด้านใน (inner seed) มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบใช้ทำส่วนผสมของยา อาหาร และเครื่องสำอาง [2] ด้วยความที่ฝ้ายสามารถเจริญเติบโตได้ในหลายพื้นที่ของโลก ทำให้พันธุ์ฝ้ายมีความแตกต่างกันอย่างมาก เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ อาหารในดิน รวมทั้งศัตรูพืช โดยคุณภาพของเส้นใยฝ้ายขึ้นกับความขาว ความยาว ความละเอียดตลอดจนความแข็งแรง โดยปกติเส้นใยยิ่งยาวมากยิ่งมีความแข็งแรงสูง [1]

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ

ฝ้ายเป็นเส้นใยสั้นที่มีความยาวเส้นใยตั้งแต่ 1/8 – 2 ½ นิ้ว (3-63 มิลลิเมตร) ภายนอกมีลักษณะหยาบและค่อนข้างแบน บางช่วงเกลียวบิดตัวในทิศทางต่างกัน ถ้าตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าประกอบด้วย 3 ส่วนคือ เยื่อหุ้มชั้นนอก ผนังเซลล์ และเมื่อดูในลักษณะภาคตัดขวางพบว่ามีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วที่มีช่องตรงกลางกลวง [3] ดังแสดงในรูป 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้ายตามภาคตัดขวางและตามความยาว [1]

(a) ภาพวาดภาคตัดขวาง (b) ภาพวาดตามความยาว

2.1.1.1 **เยื่อหุ้มชั้นนอก** (cuticle) เป็นเยื่อหุ้มบางๆ หุ้มภายนอกเส้นใยทั้งหมด ประกอบด้วย ขี้ผึ้ง เพกติน และแร่ธาตุอื่นๆ

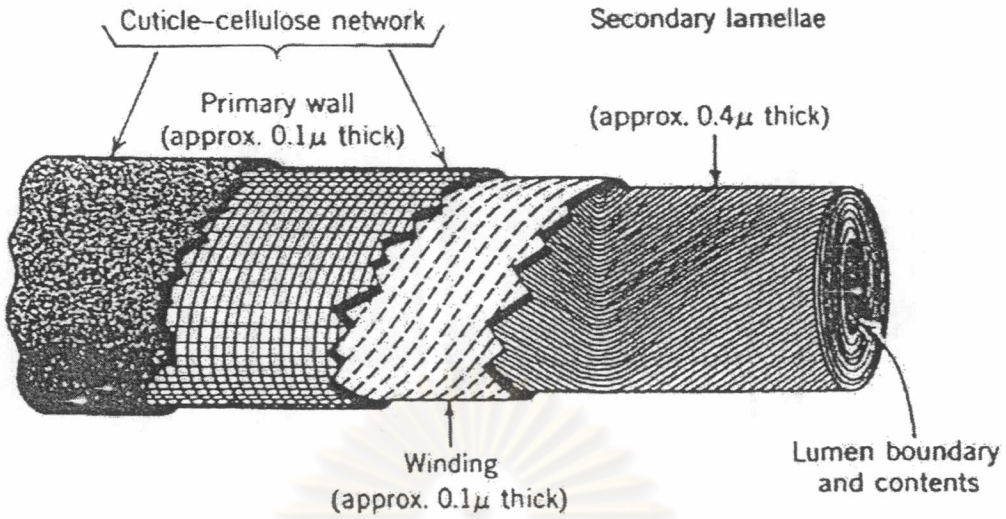
2.1.1.2 **ผนังเซลล์** (cell wall) ประกอบด้วยผนังชั้นนอก และผนังชั้นใน

ผนังชั้นนอก (primary wall) มีเซลลูโลสซึ่งประกอบด้วยไฟบริล (fibrils) เส้นเล็กๆ มีความต้านทานต่อกรดและสารเคมีทั่วไป [4]

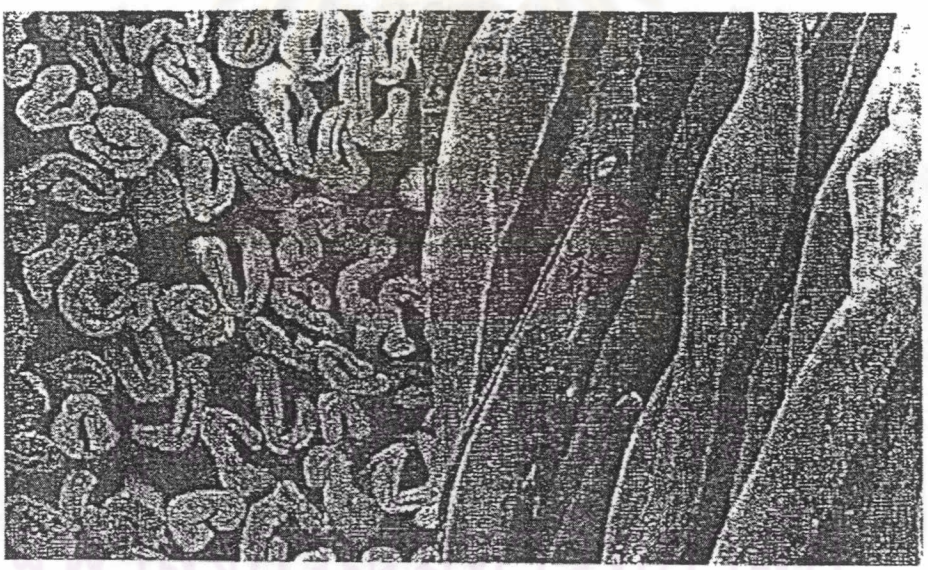
ผนังชั้นใน (secondary wall) อยู่ชิดกับผนังชั้นนอก เป็นผนังรูปวงแหวนซ้อนกันเป็นชั้นๆ ประกอบด้วยไฟบริลเล็กๆ เรียงตัวอยู่ในวงแหวนแต่ละรอบ มีขนาดไม่เท่ากัน

ผนังชั้นนอกและผนังชั้นใน จะมีใยเรียงตัวกันเป็นวงแหวนล้อมรอบลูเมนซึ่งอยู่ตรงกลาง วงแหวนนี้แสดงอายุของเส้นใย ฝ้ายที่แก่จะมีผนังชั้นในหนา

2.1.1.3 **ลูเมน** (lumen) คือช่องว่างตรงกลางภายในเซลล์มีลักษณะเป็นโพรง ใยฝ้ายสดที่อยู่ในเมล็ดฝ้ายจะมีน้ำอยู่ภายในลูเมนทำให้เส้นใยพองตัวตรง เมื่อเมล็ดฝ้ายแตกออก น้ำภายในลูเมนระเหยออกมาเกิดเป็นโพรงอากาศตรงช่องว่างลูเมน อากาศภายนอกกดดันให้โพรงอากาศแฟบลง เส้นใยแฟบและบิดตัว เมื่อเส้นใยแก่ตัวลงบริเวณลูเมนและช่องเล็กๆในผนังเซลล์จะยุบตัวลงทำให้ใยฝ้ายบิดตัวเป็นเกลียวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีเมื่อนำเส้นใยฝ้ายไปปั่นเป็นเส้นด้าย คือ ปั่นได้ง่าย เพราะเกลียวของเส้นใยทำให้เส้นใยยึดเกาะกันได้ดี



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยฝ้าย [5]

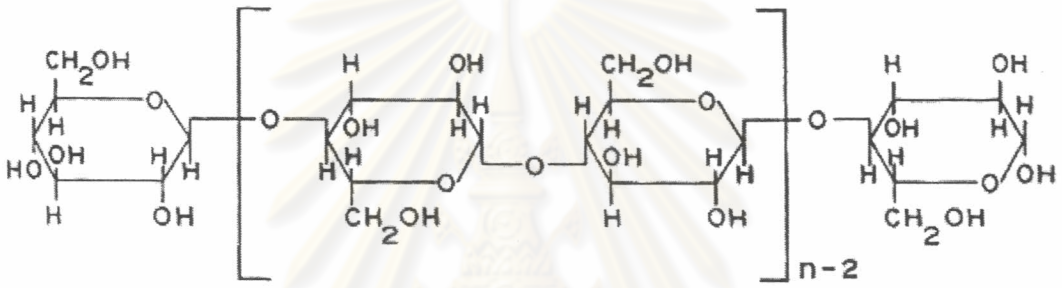


ภาคตัดขวาง รูปร่างตามยาว

รูปที่ 2.3 เส้นใยฝ้ายดิบจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด [6]

2.1.2 โครงสร้างทางเคมี

องค์ประกอบหลักทางเคมีของเซลลูโลสในใยฝ้ายคือคาร์บอน 44.4% ออกซิเจน 49.4% และไฮโดรเจน 6.2% [3] ใยฝ้ายมีส่วนประกอบเป็นเซลลูโลส 94% โมเลกุลของเซลลูโลสจะประกอบด้วยหน่วยขั้นพื้นฐานซึ่งเรียกว่า anhydro-D-glucose ($C_6H_{10}O_5$) ต่อกันเป็นสายโซ่โมเลกุลยาว ซึ่งในแต่ละหน่วยของกลูโคสประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทั้งหมด 3 หมู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2,3 และ 6 โดยกลูโคสแต่ละหน่วยมาเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 และ 4 ของกลูโคสคนละหน่วย ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส [7]

ลักษณะโครงสร้างทางเคมีนี้ทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงสูง ส่วนโครงสร้างบริเวณที่เป็นการต่อกันของธาตุ –C-O-C จะเป็นบริเวณที่ถูกทำลายได้ด้วยการเกิดออกซิเดชันหรือจากการถูกทำลายด้วยสภาพภูมิอากาศ ทำให้โมเลกุลขาดลงกลายเป็นส่วนเล็กๆคล้ายน้ำตาล และสลายเป็นอาหารของพืชและสัตว์ต่อไป [1]

2.1.2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยฝ้าย [2]

-เซลลูโลส	94.0%
-โปรตีน	1.3%
-สารเพกทิน	1.2%
-ขี้ผึ้ง (wax)	0.6%
-เถ้า (ash)	1.2%
-แร่ธาตุ กรดอินทรีย์และสารสี	1.7%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 สมบัติของเส้นใยฝ้าย

เส้นใยฝ้ายมีลักษณะภายนอกคล้ายหลอดแบนบิดขวั้นกันเป็นเกลียว พื้นที่หน้าตัดเป็นเม็ดถั่ว ตรงกลางเป็นรูซึ่งเกิดจากท่อส่งน้ำตามแกนกลางของเส้นใย ส่วนผิวของเส้นใยจะไม่เรียบและทึบแสง ซึ่งสมบัติอื่นๆ มีดังนี้

2.1.3.1 สมบัติทางกายภาพ

ความยาวเส้นใย เส้นใยแต่ละเส้นมีความยาวอยู่ในช่วง 1/8 – 2 ½ นิ้ว (3-63 มิลลิเมตร) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิอากาศและแหล่งที่ปลูก และโดยทั่วไปเส้นใยฝ้ายที่ยาวมีความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยฝ้ายที่สั้น

สี ปกติฝ้ายมีสีขาว บางชนิดอาจพบเป็นสีครีมหรือสีน้ำตาล

ความเงามัน โดยธรรมชาติฝ้ายมีความเงามันน้อย ยกเว้นกรณีที่ผ่านการทำเมอร์เซอไรส์แล้วความเงามันจะดีขึ้น

ความแข็งแรง ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงปานกลาง ความทนแรงดึง ณ จุดขาดประมาณ 3.0-5.0 กรัมต่อดีเนียร์ เมื่อเปียกน้ำฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 10-20 ฝ้ายที่ผ่านกระบวนการเมอร์เซอไรส์แล้วความแข็งแรงจะสูงขึ้น โดยทั่วไปความแข็งแรงของเส้นด้ายฝ้ายจะแปรตามความแข็งแรงของเส้นใยเมื่อนำมาตีเกลียวเป็นเส้นด้าย เส้นใยยาวจะมีส่วนสัมผัสและการเกาะกันของเส้นใยมากกว่าเส้นใยสั้น ทำให้เกิดแรงเสียดทานได้มากกว่าส่งผลให้การทนแรงดึงสูงขึ้น

การยืดตัว ฝ้ายเป็นเส้นใยที่มีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหมและขนสัตว์ เกลียวฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้มีการยืดตัวที่ดี และนำมาปั่นเป็นด้ายได้ง่ายสามารถยืดตัวได้ประมาณร้อยละ 3-7

การคืนตัวแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวภายหลังการถูกกดทับได้ต่ำ เกิดการยับได้ง่าย ในปัจจุบันมีการตกแต่งสำเร็จหลายวิธีที่จะช่วยให้ปัญหาของการยับลดลงในลักษณะที่เรียกกันว่า Wrinkle-free

การดูดซึมความชื้น ที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ฝ้ายมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้สูงถึงร้อยละ 7-10 และความแข็งแรงของฝ้ายสูงขึ้นเมื่อเปียก

ความร้อน ฝ้ายทนความร้อนได้ดี อุณหภูมิที่ใช้ในการรีดอาจสูงถึง 204-218 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้นๆ ฝ้ายเริ่มไหม้และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 246 องศาเซลเซียส ถ้าสูงกว่านั้นอาจถูกทำลายได้

การติดไฟ ฝ้ายติดไฟได้ง่ายและลุกไหม้อย่างรวดเร็ว มีกลิ่นคล้ายกระดาษไหม้ และมีเถ้า สีเทาที่เบานุ่ม

2.1.3.2 **สมบัติทางเคมี**

กรด กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย แต่ถ้าเป็นกรดประเภทกรดกำมะถันหรือกรดไฮโดรคลอริกจะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว และถ้าถูกกรดไนตริกทำปฏิกิริยาได้เซลลูโลสไนเทรตมีสมบัติเป็นวัตถุระเบิด

ด่าง ฝ้ายทนต่อสารละลายด่างได้ดี แม้ด่างแก่ที่ใช้เป็นสบู่ในการซักล้างก็ไม่มีผลต่อสมบัติของฝ้าย

สารละลายอินทรีย์ ฝ้ายสามารถซักแห้งได้เนื่องจากมีความสามารถทนทานต่อสารละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดีมาก

สารซักฟอก สารซักฟอกที่มีขายในท้องตลาดชนิดที่ฤทธิ์ไม่รุนแรงมากนักสามารถใช้ซักฟอกฝ้ายได้ แต่ต้องระวังเรื่องของความเข้มข้นและระยะเวลา ประกอบกับภายหลังการซักฟอกแล้วควรทำการซักล้างน้ำสะอาดออกให้หมด สารซักฟอกประเภทออกซิไดซิงที่มีฤทธิ์รุนแรง เช่น โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต และโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีผลทำให้ฝ้ายเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นสภาพที่ เรียกว่า ออกซีเซลลูโลส (oxycellulose) ที่มีสมบัติอ่อนแอกว่าฝ้ายปกติขาดง่ายเมื่อเปียก และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

แสง ฝ้ายถูกแสงแดดทำให้เกิดการออกซิไดซ์เป็นออกซีเซลลูโลสเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมคุณภาพลง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้งานของฝ้ายไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรงเป็นระยะเวลานานๆ

2.1.3.3 **สมบัติทางชีวภาพ**

ราและแมลง ปกติผ้าฝ้ายทอเกิดราได้ง่ายเนื่องจากการลงแป้งทำให้เป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของรา ปัญหานี้แก้โดยการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายภายหลัง สำหรับแมลงก็เช่นกันเป็นปัญหาที่สืบเนื่องมาจากแป้งที่ตกค้างในฝ้ายมากกว่าสืบเนื่องจากเส้นใยฝ้ายเอง

2.1.4 การใช้งาน

ด้วยสมบัติที่ดีเด่นมากมายของฝ้ายทั้งด้านความแข็งแรง ความทนทาน ความสามารถในการดูดซึมความชื้น การใช้งานหลากหลาย สามารถนำใยฝ้ายมาปั่นเป็นด้ายได้แทบทุกระดับของความละเอียด ทอเป็นผ้าได้ทุกโครงสร้าง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากฝ้ายเป็นที่นิยมและใช้กันมาตลอด มีผลิตภัณฑ์มากมายที่ไม่สามารถใช้เส้นใยอื่นมาผลิตทดแทนเส้นใยฝ้ายได้ เช่น กางเกงยีน ผ้าปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังสามารถใช้เส้นใยฝ้ายผสมร่วมกับเส้นใยชนิดอื่นทั้งใยธรรมชาติและใยสังเคราะห์ ที่รู้จักกว้างขวางมากก็คือการผสมเส้นใยฝ้ายกับเส้นใยพอลิเอสเทอร์สำหรับผลิตผ้า T/C คือ การผสมแบบมาตรฐานระหว่างใยพอลิเอสเทอร์กับใยฝ้ายในอัตราส่วนผสม 65 ต่อ 35 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถตกแต่งสำเร็จให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติเหมาะกับการใช้งานมากขึ้นได้แก่ การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายให้ต้านทานรังสียูวี ตกแต่งให้ผ้าสะท้อนน้ำ และตกแต่งให้ผ้าต้านทานเชื้อแบคทีเรียได้

2.2 การเตรียมผ้าฝ้าย

ก่อนที่จะนำผลิตภัณฑ์สิ่งทอไปทำการย้อม พิมพ์ หรือตกแต่งสำเร็จ ผลิตภัณฑ์นั้นต้องผ่านการเตรียมให้ได้สมบัติที่เหมาะสมก่อนที่จะนำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป ซึ่งการเตรียมผ้าฝ้ายเพื่อให้สามารถย้อมสีและตกแต่งสำเร็จผ้าได้ง่ายและมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องขจัดสิ่งเจือปนและสิ่งสกปรกที่ติดมากับเส้นใยเสียก่อน รวมทั้งต้องกำจัดแป้งบนผ้าทอออกด้วย และถ้าต้องการให้ผ้าขาวขึ้นก็จำเป็นต้องฟอกผ้าด้วย ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การลอกแป้ง

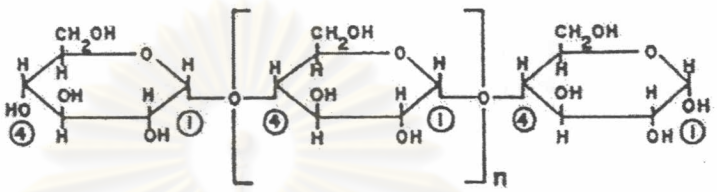
เป็นกระบวนการกำจัดแป้งที่อยู่บนเส้นด้ายยืนของผ้าทอออก ทำให้ผ้านุ่มและสะอาดขึ้น ช่วยให้ผ้าสามารถดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น แป้งบนผ้าทออาจเป็นแป้งธรรมชาติหรือแป้งดัดแปรหรือแม้กระทั่งแป้งสังเคราะห์ ดังนี้

2.2.1.1 แป้งธรรมชาติ

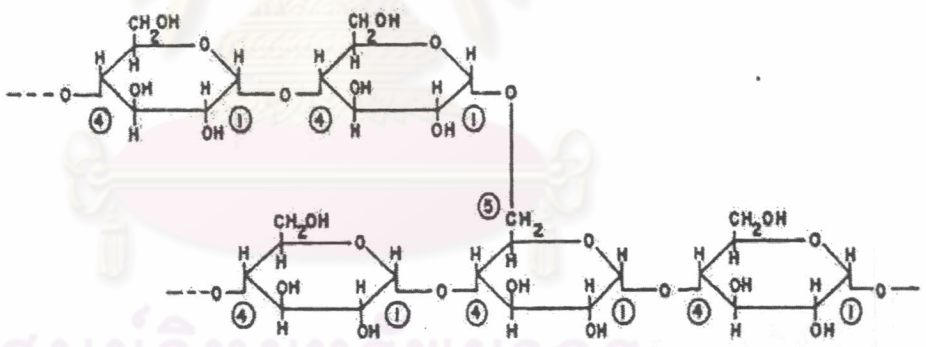
โครงสร้างมีลักษณะคล้ายเซลลูโลสซึ่งแป้งต่างๆ จะมีสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินต่างกัน ในประเทศไทยจะใช้แป้งมันสำปะหลังเคลือบลงบนเส้นด้ายยืนก่อนนำไปทอผ้า ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้แป้งข้าวโพด แป้งธรรมชาติประกอบด้วยส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน ดังนี้

- อะไมโลส มีโครงสร้างเป็นสายโซ่เส้นตรงดังรูปที่ 2.5 มีปริมาณร้อยละ 25 สามารถละลายได้ในน้ำและทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนได้สีน้ำเงิน

- อะไมโลเพกทิน มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงและร่างแหดังรูปที่ 2.6 มีปริมาณร้อยละ 75 ไม่สามารถละลายได้ในน้ำจึงทำให้กำจัดออกได้ยากและทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนได้สีม่วง



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส [7]



รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของอะไมโลเพกทิน [7]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1.2 แป้งสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์

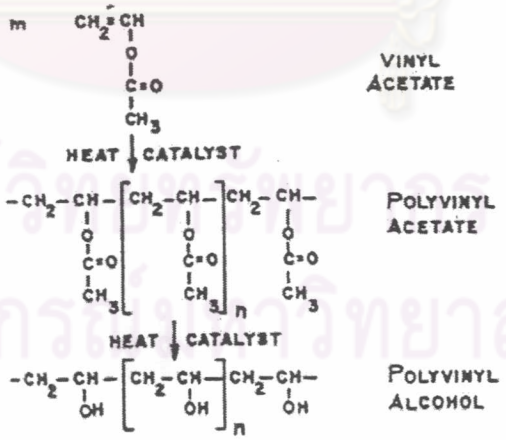
แป้งสังเคราะห์ชนิดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์หรือพีวีเอเป็นแป้งสังเคราะห์ที่เริ่มมีจำหน่ายครั้งแรกในปี พ.ศ. 2482 สามารถนำมาใช้เป็นแป้งเคลือบเส้นด้ายยืนก่อนนำไปทอผ้า ปัจจัยพื้นฐาน 2 อย่างที่มีอิทธิพลต่อการละลายน้ำของแป้งชนิดนี้คือ น้ำหนักโมเลกุลและระดับการเกิดไฮโดรไลซิสของแป้ง ซึ่งแป้งที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันจะมีความหนืดแตกต่างกันด้วย พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้ดังนี้

- พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดความหนืดสูง
- พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดความหนืดปานกลาง
- พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ชนิดความหนืดต่ำ

ซึ่งความสามารถในการละลายน้ำของแป้งชนิดนี้จะมากขึ้นเมื่อน้ำหนักโมเลกุลลดลง ส่วนอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการละลายน้ำของแป้งคือการเกิดไฮโดรไลซิส โดยที่สามารถแบ่งชนิดของแป้งตามการเกิดไฮโดรไลซิสได้เป็น 3 ชนิดดังนี้

- แป้งที่ถูกไฮโดรไลซ์ทั้งหมด นิยมใช้เคลือบเส้นด้ายที่ผลิตจากเส้นใยพืช เช่น ฝ้าย เรยอน มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลอยู่มากราวร้อยละ 98-99 ดังนั้นจึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนยึดเกาะกับเส้นใยพืชได้ดี การลอกแป้งชนิดนี้ออกจากเส้นด้ายจำเป็นต้องใช้น้ำร้อนผสมด่างอ่อนๆ
- แป้งที่ถูกไฮโดรไลซ์ส่วนหนึ่ง จะมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ราวร้อยละ 95-97
- แป้งที่ถูกไฮโดรไลซ์บางส่วน นิยมใช้เคลือบเส้นด้ายที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ราวร้อยละ 85-95 การลอกแป้งชนิดนี้ออกจากเส้นด้ายสามารถกระทำได้ง่ายโดยล้างออกในน้ำเย็น

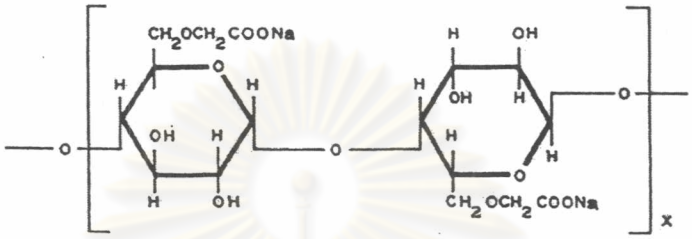
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในทางการค้าผลิตจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของไวนิลอะซิเตทเป็นพอลิไวนิลอะซิเตทที่มีกิ่งสายโซ่เอสเทอร์อยู่ในโครงสร้าง จากนั้นทำปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ไลซิสแทนที่หมู่เอสเทอร์ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [8]

2.2.1.3 แป้งกึ่งสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC)

มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลสและมีหมู่ไฮดรอกซิล จึงเหมาะที่จะใช้เคลือบเส้นด้ายที่ผลิตจากเส้นใยพืช แป้งชนิดนี้เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสกับกรดโมโนคลอโรอะซิติก สามารถละลายน้ำได้ดี มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส [9]

2.2.1.4 สารออกซิไดซิง

โดยทั่วไปการลอกแป้งธรรมชาติจะนิยมใช้เอนไซม์ ส่วนพอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถลอกออกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และสารช่วยเปียก น้ำอุ่นจะใช้สำหรับลอกแป้งคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ส่วนการลอกแป้งด้วยสารออกซิไดซิงสามารถใช้สารเคมี ดังนี้

2.2.1.4.1 โซเดียมไฮโปคลอไรท์

นำมาใช้เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนตามธรรมชาติออกจากเส้นใย แต่ต้องใช้เวลานานถึง 4 ชั่วโมง สามารถใช้สารนี้ฟอกเส้นใยไปพร้อมกับการกำจัดสิ่งเจือปนได้

2.2.1.4.2 โซเดียมคลอไรท์

นำมาใช้สำหรับการลอกแป้งออกจากผ้าในภาวะด่าง และตามด้วยการฟอกผ้าในภาวะกรด

2.2.1.4.3 โซเดียม โบรไมท์

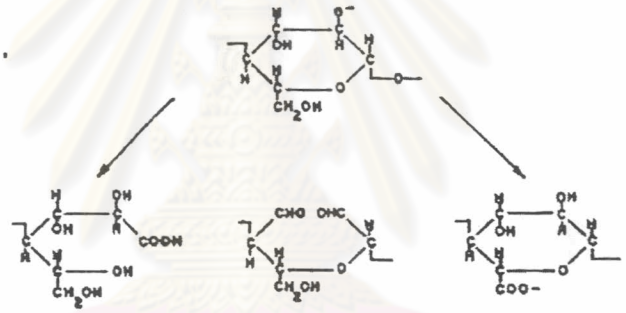
ในการลอกแป้งจะใช้โบรไมท์อิออนประมาณร้อยละ 28 และถ้าเป็นการกำจัดสิ่งเจือปนในเส้นใยฝ้ายจะใช้โบรไมท์อิออนประมาณร้อยละ 50 การลอกแป้งนี้ทำให้ผ้าขาวขึ้นด้วย การซักล้างด้วยสารละลายด่างที่ร้อนหลังจากการลอกแป้งจะช่วยให้แป้งหลุดออกจากผ้าได้ดีขึ้น

2.2.1.4.4 กรดโมโนเปอร์ออกซีโมโนซัลฟูริก

เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกรดซัลฟูริกหรือการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยกรดของแอมโมเนียมเปอร์ออกซีไดซัลเฟต โดยสามารถนำกรดที่เกิดขึ้นมาลอกแป้งได้ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้เวลาหลายชั่วโมง จากนั้นจึงนำผ้าไปซักล้าง จะได้ผ้าที่ขาวและดูดซึมน้ำดี

2.2.1.4.5 เปอร์ออกซีไดซัลเฟต (เปอร์ซัลเฟต)

เปอร์ซัลเฟตสามารถนำมาใช้ลอกแป้งบนผ้าเพื่อปรับปรุงสมบัติการดูดซึมน้ำ โดยส่วนมากจะนิยมใช้โซเดียมเปอร์ซัลเฟต เนื่องจากโซเดียมเปอร์ซัลเฟตมีความสามารถในการละลายน้ำสูงและไม่ปล่อยแก๊สพิษออกมา จึงมักถูกใช้เพื่อการลอกแป้งร่วมกับการกำจัดสิ่งสกปรกผ้าที่มีแป้งธรรมชาติและผ้าที่มีแป้งสังเคราะห์ (พอลิไวนิลแอลกอฮอล์) แต่กระบวนการนี้สามารถทำลายเส้นใยได้โดยการเปลี่ยนจากเซลลูโลสเป็นออกซีเซลลูโลส ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเกิดออกซีเซลลูโลส [10]

2.2.1.4.6 โปแทสเซียม เปอร์ออกซีไดฟอสเฟต (เปอร์ฟอสเฟต)

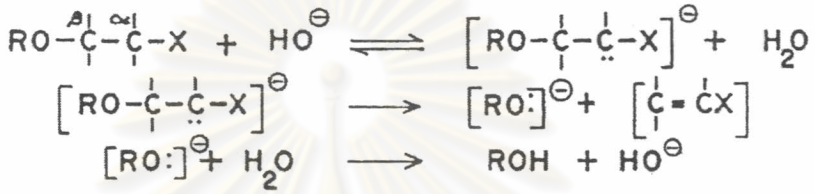
สารเคมีชนิดนี้มีราคาแพงกว่าเปอร์ซัลเฟตแต่ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน เหมาะสำหรับใช้ลอกแป้งผ้าที่มีแป้งธรรมชาติและผ้าที่มีแป้งสังเคราะห์ (พอลิไวนิลแอลกอฮอล์) ซึ่งการลอกแป้งจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อกระทำในภาวะด่าง

2.2.1.4.7 ออร์แกนิกส์ เปอร์แอซิด (กรดอินทรีย์)

ตัวอย่างสารออร์แกนิกส์ เปอร์แอซิดประเภทนี้ คือ เปอร์อะซิติกแอซิด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลอกแป้งสูงกว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถใช้เดี่ยวๆ หรืออาจใช้ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก็ได้

2.2.1.4.8 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

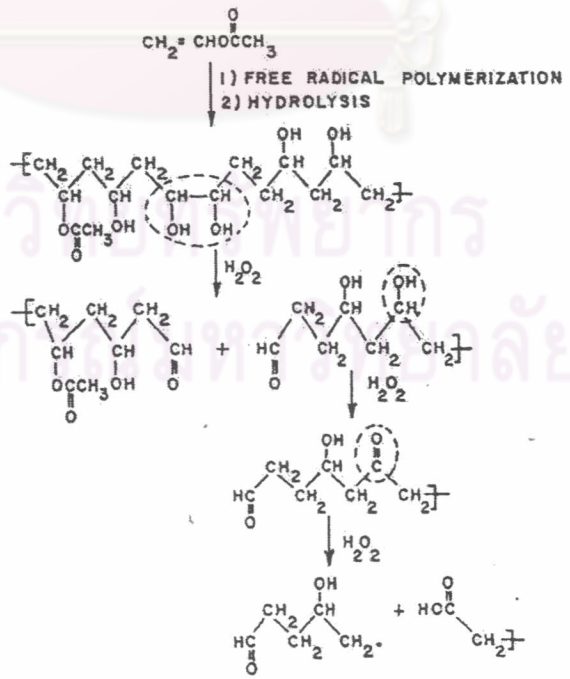
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถใช้ลอกแป้งได้ทุกชนิดที่ภาวะต่าง สำหรับแป้งธรรมชาติ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะออกซิไดซ์หมู่ไฮดรอกซิลและหมู่คาร์บอกซิลที่ปลายสายโซ่ของโมเลกุลแป้งและกำจัดไฮโดรเจนอะตอมออกไป โดยจะไปตัดสายโซ่โมเลกุลของแป้งให้สั้นลงตรงพันธะกลูโคซิดิก ซึ่งส่งผลให้พันธะขาดและกลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็กๆ เช่น เดกทริน มอลโทส ที่สามารถละลายน้ำ แยกตัวออกจากผ้าได้ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2.10



หมายเหตุ X คือ หมู่ที่มีอิเล็กตรอนประจุลบ

รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแป้งธรรมชาติ [11]

สำหรับการลอกแป้งสังเคราะห์ (พอลิไวนิลแอลกอฮอล์) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะเข้าไปทำลายโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ทำให้สามารถละลายน้ำได้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [12]

เนื่องจากแป้งบนผ้าทอมีหลายชนิด ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้กระบวนการ ลอกแป้งที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมีหรือเอนไซม์ด้วยระบบแช่หรือระบบจุ่มอัด แล้วจึงอบไอน้ำหรือหมักทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นจึงนำไปซักล้างให้สะอาด โดยทั่วไปการกำจัดแป้งสามารถทำได้ 4 วิธีคือ

1. การหมัก (rot steeping) เป็นการย่อยสลายแป้งด้วยวิธีธรรมชาติ กระทำโดยการหมักผ้าที่มีแป้งกับน้ำ แล้วให้จุลชีพที่มีในธรรมชาติช่วยย่อยสลายแป้ง โมเลกุลของแป้งถูกย่อยสลายให้เล็กลงจนสามารถละลายน้ำได้ แต่วิธีนี้ต้องเสียเวลาในการหมักค่อนข้างนาน

2. การใช้กรด (acid steeping) เป็นการใช้กรดทำปฏิกิริยากับแป้งเพื่อการย่อยสลาย แต่ต้องระวังและควบคุมภาวะของการใช้กรดให้พอดีทั้งชนิด ความเข้มข้น อุณหภูมิและระยะเวลา เนื่องจากกรดอาจทำลายเส้นใยบางชนิดได้

3. การใช้เอนไซม์ (enzymatic desizing) เป็นวิธีการที่มีความนิยมเพิ่มขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากความพยายามในการหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี แล้วหันมาใช้เอนไซม์เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะมีต่อสภาพแวดล้อม เอนไซม์ที่เลือกใช้มีทั้งที่ได้จากพืชหรือจากสัตว์และโดยทั่วไปจะไม่ทำลายเส้นใย

4. การใช้สารออกซิไดซิง (oxidative desizing) เป็นสารประกอบประเภทเปอร์ซัลเฟตหรือเปอร์ออกไซด์ ซึ่งในโรงงานทั่วไปมักนิยมใช้วิธีนี้ เพราะสารดังกล่าวยังทำหน้าที่เป็นสารฟอกขาวไปในตัวด้วย แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดผลเสียต่อเส้นใยด้วย

ซึ่งผลจากการลอกแป้งออกจากผ้าทอจะทำให้ผ้าเปียกน้ำได้ดีและสม่ำเสมอขึ้น เป็นผลให้กระบวนการผลิตขั้นต่อไปมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประหยัดเวลาและสารเคมี ทั้งยังทำให้ผ้านุ่ม ไม่หยาบกระด้าง

2.2.2 การกำจัดสิ่งสกปรก

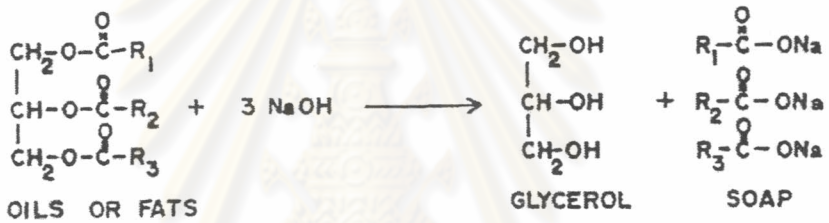
สำหรับเส้นใยฝ้ายมักจะมีสิ่งเจือปนตามธรรมชาติได้แก่ สารขี้ผึ้ง (wax) ขี้ผึ้งเทียม (wax-like substance) เพกทิน โปรตีน เศษใบไม้ และเปลือกเมล็ดฝ้าย เป็นต้น จึงจำเป็นจะต้องมีการกำจัดสิ่งสกปรกออกก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการขั้นต่อไป การกำจัดสิ่งสกปรกเป็นกระบวนการทำความสะอาดเส้นใยโดยจะทำให้โมเลกุลอ่อนตัวลงหรือโครงสร้างหลวมขึ้น ด้วยการใช้ด่าง เช่น โซดาไฟ หรือโซดาแอช เป็นต้น และน้ำสบู่ เป็นตัวหลักนอกจากนั้นก็มีสารที่เป็นตัวช่วยในการจับไอออนของโลหะผสมด้วย โดยสารละลายโซดาไฟที่ร้อนจะทำให้ฝ้ายพองตัว สิ่งสกปรกในเส้นใยบางส่วนถูกเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายน้ำได้ บางส่วนถูกกำจัดออกไปเป็นสารแขวนลอย โซดาไฟ

นอกจากทำหน้าที่ย่อยสลายสิ่งสกปรกต่างๆ ที่อยู่บนเส้นใยแล้ว บางส่วนยังถูกเส้นใยฝ้ายดูดซับไว้ด้วย ดังนั้นการกำจัดสิ่งสกปรกบนฝ้ายให้สมบูรณ์จึงต้องใช้ปริมาณโซดาไฟที่ไม่น้อยเกินไป หลังจากฝ้ายผ่านการแช่ในอ่างน้ำยาที่ผสมตามสูตรที่ต้องการแล้ว จึงนำไปหมักในตู้อบไอน้ำ จากนั้นตามด้วยการซักล้างและทำให้แห้ง ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการนี้แล้วเส้นใยจะสะอาด มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดี เปียกได้ง่ายและดูดซึมสารเคมีต่างๆได้สม่ำเสมอ

โดยทั่วๆ ไป ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวกับการกำจัดสิ่งสกปรกมี 2 ปฏิกิริยา คือ

1. ปฏิกิริยา saponification

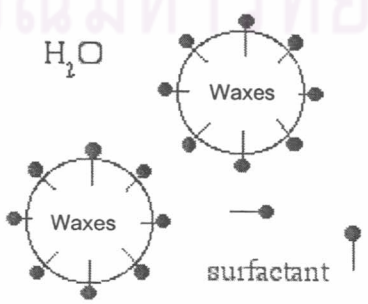
เป็นการกำจัดน้ำมันและไขมันในรูปของไตรกลีเซอไรด์ออกจากเส้นใยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อน ซึ่งโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับน้ำมันหรือไขมันได้สารประกอบที่อยู่ในรูปของกลีเซอรอลที่ละลายน้ำได้และสบู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ปฏิกิริยา saponification [13]

2. ปฏิกิริยา emulsification

ในกรณีที่สิ่งสกปรกบนผ้าเป็นสารที่ไม่ละลายในด่าง เช่น ขี้ผึ้ง เศษดิน เป็นต้น ก็จะใช้สารลดแรงตึงผิว (surfactant) น้ำสบู่หรือผงซักฟอกทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม โดยจะไปล้อมรอบสิ่งสกปรกเหล่านี้โดยจะหันด้านที่ไม่มีขั้วเข้าหาสิ่งสกปรกแล้วหันด้านที่มีขั้วหาน้ำ จากนั้นจึงดึงสิ่งสกปรกแยกออกมาจากผ้ากลายเป็นสารแขวนลอยอยู่ในน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ปฏิกิริยา emulsification [14]

2.2.3 การฟอกขาว

เป็นขั้นตอนที่เน้นการทำให้ผ้าขาวสะอาดพร้อมที่จะนำไปย้อมสีหรือพิมพ์ลายต่อไป โดยจะทำลายสารที่มีสีบนเส้นใยที่ติดมาตามธรรมชาติหรือจากการปนเปื้อนมาจากขั้นตอนการปั่น ทอ หรือถักจนได้เป็นผ้าผืน การฟอกขาวนี้ส่วนใหญ่นิยมกระทำกับผ้าที่จะนำไปย้อมสีขาวหรือย้อมสีอ่อน เพื่อทำให้ได้ความขาวหรือได้สีที่สดใส สำหรับผ้าที่นำไปย้อมสีเข้มอาจไม่จำเป็นต้องฟอกขาวก็ได้ ส่วนเส้นใยสังเคราะห์ซึ่งค่อนข้างสะอาดและขาวอยู่แล้วอาจไม่จำเป็นต้องฟอกขาวเช่นกัน ยกเว้น กรณีที่ต้องการได้ผ้าขาวมากๆ หรือกรณีที่เป็นผ้าใยผสมระหว่างฝ้ายกับใยสังเคราะห์ สำหรับเส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย มักมีสารที่มีสีติดมาตามธรรมชาติ ทำให้เส้นใยมีสีออกเหลือง บางครั้งจึงจำเป็นต้องฟอกขาวฝ้าย ซึ่งชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการฟอกจะขึ้นอยู่กับชนิดของผ้า โดยสารที่ใช้อาจเป็นประเภทออกซิไดซ์หรือรีดิวซ์ ซึ่งสารออกซิไดซิงที่นิยมนำมาฟอกขาวผ้ามีอยู่หลายชนิด เช่น

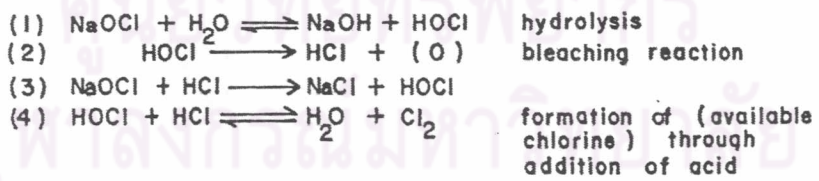
1). ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

2). โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl)

3). โซเดียมคลอไรท์ ($NaClO_2$)

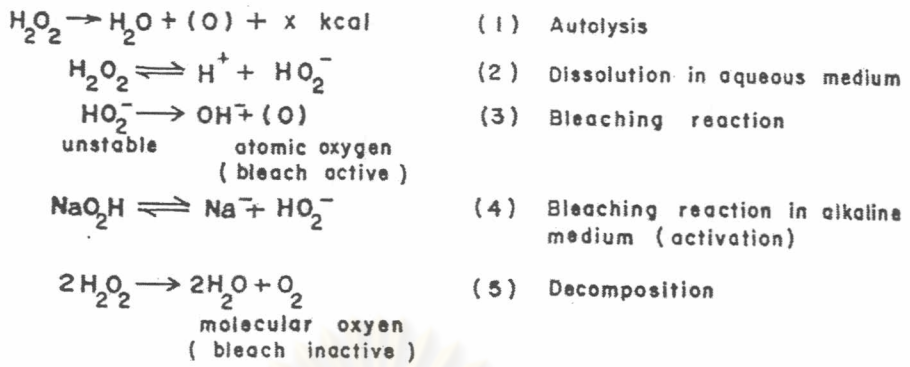
4). โซเดียมเปอร์ซัลเฟต ($Na_2S_2O_8$)

และในปัจจุบันนี้ได้ลดการใช้สารโซเดียมไฮโปคลอไรท์และโซเดียมคลอไรท์ลงมากแล้ว สำหรับการฟอกด้วยไฮโปคลอไรท์ ในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะให้ไฮโดรคลอรัส (HOCl) และด่าง (NaOH) ออกมา ซึ่งไฮโดรคลอรัสนี้ไม่เสถียรจึงแตกตัวให้ออกซิเจนอะตอมออกมาในปฏิกิริยาการฟอก ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กลไกการเกิดปฏิกิริยาในการฟอกด้วยไฮโปคลอไรท์ [15]

ส่วนการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นที่นิยมกันมากในทางอุตสาหกรรม โดยจะต้องกระทำในภาวะด่างที่ pH สูงๆ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวให้เปอร์ไฮดรอกซีอิออน (HO_2-) เป็นหมู่ฟอกซึ่งจะไม่เสถียรอย่างมาก กลไกการเกิดปฏิกิริยาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 กลไกการเกิดปฏิกิริยาสำหรับการฟอกด้วยเปอร์ออกไซด์ [15]

ทั้งนี้การฟอกขาวที่สมบูรณ์จะให้ผลดังนี้

1). ได้ผ้าที่มีความขาวสม่ำเสมอ

2). ผ้าที่ฟอกแล้วต้องสามารถดูดซึมสีย้อมและสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ

3). ผ้าไม่เปื่อย

ซึ่งการฟอกขาวนี้จะต้องมีการเติมสารช่วยเสถียร (stabilizer) ลงไปด้วย เพื่อไม่ให้สารฟอกขาวนั้นแตกตัวเร็วเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพในการฟอกลดลง นอกจากนี้สารออกซิไดซิงยังทำให้ความเหนียวของเส้นใยลดลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซีเซลลูโลส โดยจะเกิดการทำลายสายโซ่โมเลกุลของเส้นใยเซลลูโลสดังรูปที่ 2.9 เนื่องจากกระทำในภาวะที่รุนแรง เช่น ในสารละลายด่างและใช้อุณหภูมิสูง ทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีความแข็งแรงลดลง ดังนั้นจึงต้องควบคุมภาวะในการฟอกให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ผ้าที่ขาวตามต้องการและยังสามารถรักษาความแข็งแรงของผ้าไว้ให้มากที่สุด

จากกระบวนการดังกล่าวที่ประกอบด้วยหลายขั้นตอน ปัจจุบันได้มีการรวมขั้นตอนต่างๆ ให้เป็นขั้นตอนเดียวได้ ซึ่งทำให้เป็นการประหยัดทั้งเวลา สารเคมี และพลังงานได้ ดังนี้

2.2.4 การลอกแป้ง กำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวผ้าในขั้นตอนเดียว

กระบวนการนี้จะเป็นการรวมขั้นตอนทั้ง 3 คือ ลอกแป้ง กำจัดสิ่งสกปรกและฟอกขาวเข้าด้วยกัน ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมในทางอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการลดขั้นตอนจากหลายขั้นตอนให้รวมเป็นขั้นตอนเดียวกันได้ โดยทั่วไปสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการขั้นตอนเดียวประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ สารช่วยเปียก สารจับโลหะหนัก สารช่วยเสถียร และสารเคมีที่

ใช้ในการฟอกขาว ซึ่งในทางอุตสาหกรรมนิยมใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำได้ไม่ซับซ้อนทั้งยังเป็นการช่วยประหยัดเวลาและงบประมาณได้อย่างดี จึงน่าจะเป็นที่นิยมกันแพร่หลายได้ในอนาคต

2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารออกซิไดซิงที่นิยมใช้สำหรับการฟอกผ้า แต่ก็สามารถนำมาเป็นสารลอกแป้งได้ มีสูตรทางเคมีคือ H_2O_2 เป็นสารเคมีที่สามารถฟอกขาวเส้นใยได้ทุกชนิด ใช้งานง่าย ทั้งยังสามารถใช้ในการฟอกขาวได้ทั้งกระบวนการฟอกร้อนและฟอกเย็น จะมีความเสถียรในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด แต่จะสลายตัวเมื่อถูกเร่งด้วยความร้อน อิออนของโลหะหนักและด่าง โดยทั่วไปการฟอกขาวโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โซดาไฟ (ปรับ pH~11.5) และสารช่วยเสถียร จะทำให้การฟอกมีความสม่ำเสมอ ได้ผ้าขาวและดูดซึมน้ำดี เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อเก็บตามสภาพปกติมีการสลายตัวช้า แต่เมื่อเติมด่าง (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ลงไปจะเป็นการกระตุ้นให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกตัวให้สารฟอก (perhydroxyl anion : ^{-}OOH) อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องมีตัวควบคุมปฏิกิริยาไม่ให้เกิดเร็วเกินไปด้วยการเติมสารช่วยเสถียร ซึ่งสารช่วยเสถียรที่นิยมใช้คือ โซเดียมซิลิเกต [3] สำหรับในน้ำที่มีเกลือหรืออิออนของโลหะหนักละลายอยู่(โดยทั่วไปพบอิออนของเหล็ก) จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สลายตัวเร็วขึ้น ทำให้ใยฝ้ายเปื่อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดเป็นรูพรุนเล็กๆ (pin hole) ในกรณีเช่นนี้ต้องใช้สารจับโลหะหนักใส่ในสารฟอกด้วยเพื่อจับอิออนของโลหะหนักเหล่านี้ไว้ ทำให้ลดปัญหาของผ้าเปื่อยหรือขาดเป็นรูได้ ปัจจุบันมีสารช่วยเสถียรสำหรับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ไม่ใช่ซิลิเกต มีข้อดีคือ ไม่มีคราบจับบนผ้าและบนเครื่องจักร บางชนิดทำตัวเป็นสารจับโลหะหนักได้ด้วย ทั้งนี้การเลือกใช้สารช่วยเสถียรที่เหมาะสมนอกจากจะทำให้ฟอกผ้าได้ขาว ไม่ขาดเป็นรูหรือเปื่อยแล้ว ยังทำให้ต้นทุนต่ำด้วย เนื่องจากสารช่วยเสถียรแต่ละชนิดมีราคาแตกต่างกัน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำผ้าฝ้ายมาลอกแป้ง/กำจัดสิ่งสกปรก/ฟอกขาว ในขั้นตอนเดียวกัน ได้แก่

Jinhua Wang และคณะ [16] ได้ศึกษาการผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกระบวนการในขั้นตอนเดียวสำหรับการฟอกเส้นใย Kenaf ซึ่งเส้นใย Kenaf สามารถย่อยสลาย

ได้ทางชีวภาพ จะใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกร่วมกับโซเดียมไพโรฟอสเฟตและซิลวาทอล ภาวะที่เหมาะสมคือ โซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 5 ซิลวาทอลร้อยละ 5 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1.5 ที่ pH 10.5 อุณหภูมิ 96 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที โดยเส้นใยจะมีความขาวเท่ากับ 46.26 และมีความแข็งแรงเท่ากับ 17.49 กรัมต่อเทกซ์

A. Losonczi และคณะ [17] ได้ศึกษาผลการใช้กรดเอทิลีนไดเอมีนเทตระอะซิติก (EDTA) เป็นสารจับโลหะหนักร่วมกับเอนไซม์เพกทิเนสและเอนไซม์ไซลาเนสในการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยวิธีชีวภาพของฝ้าย พบว่าสามารถกำจัดแคลเซียมอิออนออกได้ดีกว่าการใช้ EDTA หรือเอนไซม์เดี่ยวๆ โดยมีแคลเซียมอิออนตกค้างอยู่บนผ้า 11,900 ppm และ 16,800 ppm จากที่มีอยู่เดิม 34,900 ppm สำหรับเอนไซม์เพกทิเนสและเอนไซม์ไซลาเนส ตามลำดับ โดยใช้ภาวะที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง liquor ratio 1:100 สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ 1 มิลลิลิตรต่อลิตร สำหรับเอนไซม์เพกทิเนสใช้ความเข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่ pH 5 และเอนไซม์ไซลาเนสความเข้มข้น 4 มิลลิลิตรต่อลิตร ที่ pH 7

H. M. Wang และคณะ [18] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดเพกทินและลิกนินด้วยกระบวนการทางเคมีของเส้นใยป่านเฮมพ์ พบว่าทั้งเพกทินและลิกนินเป็นส่วนที่ไม่ใช่เซลลูโลส ซึ่งหลักสำคัญในการเตรียมเส้นใยสำหรับการใช้งานด้านสิ่งทอ คือการกำจัดสิ่งที่ไม่ใช่เซลลูโลสออกโดยไม่ให้เส้นใยถูกทำลาย การใช้สารละลายด่างร้อนเพื่อกำจัดเพกทินและลิกนินก็เป็นส่วนสำคัญที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการนี้ เนื่องจากจะทำให้ไม่มีเพกทินหลงเหลืออยู่แต่จะมีลิกนินตกค้างอยู่บ้าง ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลไฟท์ก็มีความสำคัญต่อผลการกำจัดลิกนินด้วย ซึ่งปริมาณของลิกนินจะมีต่างๆ กันตามลำต้นของป่านเฮมพ์ ทั้งนี้การฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะสามารถกำจัดเพกทินและลิกนินออกไปได้และทำให้เส้นใยขาวขึ้น เพราะลิกนินจะถูกกำจัดออกไปได้ด้วยกรด โดยภาวะที่ใช้ในกระบวนการกำจัดสิ่งสกปรก คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.8 โซเดียมซิลิเกตความเข้มข้นร้อยละ 4.5 โซเดียมลอริลซัลเฟตร้อยละ 0.08 อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ส่วนกระบวนการฟอกภาวะที่ใช้ คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาณ 6 มิลลิลิตรต่อลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 2 กรัมต่อลิตร โซเดียมซิลิเกตปริมาณ 2 มิลลิลิตรต่อลิตร โซเดียมลอริลซัลเฟตร้อยละ 0.08 ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที

Nevin Cigdem Gursoy และคณะ [19] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไพริดีนเป็นตัวเร่งกรดเปอร์อะซิติกในกระบวนการลอกแป้งและฟอกขาวไปพร้อมๆ กันของผ้าฝ้าย ซึ่งกรดเปอร์อะซิติกเป็นสารที่ได้จากอะซิติกแอนไฮไดร์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติจึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้คือผ้ามีค่าความขาวเกิน 75 โดยวัดจากร้อยละของการดูดกลืน

แสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร และการดูดซึมน้ำใช้เวลาน้อยกว่า 60 วินาที โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร อะซิติกแอนไฮไดร์ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิที่ใช้คือ 45 องศาเซลเซียส เวลา 52.5 นาที และ pH 7.25

El-Rafie, M. H และคณะ [20] ได้ศึกษาการเร่งการฟอกขาวของผ้าฝ้ายทอด้วยสารโซเดียมคลอไรท์/โซเดียมไทโอซัลเฟต พบว่าสามารถนำเทคนิคการจุ่มอัด (padding) มาใช้ในกระบวนการฟอกขาวผ้าฝ้ายทอด้วยการใช้สารโซเดียมคลอไรท์/โซเดียมไทโอซัลเฟตในระบบได้ ซึ่งสามารถรวม 3 ขั้นตอน คือ การลอกแป้ง/กำจัดสิ่งสกปรก/ฟอกขาว เป็นขั้นตอนเดียวกันได้ และมีการใช้สารช่วยเปียกแบบไม่มีประจุเข้าร่วมในปฏิกิริยาด้วย ซึ่งตัวกระตุ้นของโซเดียมคลอไรท์เป็นผลที่ได้มาจากโซเดียมไทโอซัลเฟตในสารละลายด่าง ซึ่งจะต้องหลีกเลี่ยงการเข้าร่วมทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาด้วย เพราะจะมีผลต่อความแข็งแรงของเส้นใย เนื่องจากการเกิดกรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) เมื่อเก็บรักษาในที่ชื้น โดยกระบวนการจะอยู่ภายใต้ภาวะต่างๆ เช่น ความเข้มข้นของโซเดียมไทโอซัลเฟต ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการ และพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการฟอกนี้จะมีภาวะดังนี้คือ ใช้อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที สารละลายประกอบด้วย โซเดียมคลอไรท์ 3 กรัมต่อลิตร โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.8 กรัมต่อลิตร สารช่วยเปียก 2 กรัมต่อลิตร มีค่า pH เท่ากับ 8 และมี liquor ratio เท่ากับ 1:20 ซึ่งผ้าที่ได้หลังผ่านกระบวนการจะมีค่าความขาวเกิน 72 ตามมาตรฐาน CIE และผ้าดูดซึมน้ำได้ดี

ต่อมาในปีเดียวกันนี้ El-Rafie, M. H และคณะ [21] ได้ศึกษาการเร่งการฟอกขาวของผ้าฝ้ายทอด้วยสารโซเดียมคลอไรท์/โซเดียมไทโอซัลเฟต โดยใช้เทคนิคการจุ่มอัด (padding) ในกระบวนการ โดยผ้าฝ้ายทอนี้จะมีค่า copper number สูง แสดงถึงความไม่บริสุทธิ์บนผ้าที่มีสิ่งเจือปนตกค้างอยู่ ซึ่งสิ่งเจือปนเหล่านี้ ได้แก่ ไขมัน (fats) ขี้ผึ้ง (waxs) ฝุ่นผงต่างๆ (motes) เป็นต้น สามารถกำจัดออกได้โดยใช้กระบวนการ 3 ขั้นตอนที่ถูกรวมเป็นขั้นตอนเดียวกัน คือ การลอกแป้ง/กำจัดสิ่งสกปรก/ฟอกขาว พบว่าสมบัติของผ้าที่ได้คือ ค่าความขาว (whiteness index) ความสามารถในการช่วยเปียก (wettability) ความต้านแรงดึง (tensile strength) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และผ้าไม่ขาดเป็นรู

Tzanko Tzanov และคณะ [22] ได้ศึกษาการเตรียมผ้าฝ้ายด้วยวิธีทางชีวภาพโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เป็นผลจาก glucose oxidase และ D(+)-Glucose ทำปฏิกิริยากันที่ pH 5 ในสารละลาย 0.1 M acetic buffer อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แล้วนำไปผ่านด้วยอากาศ (aeration) ปริมาตร 5 ลิตรต่อนาที ด้วยหลอดแก้วที่ใส่ไปในสารละลาย ซึ่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ได้จะนำมาใช้เตรียมผ้าในภาวะสารละลายที่เป็นกรดและด่าง มีค่า pH เท่ากับ 12 พบว่าใน

สารละลายที่เป็นด่างจะให้ค่าความขาวของผ้าสูงกว่าในสารละลายที่เป็นกรดและพบว่าปริมาณของกลูโคสจะมีผลต่อการแตกตัวของเปอร์ออกไซด์ โดยกลูโคสจะช่วยให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีความเสถียรในกระบวนการฟอกขาวได้ และผ้าที่ผ่านกระบวนการขั้นตอนเดียวในการลอกแป้งและฟอกขาวจะมีค่าความขาวอยู่ระหว่าง 65-66 ตามมาตรฐาน CIE ส่วนการย้อมติดสีของผ้าจะย้อมติดสีได้อ่อน ซึ่งมีค่า K/S ต่ำ ประมาณ 0.5-0.6 ซึ่งจะมีการปรับปรุงสมบัติของผ้าให้ดีขึ้นต่อไป

Hebeish, A และคณะ [23] ได้ทำการศึกษากระบวนการฟอกผ้าฝ้ายทอด้วยสารโซเดียมคลอไรท์ร่วมกับฟอร์แมลดีไฮด์ พบว่าสามารถทำได้โดยรวม 3 ขั้นตอน คือ การลอกแป้ง/กำจัดสิ่งสกปรก/ฟอกขาว เข้าด้วยกัน โดยใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยสารละลายประกอบด้วยโซเดียมคลอไรท์ 3 กรัมต่อลิตร ฟอร์แมลดีไฮด์ 0.5 กรัมต่อลิตร สารช่วยเปียก 2 กรัมต่อลิตร มี pH เท่ากับ 10 และใช้ liquor ratio เท่ากับ 1:20 ซึ่งระบบนี้ฟอร์แมลดีไฮด์จะเป็นตัวกระตุ้นโซเดียมคลอไรท์ในการลอกแป้ง/กำจัดสิ่งสกปรก/ฟอกขาว ไปพร้อมๆ กัน ในสารละลายด่าง และจะได้ผ้าที่มีความขาว ดูดซึมน้ำได้ดีและมีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ส่วนงานวิจัยของ Sang-Hoon Lim และคณะ [24] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกโดยมีสารกระตุ้นที่ให้ประจุบวกในกระบวนการ โดยใช้ระบบจุ่มอัดหมักเย็น (cold pad-batch) ซึ่งสารกระตุ้นแบบให้ประจุบวกที่ใช้มี 2 ชนิดคือN-[4-(triethylammoniomethyl)benzyl] caprolactam chloride และ 6-(N,N,N-trimethylammonio) hexanoyl caprolactam p-toluenesulfonate พบว่าสารกระตุ้นแบบให้ประจุบวกทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการฟอก และผ้ามีความขาวที่เห็นได้ชัดหลังหมักผ้าที่มีสารเคมีไว้เป็นเวลา 8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งค่าความขาวนี้วัดโดยใช้มาตรฐาน CIE Whiteness Index ซึ่งจะได้ค่าดัชนีความขาวเกิน 70 และพบว่าค่าของ pH สารจับโลหะหนัก และสารกระตุ้นที่ให้ประจุบวกมีผลต่อระดับความขาวของผ้าด้วย สามารถเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความขาวของผ้าได้ดังนี้ สารกระตุ้นที่ให้ประจุบวก > สารจับโลหะหนัก > pH ซึ่งสารกระตุ้นที่ให้ประจุบวกทั้ง 2 ชนิดนี้ให้ผลใกล้เคียงกัน

จากงานวิจัยส่วนใหญ่ พบว่ากระบวนการเตรียมสิ่งทอ 3 ขั้นตอนนั้นได้รับความสนใจ และมีการรวมไว้เป็นขั้นตอนเดียวกันเพื่อประหยัดเวลาและพลังงาน แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดทั้งในและต่างประเทศที่ศึกษาการเตรียมสิ่งทอโดยใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเสถียร (stabilized hydrogen peroxide)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการลอกแป้ง/กำจัดสิ่งสกปรก/ฟอกผ้าฝ้ายทอโดยใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเสถียร (stabilized hydrogen peroxide) ในระบบ

exhaustion และ pad-steam โดยไม่ใช้สารช่วยเสถียร ศึกษาหาสูตรและภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการ พร้อมทั้งวิเคราะห์และทดสอบสมบัติต่างๆของผ้า เช่น ค่าความขาว ปริมาณแป้งที่หลงเหลืออยู่บนผ้า การดูดซึมน้ำของผ้า ความแข็งแรงของผ้า และความสามารถในการย้อมติดสีของผ้าที่เตรียมได้ ซึ่งผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะช่วยลดต้นทุนเรื่องสารเคมีและพลังงานได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย