ตารางที่ 10 การดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายชนิดต่างๆ หลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลส และปริมาณสารต่ำสุดที่ใช้ในการกำจัดสิ่งสกปรก

สาร (กรัม/ลิตร)	ผ้าทอบาง			ผ้าทอหนา			ผ้าถักบาง			ผ้าถักหนา		
ไลเปส	0.5			0.5			0.5			2		
WomineTE	1			1			1			1		
โปรทีเอส		0.5			0.5			0.5			8	
WomineTE		1			1			1			1	
ไลเปส+โปรทีเอส			0.5			0.5			0.5			1
WomineTE			1			1			1			1
เซลลูเลส		0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	6	3
WomineTE		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
การดูดซึมน้ำ	ทันที											

การกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าด้วยเอนไซม์ไลเปสหรือโปรทีเอสหรือไลเปสผสมโปรทีเอส จำเป็นต้องตามด้วยการกำจัดสิ่งสกปรกขั้นต่อมาด้วยเอนไซม์เซลลูเลส ทั้งทนี้อาจเนื่องมาจากการกำจัดโปรทีนและไขมันขี้ผึ้งบนผ้าด้วนเอนไซม์โปรทีเอส และไลเปส อาจไม่มีประสิทธิภาพดีพอ สิ่งสกปรกหลุดออกจากผ้าน้อยเกินไปจนน้ำไม่สามารถซึมผ่านลงบนผ้าได้แต่เมื่อทำการกำจัดสิ่งสกปรกต่อมาด้วยเอนไซม์เซลลูเลส เอนไซม์นี้จะทำให้เส้นใยเล็กๆ และสิ่งสกปรกที่ผิวหลุดออกมามากขึ้นจนสามารถทำให้ผ้าซึมน้ำได้ดีขึ้น

การกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าด้วยเอนไซม์เพกติเนสสามารถกระทำได้ผลดีด้วยเอนไซม์ชนิดเดียวใน 1 ขั้นตอน แต่ต้องใช้เวลาถึง 2 ชั่วโมง และเวลาต้มผ้าหยุดการทำงานของเอนไซม์อีก 10 นาที รวมเวลาทั้งสิ้นราว 2 ชั่วโมง 10-20 นาที และใช้ปริมาณเอนไซม์มากกว่า 1 กรัม/ลิตร ซึ่งมากกว่าปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลส ผ้าที่ได้สามารถดูดซึมน้ำได้ทัน หรือภายใน 3 วินาที ซึ่งยอมรับได้ การใช้เอนไซม์เพกติเนส เพื่อกำจัดเพกตินบนผ้าถักหนา ต้องใช้ปริมาณที่สูงกว่าผ้าอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเหตุผลเดียวกับที่ต้องใช้เอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสปริมาณมากกว่าผ้าอื่นๆ ในการกำจัดสิ่งสกปรกผ้าถักหนานี้

ตารางที่ 11 การดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายชนิดต่างๆ หลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกติเนสและปริมาณสารต่ำสุดในการกำจัดสิ่งสกปรก

การกำจัดสิ่งสกปรก	ผ้าทอบาง	ผ้าทอหนา	ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
เพกติเนส (กรัม/ลิตร)	3	5	5	7
Womine TE (กรัม/ลิตร)				
การดูดซึมน้ำ	ทันที	ภายใน 3วินาที	ทันที	ภายใน 3 วินาที

ตารางที่ 12 แสดงระดับของเพกตินบนผ้า ในรูปของปริมาณ methylene blue ที่ถูกเพกตินบนผ้าดูดซึมเข้าไป ผ้าที่มีปริมาณ methylene blue สูงแสดงว่ามีระดับของเพกตินสูงด้วย ผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกแล้วจะมีปริมาณ methylene blue ต่ำลง (ยกเว้นผ้าฝ้ายทอบางซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นในการทดลอง) หรือมีระดับของเพกตินบนผ้าลดลง โดยภาพรวมพบว่าการการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ทำให้ผ้าส่วนใหญ่ดูดซึม methylene blue น้อยลงกว่าด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือมายถึงว่า การำกจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์สามารถกำจัดเพกตินออกจารกผ้าได้มากกว่าการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ผ้ามีความสามารถดูดซึมน้ำได้เท่าทียมกัน 2.2-13.3% จาก 100% ของเพกตินถูกกำจัดออกจากผ้าด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.3-17% ด้วยเอนไซม์เพกติเนส 3.2-38% ด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลส จะเห็นว่าการกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะกำจัดเพกตินออกต่ำสุด เอนไซม์เพกติเนสช่วยกำจัดออกมากกว่าแต่เอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลสช่วยกำจัดออกมากที่สุดถึง 38% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโซเดียมไฮดรอกไซด์จะกำจัดไขมันขี้ผึ้งบนผ้ามากกว่าการกำจัดเพกติน เอนไซม์เพกติเนสจะเร่งการกำจัดเพกตินโดยเฉพาะจึงควรสามารถกำจัดเพกตินออกจากผ้าได้มากที่สุด แต่เนื่องจากตามสมมติฐานของนักวิจัยหลายกลุ่มพบว่าในเส้นใยฝ้ายจะมีสารที่เคลือบนอกสุดเส้นใยคือ ไขมันขี้ผึ้ง ชั้นถัดมาอาจเป็นชั้นของโปรทีนตามด้วยชั้นของเพกติน หรืออาจเป็นชั้นผสมของโปรทีนและเพกตินโดยชั้นนอกสุดของไขมันขี้ผึ้งอาจมีช่องว่างเล็กๆ (micropores) ระหว่างรอยต่อของชั้นไขมันขี้ผึ้ง ถ้าโครงสร้างของชั้นสิ่งสกปรกบันเส้นใยฝ้ายเป็นไปตามนี้ การกำจัดชั้นของไขมันขี้ผึ้งถ้าโครงสร้างของชั้นสิ่งสกปรกบนเส้นใยฝ้ายเป็นไปตามนี้ การกำจัดชั้นของไขมันขี้ผึ้งและโปรทีนด้วยเอนไซม์ไลเปส และโปรทีเอสจะช่วยใช้สามารถกำจัดเพกตินออกได้มากขึ้นกว่านี้ การใช้เอนไซม์เพกตินเสนเดี่ยวๆ จึงไม่สามารถกำจัดเพกตินออกจากผ้าได้มากเทียบเท่าการกำจัดเพกตินด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลสที่ช่วยกำจัดเส้นใยสั้นๆ และสิ่งสกปรกที่ผิวผ้าออกมากขึ้น เมื่อช้เอนไซม์ไลเปสไปเร่งการกำจัดชั้นของไขมันขี้ผึ้ง และโปรทีเอสช่วยเร่งการกำจัดชั้นของโปรทีนออกจากผ้าชั้นสิ่งสกปรกเหล่านี้อาจจะบางลงหลุดออกไปจากผ้วผ้า หรือเกิดเป้นช่วงว่างระหว่างสิ่งสกปรกที่ใหญ่พอให้โลเกุลของน้ำซึมเข้าไปถึงชั้นของเพกตินหรือถึงชั้นของเส้นใยได้ เปิดทางให้เอนไซม์เซลลูเลินเข้าไปถึงเส้นใยเพื่อช่วยกำจัดเส้นใยสั้นๆ และสิ่งสกปรกบ้างส่วนรวมถึงเพกตินหลุดออกมาจากผ้าได้มากขึ้น ปริมาณเพกตินบนผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลส จึงมีเหลืองน้อยกว่าผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วนเอนไซม์เพกติน

เนสหรือด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตารางที่ 12 ระดับของเพกติน (ปริมาณ methyleneblue) บนผ้าฝ้ายต่างๆ หลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกตินเนสไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสเปรียบเทียบกับผ้าก่อนการกำจัดสิ่งสกปรกและผ้าหลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ผ้าฝ้ายต่างๆ	ปริมาณ methylene blue บนผ้า (กรัม/ลิตร)			
	ผ้าทอบาง	ผ้าทอหนา	ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
ก่อนกำจัดสิ่งสกปรก	0.3988	0.4406	0.4028	0.3932
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วย NaOH	0.3900	0.3820	0.3568	0.3592
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเพกติเนส	0.3736	0.3660	0.3536	0.3372
หลังกำจัดด้วยไลเปสต่อเซลลูเลส	-	0.3040	0.3900	0.3120
หลังกำจัดด้วยโปรทีเอสต่อเซลลูเลส	0.4340*	0.2920	0.3812	0.2440
หลังกำจัดด้วยไลเปส+โปรทีเอสต่อเซลลูเลส	-	0.2880	0.3840	0.2560
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยไลเปส	0.4148*	-	-	-
หลังกำจัดด้วยไลเปส+โปรทีเอส	0.4456*	-	-	-

หมายเหตุ * ปริมาณ mythyleneblue บนผ้าฝ้ายทอบางหลังการกำจัดสิ่งสกปรกมีค่าสูงกว่าก่อนการกำจัดสิ่งสกปรก อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดของการทดลอง

ตารางที่ 13 น้ำหนักที่หายไปของผ้าและความขาวของผ้าหลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกติเนสไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสเปรียบเทียบกับผ้าก่อนการกำจัดสิ่งสกปรกและผ้าหลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

ผ้าฝ้ายต่างๆ	น้ำหนักผ้าที่หายไป(%)	ความขาวของผ้า
ผ้าทอบาง		
ก่อนกำจัดสิ่งสกปรก	0.000	5.487
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วย NaOH	1.318	10.947
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเพกติเนส	0.721	10.783
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยไลเปส	10.800	7.719
หลังกำจัดด้วยไลเปส+โปรทีเอส	11.450	8.559
หลังกำจัดด้วยโปรทีเอสต่อเซลลูเลส	17.303	12.198
ผ้าทอหนา		
ก่อนกำจัดสิ่งสกปรก	0.000	2.901
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วย NaOH	1.607	4.186
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเพกติเนส	0.785	3.404
หลังกำจัดด้วยไลเปสต่อเซลลูเลส	12.903	8.560
หลังกำจัดด้วยโปรทีเอสต่อเซลลูเลส	12.160	6.744
หลังกำจัดด้วยไลเปส+โปรทีเอส ต่อเซลลูเลส	12.473	7.498
ผ้าถักบาง		
ก่อนกำจัดสิ่งสกปรก	0.000	5.348
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วย NaOH	3.322	23.612
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเพกติเนส	3.000	23.242
หลังกำจัดด้วยไลเปสต่อเซลลูเลส	2.043	26.975
หลังกำจัดด้วยโปรทีเอสต่อเซลลูเลส	2.870	22.987
หลังกำจัดด้วยไลเปส+โปรทีเอส ต่อเซลลูเลส	2.260	25.901
ผ้าถักหนา		
ก่อนกำจัดสิ่งสกปรก	0.000	< 0
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วย NaOH	3.079	7.884
หลังกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเพกติเนส	2.700	7.269
หลังกำจัดด้วยไลเปสต่อเซลลูเลส	2.920	4.767
หลังกำจัดด้วยโปรทีเอสต่อเซลลูเลส	3.030	4.658
หลังกำจัดด้วยไลเปส+โปรทีเอส ต่อเซลลูเลส	3.017	4.415

ผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยด่างคอสติกโซดา ด้วยเอนไซม์เพกตินเนสและด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลสมีความขาวสูงงกว่าผ้าที่ไม่ได้ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกอยู่ 1.4-4.4 เท่า, 1.2-4.3 เท่า และ 1.4-5.0 เท่า ตามลำดับความขาวของผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยด่างคอสติกโซดา ด้วยเอนไซม์เพกติเนสและด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสอยู่ในช่วง 4.2-23.6, 3.4-23.2 และ 4.4-27.0 ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่เอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลสช่วยกำจัดสีธรรมชาติของฝ้ายได้ดีกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์และเอนไซม์เพกติเนสอยู่เล็กน้อย (ดูตารางที่ 13) การกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และเอนไซม์เพกติเนสให้ผ้าที่มีความขาวใกล้เคียงกันมากอาจเป็นเพราะสิ่งสกปรกที่ถูกกำจัดออกมาส่วนใหญ่เป็นสารชนิดเดียวกันคือเพกติน โดยดูจากค่า methyleneblue ของผ้าทั้งสองพบว่ามีค่าใกล้เคียงเช่นกัน (ดูตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะกระทำการกำจัดสิ่งสกปรกส่วนของไขมันขี้ผึ้งโปรทีนเพกตินหรือแม้แต่เส้นใยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เอนไซม์เพกตินเนสไลเปสโปรทีเอสหรือเซลลูเลสก็สามารถกำจัดสีธรรมชาติบนฝ้ายจนผ้ามีความขาวเพิ่มขึ้นได้ ฉะนั้นจากผลตรงนี้ทำให้อาจสรุปได้ว่าสีธรรมชาติในฝ้ายมีอยู่ในทุกส่วนทั้งในสิ่งเจอปนธรรมชาติและในเส้นใยฝ้ายเอง ส่วนที่ใดจะมีมากหรือน้อยเพียงใดนั้นควรจะมีการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป

ส่วนการทดสอบหาน้ำหนักผ้าที่หายไปหลังการกำจัดสิ่งสกปรกแสดงในตารางที่ 13 พบว่าการกำจัดสิ่งสกปรกทำให้ผ้าสูญเสียน้ำหนักไปมากน้อยแตกต่างกันดังนี้ สำหรับผ้าทอการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ผ้าทอสูญเสียน้ำหนักไป 1.3-1.6% ด้วยเอนไซม์เพกติเนส 0.7-0.8% และด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลส 10.8-17.3% สำหรับผ้าถักการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ผ้าถักสูญเสียน้ำหนักไป 3.1-3.3% ด้วยเอนไซม์เพกติเนส 2.7-3.0% และด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลส 2.0-3.0% จากผลนี้ทำให้เห็นว่าการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และด้วยเอนไซม์เพกติเนสทำให้ผ้าถักสูยเสียน้ำหนักมากกว่าผ้าทอ 1.7% และ 2.2% ตามลำดับ แต่เมื่อใช้เอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสในการกำจัดสิ่งสกปรกบันผ้ากลับพบว่าผ้าถักสูญเสียน้ำหนักไปน้อยกว่าผ้าทอมากคือน้อยกว่าถึง 14.3% ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากผ้าทอและผ้าถักมีโครงสร้างต่างกัน จึงเอื้ออำนวยให้สารต่างชนิดกันเข้าถึงผ้าได้ต่างกัน ไม่ว่าผ้าถักจะถูกกำจัดสิ่งสกปรกด้วยสารชนิดใดในที่นี้ก็จะสูญเสียน้ำหนักไปใกล้เคียงกันคือราว 2-.% ในขณะที่ผ้าทอจะสูญเสียน้ำหนักไปมากที่สุดเมื่อถูกกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสคือราว 11-17% โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้เอนเซม์เซลลูเลสอาจเป็นเพราะมีการสูญเสียเส้นใยฝ้ายไปมากนั่นเอง

ตารางที่ 14 แสดงผลความแข็งแรงของผ้าก่อนและหลังการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์แและด้วยเอนไซม์ต่างๆ พบว่าการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ผ้าทอมีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นทั้งในแนวด้ายยืนและด้ายพุ่ง 5.8%, 8.1% และ 4.2% 17.6% ตามลำดับแต่ทำให้ค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าถักลดลง 5.6% และ 18.3% ด้วยเอนไซม์เพกตินเนสเฉพาะผ้าทอบางที่มีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นในแนวด้ายยืน 5.0% และแนวด้ายพุ่ง 15.3% ผ้าอื่นๆ ต่างมีค่าแรงดึงขาดและความต้านทานแรงดันทะลุลดลง 2.0-8.7% ด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลสผ้าทอบางผ้าทอหนา และผ้าถักบางมีค่าแรงดึงขาดและค่าความต้านทานแรงดันทะลุเพิ่ม

ขึ้น ผ้าถักหนามีค่าความต้านทานแรงดันทะลุลดลงมาราว 11-26% ซึ่งสาเหตุของการเพิ่มขึ้นและลดลงของความแข็งแรงของผ้านี้ยังไม่สามารถสรุปแน่ชัด ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียดต่อไป

ตารางที่ 14 แรงดึงขาดและความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าหลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกติเนสไลเปสโปรทีเอส และเซลลูเลสเปรียบเทียบกับผ้าก่อนการกำจัดสิ่งสกปรกและผ้าหลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไวด์

	แรงดึงขาด (นิวตัน)				ความต้านทานแรงดันทะลุ (กก./ตร.ซม.)	
	ผ้าทอบาง		ผ้าทอหนา		ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
	ยืน	พุ่ง	ยืน	พุ่ง		
ก่อนกำจัดสิ่งสกปรก	183.4	157.6	511.1	301.6	6.04	13.98
หลัง-NaOH	198.3	185.3	540.9	314.2	5.70	11.42
หลัง-เพกติเนส	192.6	181.7	500.6	293.2	5.90	12.76
หลัง-ไลเปส	317.3	283.4	-	-	-	-
หลัง-ไล+โปร	304.2	281.5	-	-	-	-
หลัง-ไล ต่อ เซล	-	-	843.9	457.0	6.87	12.47
หลัง-โปร ต่อ เซล	328.6	295.6	917.4	465.7	6.80	11.13
หลัง-ไล+โปร ต่อ เซล	-	-	1,017.5	477.1	6.93	10.30

4.4.3 ผลการกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักด้วยเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลส

ก่อนการกำจัดสิ่งสกปรก ผ้าทอบางและผ้าทอหนาถูกลอกแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสที่ผลิตขึ้นซึ่งพบว่าไม่สามารถลอกแป้งออกจากผ้าได้หมด จึงได้ใช้เอนไซม์อะไมเลสที่จัดหามา Termanyl 120L ในการลอกแป้งออกจากผ้าแทน จากนั้นได้นำผ้าทอที่ลอกแป้งออกหมดและผ้าถัก (ผ้าดิบ) มาทำการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสที่ผลิตขึ้นแต่ละชนิดเดี่ยวๆ และกำจัดสิ่งสกปรกแบบ 2 ขั้นตอนด้วยเอนไซม์เหล่านี้เหมือนวิธีที่ใช้กับเอนไซม์ที่จัดหามา

ตารางที่ 15แสดงเวลาดูดซึมน้ำของผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสที่ผลิตขึ้น พบว่าผ้าที่ดูดซึมน้ำได้ดีมากคือ ดูดซึมทันทีที่หยดน้ำลงบนผ้าเป็นผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกแบบ 2 ขั้นตอนด้วยเอนไซม์ไลเปสตามด้วย เซลลูเลสหรือโปรทีเอสตามด้วยเซลลูเลสเอนไซม์เซลลูเลสเดี่ยวๆ ไม่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกมากพอที่ทำให้ผ้าดูดซึมน้ำได้ดี เอนไซม์โปรทีเอสที่ใช้ที่ pH 10.5 อุณหภูมิ 45oC สามารถกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าได้มากแต่ต้องใช้ปริมาณสูง เช่นเดียวกับเอนไซม์ไลเปสที่ pH 6.5 และ 8.0 ที่อุณหภูมิ 35oC และ 40oC จึงจะทำให้ผ้าดูดซึมน้ำได้ดี

ตารางที่ 15 การดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายชนิดต่างๆ หลังผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสเดี่ยวๆ ที่ผลิตขึ้น

เอนไซม์ (กรัม/ลิตร)	pH	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ดูดซึมน้ำภายในเวลา			
				ผ้าทอบาง	ผ้าทอหนา	ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
ไลเปส(เข้มข้น)	5.6	30	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
ไลเปส(เข้มข้น)	6.0	35	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
ไลเปส(15-20)	6.5	35	30	≤3 วินาที	≤3 วินาที	≤3 วินาที	≤3 วินาที
ไลเปส(0.5-20)	8.0	40	30	-	-	>3 วินาที	-
ไลเปส(25)	8.0	40	30	-	-	≤3 วินาที	-
ไลเปส(30)	8.0	40	30	-	-	-	≤3 วินาที
โปรทีเอส(0.5-20)	6.0	35-40	30	-	-	>3 วินาที	-
โปรทีเอส(เข้มข้น)	6.0	35-40	60	-	-	>3 วินาที	-
โปรทีเอส(15-20)	10.5	45	30	≤3 วินาที	≤3 วินาที	≤3 วินาที	≤3 วินาที
โปรทีเอส(0.5-20)	10.6	40	30	-	-	>3 วินาที	-
โปรทีเอส(เข้มข้น)	10.6	40	60	-	-	>3 วินาที	-
เซลลูเลส (เข้มข้น)	4.8	50	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
เซลลูเลส (เข้มข้น)	4.8	50	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
เซลลูเลส (เข้มข้น)	4.8	50	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
เซลลูเลส (เข้มข้น)	4.8	50	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
เซลลูเลส (เข้มข้น)	4.8	50	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
เซลลูเลส (เข้มข้น)	5.0	30	60	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที	>3 วินาที
ไลเปส(0.5-20)	5.6	30	30	-	-	>3 วินาที	-
เซลลูเลส(0.5-20)	5.0	30	30				
ไลเปส(0.5-5)	6.0	35	30	-	-	>3 วินาที	-
เซลลูเลส(0.5-5)	5.0	30	30				
ไลเปส(0.5)	6.0	35	30	-	-	ทันที	-
เซลลูเลส(5-20)	5.0	30	30				
ไลเปส(0.5-20)	6.5	35	30	ทันที	ทันที	ทันที	ทันที
เซลลูเลส(5)	4.8	50	30				
โปรทีเอส(0.5)	6.0	35-40	30	-	-	>3 วินาที	-
เซลลูเลส(1)	5.0	30	30				
โปรทีเอส(0.5)	6.0	35-40	30	-	-	ทันที	-
เซลลูเลส(5-20)	5.0	30	30				
โปรทีเอส(0.5-20)	10.5	45	30	ทันที	ทันที	ทันที	ทันที
เซลลูเลส(5)	4.8	50	30				

ผลจากตารางที่ 15 ทำให้พอสรุปได้ค่าวๆ ว่าการใช้เอนไซม์ไลเปสโปรทีเอสและเซลลูเลสในการกำจัดสิ่งสกปรกบนผ้าฝ้ายนี้สามารถทำได้โดยใช้เอนไซม์ไลเปสหรือโปรทีเอสแบบเดี่ยวโดยให้เลือกใช้เอนไซม์ไลเปสชนิดที่ทำงานได้ดีที่ pH 6.5, 35oC (ดูแอคติวิตี้จากตารางที่ 1) หรือที่ pH 8.0, 40oC แต่ต้องใช้ปริมาณมากซึ่งทำให้เพิ่มค่าใช้จ่าย และให้เลือกใช้เอนไซม์โปรทีเอสชนิดที่ทำงานได้ดีที่ pH 10.5, 45°C ซึ่งต้องใช้ปริมาณมากเช่นกัน นอกจากนี้อาจใช้การกำจัดสิ่งสกปรกแบบ 2 ขั้นตอนดังนี้

- เอนไซม์ไลเปสที่ pH 6.0, 35oC ตามด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ pH 5.0, 30°C
- เอนไซม์ไลเปสที่ pH 6.5, 35oC ตามด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ pH 4.8, 50°C
- เอนไซม์โปรทีเอสที่ pH 6.0, 35-40oC ตามด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ pH 5.0, 30oC
- เอนไซม์โปรทีเอสที่ pH 10.5, 45oC ตามด้วยเอนไซม์เซลลูเลสที่ pH 4.8, 50oC

เนื่องจากเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นมีปริมาณการผลิตแต่ละครั้งน้อย ไม่เพียงพอสำหรับการกำจัดสิ่งสหแรกบันผ้าเพื่อทดสอบสมบัติอื่นๆ ของผ้า จึงสามารถทดสอบได้เฉพาะสมบัติการดูดซึมน้ำเท่านั้น

4.5 ผลการฟอกผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถัก

4.5.1 ผลการฟอกผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และพบว่าไม่มีสารเปอร์ออกไซด์ตกค้างและมี pH ของน้ำสกัดผ้าอยู่ในช่วง 7.0-8.5

ตารางที่ 16 ความขาว แรงดึงขาดและความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าหลังผ่านการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และปริมาณสารต่ำสุดที่ใช้ในการฟอกผ้า

	ผ้าทอบาง	ผ้าทอหนา	ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
H_2O_2 (50%) กรัม/ลิตร	4	7	3	4
NaOH, กรัม/ลิตร	2	3	2	2
Na_2SiO_3 กรัม/ลิตร	2	2	2	2
Womine TE กรัม/ลิตร	1	1	1	1
ความขาว	72.68	69.13	76.33	71.82
แรงดึงขาด นิวตัน	ยืน พุ่ง 174.5 166.7	ยืน พุ่ง 519.3 310.4	-	-
ความต้านทาน แรงดันทะลุ กก./ตร.ซม.	-	-	5.54	11.35

ตารางที่ 16 แสดงสมบัติของผ้าหลังฟอกพบว่าด้วยปริมาณสารที่ใช้นี้สามารถฟอกผ้าให้มีความขาวในช่วง 70 ผ้าทอบางมีค่าแรงดึงขาดลดลง 12% ในแนวด้ายพุ่ง ผ้าถักบางมีค่าความต้านทานแรงดังทะลุลดลง 2.8% และผ้าถักหนาลดลง 0.6% เมื่อเทียบกับผ้าก่อนการฟอก

4.5.2 ผลการฟอกผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักด้วยเอนไซม์ที่จัดหามา

การฟอกผ้าด้วยเอนไซม์ที่จัดหามานี้ประกอบด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเปอร์ออกซิเดสและไซลาเนส แต่ได้ผลการฟอกผ้าเฉพาะการฟอกด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเท่านั้น (ดู 3.2.4.2ป

ผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกติเนสถูกฟอกด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสโดยพบว่า ผ้าที่ผ่านการฟอกไม่มีสารเปอร์ออกไซด์ตกค้างและมี pH ของน้ำสกัดผ้าอยู่ในช่วง 7.0-8.5 สมบัติอื่นๆ ของผ้ามีแสดงไว้ตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ความขาว แรงดึงขาดและความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าหลังผ่านการฟอกด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส

	ผ้าทอบาง	ผ้าทอหนา	ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
ความขาวก่อนฟอก	10.78	3.40	23.24	7.27
ความขาวหลังฟอก	22.30	17.12	39.33	24.59
แรงดึงขาดนิวตัน	ยืน พุ่ง 176.7 160.5	ยืน พุ่ง 436.3 271.3	-	-
ความต้านทานแรงดันทะลุ, กก/ตร.ซม	-	-	5.54	11.08

การฟอกผ้าฝ้ายด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสทำให้ผ้ามีความขาวเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียง 11.52-17-32 ได้ผ้าขาวสุดแค่ราว 40 ซึ่งถือว่ายังไม่ขาวพอ อาจเนื่องมาจากในสารละลายฟอกนอกจากจะมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แล้วยังมีกรดกลูโคนิคจากปฏิกิริยาของเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส กลูโคสและออกซิเจน กรดนี้ทำให้ pH ของสารฟอกต่ำเกิดไปคือราว 6.5 เมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในสารละลายก่อนฟอก (ได้ทดลองเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เกินพอเพื่อปรับ pH ของสารฟอกแต่กลับทำให้กลูโคสในสารละลายสลายตัวให้สารสีน้ำตาล) ซึ่งควรมีการศึกษาอย่างละเอียดเพื่อแก้ไขปัญหานี้ต่อไป ผ้าทอบางมีค่าแรงดึงขาดลดลง 8.3% ในแนวด้ายยืนและ 11.7% ในแนวด้ายพุ่งผ้าทอหนาลดลง 12.8% ในแนวด้ายยืนและ 7.5 % ในแนวด้ายพุ่ง ผ้าถักบางมีค่าวความต้านทานแรงดันทะลุลดลง 6.1% และผ้าถักหนาลดลง 13.2% เมื่อเทียบกับผ้าก่อนการฟอก ค่าแรงดึงขาดและค่าค่าความต้านทานแรงดันทะลุของผ้าทอและผ้าถักหลังฟอกด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสลดลงจากผ้าก่อนฟอกมากกว่าผ้าที่ถูกฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4.5.3 ผลการฟอกผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักด้วยเอนไซม์ที่ผลิตขึ้น

ผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์ถูกฟอกด้วยเอนไซม์ไซลาเนสซึ่งมีปริมาณน้อยเพียงพอเฉพาะการฟอกผ้าเพื่อวัดความขาวเท่านั้น ไม่พอสำหรับการฟอกผ้าเพื่อทดสอบสมบัติอื่นๆ ของผ้า

ตารางที่ 18 ความขาวของผ้าที่ผ่านการฟอกด้วยเอนไซม์ไซลาเนสต่างๆ ที่ผลิตขึ้น

เอนไซม์ไซลาเนส (กรัม/ลิตร)	pH	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ความขาวของผ้า			
				ผ้าทอบาง	ผ้าทอหนา	ผ้าถักบาง	ผ้าถักหนา
ก่อนฟอก				-	-	25.087	-
หลังฟอก(0.5)	5.0	30	60	-	-	26.405	-
หลังฟอก(1)	5.0	30	60	-	-	26.749	-
หลังฟอก(5)	5.0	30	60	-	-	28.004	-
หลังฟอก(10)	5.0	30	60	-	-	28.010	-
หลังฟอก(20)	5.0	30	60	-	-	28.289	-
ก่อนฟอก				-	-	17.513	-
หลังฟอก(เข้มข้น)	5.0	50	60	-	-	25.292	-
ก่อนฟอก				-	-	-	8.181
หลังฟอก(เข้มข้น)	5.0	50	60	-	-	-	4.740
ก่อนฟอก				-	-	18.311	-
หลังฟอก(เข้มข้น)	5.0	50	60	-	-	16.042	-
ก่อนฟอก				-	-	-	4.292
หลังฟอก(เข้มข้น)	5.0	50	60	-	-	-	4.565
ก่อนฟอก				-	-	14.888	-
หลังฟอก(เข้มข้น)	4.8	60	60	-	-	12.491	-
ก่อนฟอก				-	-	-	4.644
หลังฟอก(เข้มข้น)	4.8	60	60	-	-	-	3.544
ก่อนฟอก				22.705	-	-	-
หลังฟอก(เข้มข้น)	4.8	60	60	17.598	-	-	-
ก่อนฟอก				-	13.731	-	-
หลังฟอก(เข้มข้น)	4.8	60	60	-	4.819	-	-

จากผลการฟอกผ้าด้วยเอนไซม์ไซลาเนสที่ผลิตขึ้นพบว่า ผ้าที่ฟอกแล้วมีความขาวเพิ่มขึ้นในบางกรณีและลดลงในบางกรณี การลดลงของความขาวของผ้าหลังฟอกอาจเนื่องมาจากเอนไซม์ไซลาเนสบางชนิดมีสีเทาอ่อนๆ

ซึ่งสีนี้อาจเกาะติดบนผ้าและซักไม่ออกจนทำให้ผ้ามีความขาวลดลงเอนไซม์ไซลาเนสที่ให้ผลการฟอกผ้าได้ขาวมากที่สุดคือ เอนไซม์ไซลาเนสที่ทำงานได้ดีที่ pH 5.0, 30oC ซึ่งแคติวิตี้สูงที่สุดใน 3 ชนิดที่ใช้ฟอกผ้า อย่างไรก็ตามผ้าฟอกยังคงมีความขาวต่ำเกิดไปที่จะนำไปย้อมหรือผ่านไปในขั้นตอนการผลิตผ้าต่อไปได้

5. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากผลงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้คร่าวๆ ดังนี้

- สำหรับการลอกแป้งเอนไซม์อะไมเลสที่ผลิตขึ้นไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับการลอกแป้งบนผ้าทอ จำเป็นต้องใช้เอนไซม์อะไมเลสที่สามารถลอกแป้งที่อุณหภูมิสูงได้
- สำหรับการกำจัดสิ่งสกปรก สามารถใช้เอนไซม์กำจัดสิ่งสกปรกได้ผลดีเทียบเท่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และสามารถใช้เอนไซม์ที่ผลิตขึ้นกำจัดสิ่งสกปรกได้ผลดีในแง่การดูดซึมน้ำเท่ยบเท่าการใช้เอนไซม์ที่จัดหามา
- สำหรับการฟอกเอนไซม์ที่ใช้ฟอกผ้ายังมีประสิทธิภาพการฟอกให้ผ้าขาวไม่เท่าการฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสเป็นเอนไซม์ชนิดเดียวที่สามารถฟอกผ้าให้ขาวได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับเอนไซม์ชนิดอื่นๆ

6. การเผยแพร่ผลงานและการผลิตบัณฑิต

6.1 ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จัดสัมมนาวิชาการภายใต้โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ให้แก่ผู้ประกอบการสิ่งทอและผู้สนในจำนวนกว่า 60 คน เมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2543 โดยมี Professor Mitsuo Ueda เป็นผู้บรรยายหลักและผู้วิจัย ได้เสนอผลงานวิจัยนี้ในเรื่อง Enzymes in Preparation Process of Cotton

6.2 ผู้วิจัยได้เสนอผลงานเรื่อง Enzymes in Preparation process of Cotton Fabric and Yarn ในงาน First Thailand Materials Science and Technology Conference จัดโดย MTEC/NSTDA/MOSTE เมื่อวันที่ 19-20 กรกฎาคม 2543

6.3 ผู้วิจัยได้เสนอผลงานเรื่อง Enzymatic Desizing, Scouring, Scouring, and Bleaching of Cotton ในงาน The Second International Workshop on Green Polymers, Science and Technology จัดโดย Agengy/Janpan and Dutch Polymer Institute/The Netherlands เมื่อวันที่ 15-20 ตุลาคม 2543 ที่ประเทศอินโดนีเซีย

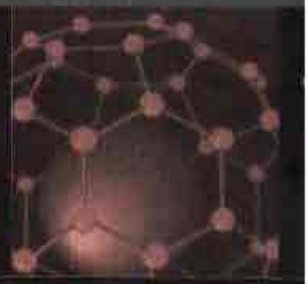
6.4 ผู้วิจัยได้เสนอผลงานเรื่อง Enzymatic Scouring of Cotton Fabric ในงานวิชาการประจำปี 2544 ของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 ผู้วิจัยได้เสนอผลงานเรื่อง Enzymatic Scouring of Cotton Fabric ในงาน The 2001 AATTCC International Conference & Exhibition จัดโดย American Textile Chemists and Colorists เมื่อวันที่ 21-24 ตุลาคม 2544 ที่เมืองกรีนวิลล์ มลรัฐเซาท์แครอลไลน่า ประเทศสหรัฐอเมริกา

6.6 ผู้วิจัยได้เขียนบทความเรื่อง การประยุกต์เอนไซม์ในกระบวนการเตรียมผ้าฝ้าย ลงในวารสาร Colourway ของสมาคมฟอกย้อมพิมพ์และตกแต่งสำเร็จสิ่งทอไทย ฉบับเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2543 ปีที่ 6 เล่มที่ 31 หน้า 14-20

6.7 งานวิจัยนี้สามารถผลิตบัณฑิต 2 คน 1 คนในระดับวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ จากภาควิชาวัสดุศาสตร์ ในภาคการศึกษาปลายประจำปี 2542 คือ นายธีระดล รุ่งเรืองกิจไกร ทำงานวิทยานิพนธ์เรื่องการประยุกต์เอนไซม์ในกระบวนการเตรียมด้ายและผ้าฝ้าย และปริญญาวิศวกรราศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีสิ่งทอ 1 คน คือ นางสาวกิ่งกมล ชูนุกูลพงศ์ จากภาควิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมลคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

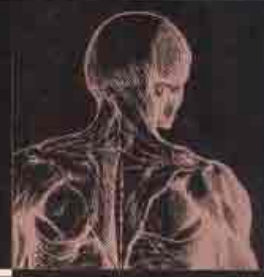
Proceedings การประชุมวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1



MSAT

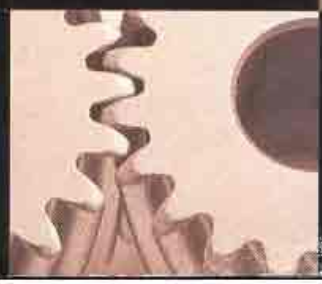
The First Thailand Materials Science and Technology Conference

19-20 กรกฎาคม 2543
โรงแรม อมารี วอเตอร์เกท
กรุงเทพฯ



MTEC

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA)
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (MOSTE)



ENZYMES IN PREPARATION PROCESS OF COTTON FABRIC AND YARN

Usa Sangwatanaroj*, Theeradol Rungraungkijkrai*, and Mitsuo Ueda#
*Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
#Department of Design Engineering and Management, Faculty of Textile Science,
Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan

ABSTRACT

Cotton plain and twill weave fabrics, cotton jersey knits and cotton yarn were treated under enzymatic and conventional preparation processes. Samples desized with amylase enzyme show complete sizes removal. Samples scoured with pectinase enzyme provide good absorbency and obtain lower weight loss than conventional scoured samples. Both scouring methods give almost comparable capability of pectin removal with a little higher efficiency in enzymatic scouring. Plain weave fabric and yarn increase in strength after pectinase scouring while twill weave fabric and jersey knits decrease. Scoured jersey knits lose more strength from conventional scouring than from pectinase scouring. Samples bleached with glucose oxidase enzyme obtain whiteness index nearly 20 degree improvement with 3-13% strength loss.

EXPERIMENTAL

Materials

Cotton greige substrates containing two woven fabrics (plain and twill weaves), two knitted fabrics (single jersey, yarn count 24/2 and 50/1), and a yarn (yarn count 50/1) were selected as samples for this task. All chemicals used in this project were reagent grade chemicals. Three enzymes, α-amylase; pectinase; and glucose oxidase were used for the enzymatic desizing, scouring, and bleaching respectively.

Methods

Cotton substrates were desized, scoured, and bleached using the conventional and the enzymatic processes described as follows. They were then tested using the standard test methods.

Desizing

Each greige woven fabric was desized in a solution containing calcium chloride and sodium chloride as stabilizers, Womine TE supplied by Tokai Seiyu, Japan as a nonionic wetting agent, and Termamyl 120L supplied by Novo Nordisk, Denmark as an α-amylase enzyme, in the Ahiba Polymat® laboratory dyeing equipment at a liquor ratio of 1:20, pH 6.5, temperature 100°C for 45 minutes. The amount of enzyme and chemicals used in desizing were varied for each fabric to achieve a complete size removal. After desizing, the fabrics were tested for the presence of residual starch size, %weight loss, water absorbency, and strength.

Scouring

Conventional Scouring

Greige yarn, greige knitted fabrics, and desized woven fabrics were scoured in solutions containing sodium hydroxide and Womine TE in the dyeing equipment mentioned earlier at a liquor ratio of 1:20 at 80°C for 1 hour. The amount of chemicals used in scouring were varied for each substrate to achieve an adequate absorbency.

Enzymatic Scouring

Greige yarn, greige knitted fabrics, and desized woven fabrics were scoured in solutions containing pectinase enzyme and Womine TE in the dyeing equipment at a liquor ratio of 1:50 at pH 4, temperature 40°C for 2 hours. The amount of pectinase enzyme and Womine TE were varied for each substrate to achieve an adequate absorbency.

After scouring, each substrate was tested for water absorbency, %weight loss, the presence of residual pectin, and strength.

Bleaching

Conventional Bleaching

Conventional scoured substrates were bleached in solutions containing hydrogen peroxide, sodium hydroxide, sodium silicate, and Womine TE in the dyeing equipment at a liquor ratio of 1:20 at pH 11.5, temperature 95°C for 1 hour. The amount of chemicals used in bleaching were varied for each substrate to achieve a minimum whiteness index of 70.

Enzymatic Bleaching

Bleaching solutions were prepared based on an experimental result of studying the occurrence of hydrogen peroxide in the solutions of 1g/l glucose oxidase enzyme and various concentrations of glucose at various times in the presence of oxygen. The result indicates that to obtain the highest amount of hydrogen peroxide in the bleaching bath, the bleaching solutions may be prepared using 1 g/l glucose oxidase, 50 g/l glucose at pH 7 and aerated with oxygen for 2 hours at 25°C. Then sodium hydroxide was added into each solution before adding cotton substrates. The bleaching was conducted at a liquor ratio of 1:20 at 95°C for 1 hour.

Each bleached substrate was tested for whiteness index, strength, pH, and residual peroxide.

Test Procedures

Yarn and woven fabrics were tested for breaking load using the ASTM D2256 and D5035 respectively and knitted fabrics were tested for bursting strength using the JIS L 0888. The type of size on greige woven fabrics was determined using the spot test introduced by Livengood[1]. Desized fabrics were tested for the presence of residual starch size using the TEGEWA violet scale test method by immersing the fabric into an iodine/potassium iodide solution and rating the staining fabric with a nine shades TEGEWA violet scale. A rating of 1 indicates the highest amount of starch on and 9 indicates no starch on. Water absorbency of fabrics and yarn was determined using the AATCC Test Method 79 "Absorbency of Bleached Fabric". Greige yarn and fabrics were tested for extractable materials using the AATCC Test Method 97 "Extractable Content of Greige and/or Prepared Textiles". Yarn and fabrics were tested for the presence of pectin by measuring the absorption of methylene blue onto the samples. This method is based on the interaction between the cationic dye of methylene blue and the carboxylate anion of pectin on the sample. The higher the dye molecules are absorbed by the sample, the higher the presence of pectin on the sample. Bleached substrates were determined for the whiteness index using the MacBeth COLOR-EYE® 7000 reflectance spectrophotometer. They were also tested for residual peroxide using a spot test introduced by Interox[2] and tested for pH using the AATCC Test Method 81 "pH of the Water-Extract from Bleached Textiles". Hydrogen peroxide content in the bleaching solution was determined using the potassium permanganate method introduced by Interox[2].

RESULTS AND DISCUSSION

After the greige woven fabrics were desized, the fabrics are free of size. Although around 8-9% of size and water soluble materials were removed, the fabrics still do not absorb water well. Plain weave fabric loses strength around 8% while twill weave fabric loses only 0.37% compared to the greige fabric.

In general, the first requirement for the scoured substrate is the substrate should uniformly absorb water within 5 seconds at room temperature. For this experimental lab scale, a 3 seconds was used to signify an adequate absorbency of scoured substrate. Both scouring methods provide substrates with the adequate absorbency. The enzymatic scouring method provides substrates with lower % weight loss than the conventional scouring method. This may be due to the different penetration abilities of the scouring agents toward the substrates and the reactions of the scouring agents toward the impurities on the substrates. Sodium hydroxide and wetting agent in the solution might have penetrated deeper into the fibers and reacted with the fibers and the impurities. While pectinase and wetting agent stay on the fiber surface catalyzing the scouring reaction. As a result, impurities on substrates are removed more from the conventional scouring than from the enzymatic scouring and thus the conventional scoured substrates lose more weight than the enzymatic scoured substrates. Woven fabrics lose the least weight compared to knitted fabrics and yarn and the reason for this could be woven fabrics have lost some weight since desizing step thus contained less impurities to be removed. Both scouring methods give almost comparable capability of pectin removal with a little higher efficiency in enzymatic scouring.

Both conventional and enzymatic scouring methods increase the woven fabric and yarn breaking load 5-43%, except for the enzymatic scoured twill weave fabric. The degree of strength increase is higher in the conventional than in the enzymatic scoured substrates. Knitted fabrics from both scouring methods lose strength after scouring and the degree of strength loss is higher in the conventional than in the enzymatic scouring methods. The reasons for gaining and losing strength of scoured substrates are still under studying.

After bleaching, all substrates contain pH in the range of 7.0-8.5 and contain no peroxide. Conventional bleached substrates obtain whiteness index above or close to 70. Enzymatic bleaching using the hydrogen peroxide generated from the reaction of glucose oxidase, glucose and oxygen can increase

Proceedings of
The Second International Workshop on Green Polymers
15-20 October 2000/Bandung-Bogor

Supported by
Science and Technology Agency, Japan
Dutch Polymer Institute, The Netherlands

Jan Christoffel Schultz after W. O. J. Nieuwenkamp (1926)
"Het Oogsten van Rubber"
from Leo Haks and Guus Maris compiled
"Lexicon of Foreign Artists Who Visualized Indonesia 1600-1950",
Archipelago Press (1995)

Jointly organized by
Indonesian Polymer Association, Indonesia
National Institute of Materials and Chemical Research, Japan
Eindhoven University of Technology, The Netherlands

Proceeding of The Second International Workshop on Green Polymers
15-20 October 2000, Bandung-Bogor, Indonesia

ENZIMATIC DESIZING, SCOURING, AND BLEACHING OF COTTON

Usa Sangwatanaroj[1], Theeradol Rungraungkijkrai[1], Mitsuo Ueda[2]
[1] *Dept. of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand*
[2] *Dept. of Design Engineering and Management, Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan*

Greige cotton woven fabrics, knitted fabrics and a yarn were treated under the enzimatic preparation process containing desizing, scouring, and bleaching. Three enzymes, alpha-amylase; pectinase; and glucose oxidase were used in these three steps respectively. Greige substrates were also treated under conventional preparation process for comparison. They were then tested using the standard test methods. The test results are as follows. Samples desized with amylase enzyme show complete size removal. The conventional scouring with caustic soda and the enzymatic scouring with pectinase enzyme provide a very similar performance on cotton cleaning. Scoured cotton substrates from both processes show good water aborbancy with same degree of whiteness. The enzymatic scoured substrates lose less weight and contain lower level of pectin than the conventional scoured substrates. The conventional bleaching with hydrogen peroxide and the enzymating bleaching with glocose oxidase equally decrease the substrate strength 1-13%. Substrates bleached with hydrogen peroxide show 50-60 degrees increase in whiteness while those bleached with glucose oxidase enzyme obtain nearly 20 degree improvement (see table 1). The overall substrates strength loss from the conventional preparation are 6-19%, comparable to those from the enzymatic preparation of 5,5-22%.

Table 1. Whiteness index of substrates after bleaching with the conventional and the enzymatic bleaching methods compared with whiteness index of scoured substrates.

	Whiteness index				
	Plain Weave	Twill Weave	Jersey Knit (Yarn 50/l)	Jersey Knit (Yarn 24/2)	Yarn (50/l)
Convention al scoured	10,85	4,11	23,61	7,88	38,36
Convention al bleached	72,68	69,13	76,33	71,82	81,10
Enzymatic scoured	10,78	3,40	23,24	7,27	38,17
Enzymatic Bleached	22;30	17,12	39,33	24,59	54,04

ACKNOWLEDGEMENTS

The authers wish to thanks Thailand Research Fund for providing the fund and Thailand-Japan Technology Transfer Project-OECF for supporting some materials in this work.

REFERENCE

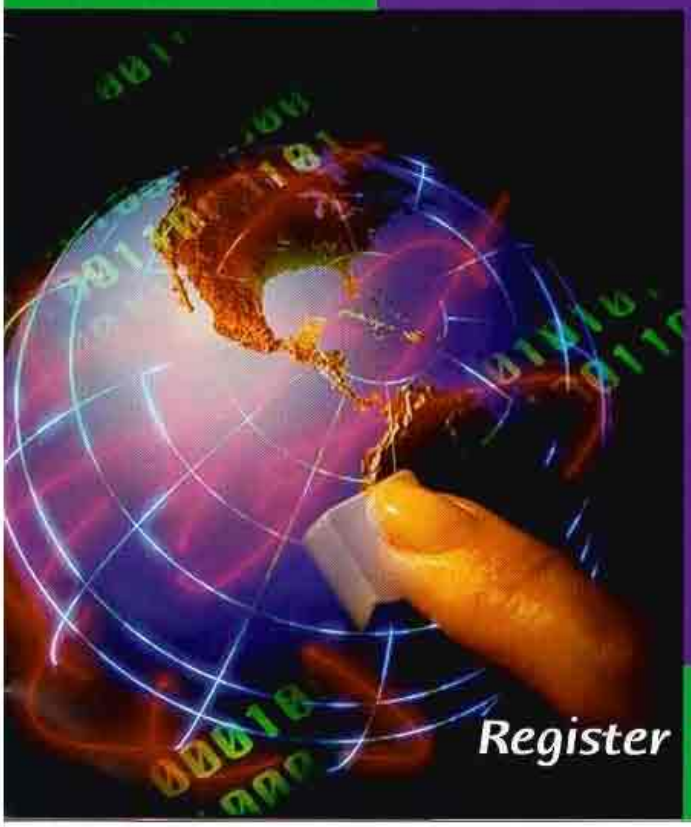
1. Livengood, C. "Spot Test for Identification of Warp Sizes on Fabrics," Textile Industries, 147(9):114-116. 1983.
2. A Bleachers Handbook Interox America, Houston, Texas, 1980.

AATCC 2001

AATCC Textiles 2001
Technical Innovations for Global Challenges
Hyatt Regency Greenville, SC
October 21-24, 2001
IC&E

International Conference & Exhibition

Hyatt Regency
Greenville, South Carolina



Where the World of Textile Wet Processing Comes Together

Register online at www.aatcc.org

ENZYMATIC SCOURING OF COTTON FABRIC

Usa Sangwatanaroj[a], Kingkamol Choonukulpong[a], and Mitsuo Ueda[b]
[a]Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
[b]Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan.

Introduction

Prior to dyeing, cotton fabric is normally scoured in a boiled caustic soda solution to improve its wettability towards water and dye liquor. This conventional cotton cleaning step consumes a large quantity of water and energy, and needs a special handling of the caustic effluent. An enzymatic scouring is one of many approaches being introduced as a clean technology for the cotton scouring. Li and Hardin[1] used pectinase and cellulase enzymes, together and separately, for scouring cotton and found that the scoured cotton showed an adequate absorbency. They concluded that pectinases penetrated the cuticle, then contacted and catalyzed the hydrolysis of the pectin substances, while cellulases catalyzed the hydrolysis of the cellulose in the primary wall. Sawada et. al.[2], studied the bioscouring of cotton with pectinase and also obtained a good water absorbency of the scoured cotton. Hartzell and Hsieh[3] found that pectinase, lipase, and protease treatments provided a very little improvement in the water wetting and retention properties of cotton, while a combination use of pectinase and cellulase enzymes for the cotton scouring significantly improved these properties. Buchert and Pere[4] conducted the cotton scouring with pectinases, proteases, and lipases. The results indicated that the water absorbency of cotton was improved in the pectinase treatment but impaired in the protease treatment. Both lipases and proteases were less efficient for the cotton scouring than pectinases. In this work, four cotton woven and knitted fabrics were scoured with several enzymes, pectinase; lipase; protease; and cellulase. Our previous study showed that scouring cotton fabrics with nonionic wetting agent alone; with lipase/nonionic wetting agent; with protease/nonionic wetting agent; with lipase/protease/nonionic wetting agent; and with cellulase/nonionic wetting agent were not able to acquire an adequate absorbency on the scoured fabrics. To obtain a successful scouring, these following processes were applied : one-step scouring with pectinase/nonionic wetting agent; two-steps scouring with lipase/nonionic wetting agent and then with cellulase/nonionic wetting agent; two-steps scouring with protease/nonionic wetting agent and then with cellulase/nonionic wetting agent; and two-steps scouring with lipase/protease/nonionic wetting agent and then with cellulase/nonionic wetting agent. The fabrics were also scoured with caustic soda solutions under the conventional process for a comparison.

Experimental

Materials

Greige cotton substrates containing two woven fabrics and two knitted fabrics were selected as the samples for this task. The plain fabric weighed 1.5 g/100 cm^2 and the twill fabric weighed 3.9 g/100 cm^2. Both knitted fabrics were a single jersey structure and weighed 1.2 and 2.8 g/100 cm^2. Some properties

of these greige fabrics are shown in Table I. All chemicals used in this work were the reagent grade chemicals. Four commercial enzymes, pectinase; lipase; protease; and cellulase supplied by Tokyo Chemical Industry, Japan were used. Their activities were 1,700 units/g, 15 units/g, 14,000 units/g, and 25,000 units/g, respectively.

Methods

Greige woven fabrics were first desized with an alpha-amylase enzyme (BAN 240L supplied by Novo Nordisk, Denmark) for a complete size removal before scouring. Then the desized woven fabrics and the greige knitted fabrics were enzymatic scoured with pectinase; lipase; protease; and cellulase, and conventional scoured with the caustic soda. Finally the scoured fabrics were tested for the water absorbency, the whiteness, the strength, the %weight loss, the dyeability, and the pectin content using the standard test methods.

Conventional Scouring

Fabrics were scoured in the solutions containing sodium hydroxide and Womine TE (nonionic wetting agent supplied by Tokai Seiyu, Japan) in the Ahiba Polymat® laboratory dyeing equipment at a liquor ratio of 1:20, 80°C for 1 hour. Then they were washed and dried. The amount of chemicals used was varied for each fabric to achieve an adequate absorbency.

Enzymatic Scouring

Pectinase

Fabrics were scoured in the solutions containing pectinase and Womine TE in the dyeing equipment at a liquor ratio of 1:50, pH 4, 40°C for 2 hours. Then they were boiled in the distilled water for 10 minutes before washed and dried. The amount of pectinase and Womine TE used was varied for each fabric to achieve an adequate absorbency.

Lipase/Protease/Cellulase

Fabrics were first scoured in the solutions containing lipase; protease; or lipase/protease, and Womine TE in the dyeing equipment at a liquor ratio of 1:50, pH 8; 7; or 7.5 respectively, 37°C for 30 minutes and they were boiled in the distilled water for another 10 minutes. Then they were continually scoured in the solutions containing cellulase and Womine TE at a liquor ratio of 1:50, pH 4.5, 40°C for 30 minutes. Finally they were boiled in the distilled water for 10 minutes before washed and dried. The amount of enzymes and Womine TE used was varied for each fabric to achieve an adequate absorbency.

Fabric Testing Procedures

The woven fabrics were tested for the breaking load in both warp and weft directions using the ASTM D5035 and the knitted fabrics were tested for the bursting strength using the JIS L 0888. The

water absorbency of the fabrics was determined using the AATCC Test Method 79 "Absorbency of Bleached Fabric." The fabrics were tested for the presence of pectins by measuring the absorption of the methylene blue onto the fabrics. This method is based on the interaction between the cationic dye of methylene blue and the carboxylate anion of pectins on the fabric. The higher the dye molecules are absorbed by the sample, the higher of the pectins present on the sample. The fabrics were determined for the whiteness using the MacBeth COLOR-EYE® 7000 reflectance spectrophotometer. The scoured fabrics were dyed with a direct dye "Benzopurpurine 4B 1% owf at a liquor ratio of 1:30, 95°C for 45 minutes. Then the fabrics were measured for the color strength using the same equipment as the whiteness measurement. The fabric weight loss was determined by weighing and drying the fabric until a constant weight was obtained. The fabrics were tested for the extractable materials using the AATCC Test Method 97 "Extractable Content of Greige and/or Prepared Textiles."

Results and Discussion

The amount of the extractable materials from these greige fabrics was 9.029% for the plain woven fabric, 9.129% for the twill woven fabric, 2.959% for the light weight knitted fabric, and 2.391% for the heavy weight knitted fabric. Some properties of the fabrics prior to scouring are shown in Table I. Before scouring, the fabrics were not able to absorb water and showed low whiteness.

Table I. Some properties of the fabrics prior to scouring.

	Woven (Plain)	Woven (Twill)	Knitted (Light)	Knitted (Heavy)
MB on the fabric (g/l)	0.3988	0.4406	0.4028	0.3932
Whiteness	5.487	2.901	5.348	< 0
Breaking load (N)	Warp 183.4 Weft 157.6	Warp 511.1 Weft 301.6	-	-
Bursting strength (kg/cm^2)	-	-	6.04	13.98
Water absorbency	did not absorb water			

MB means methylene blue

After scouring, the pectinase scoured fabrics showed approximately the same whiteness as the caustic scoured fabrics, 3.4-23.2 and 4.2-23.6, respectively. The lipase/protease/cellulase scoured fabrics showed a little higher whiteness of 4.4-29.2. These fabrics were dyed with a pure direct dye "Benzopurpurine 4B" 1% owf and they all had the same color strength or K/S between 2.7-5.0. Tables II and III display the amount of chemicals and enzymes used for obtaining a successful scouring. To scour the fabric with caustic soda, the one-step, one-hour scouring at 80°C was needed while the pectinase scouring required one-step and two hours at 40°C. Lipase, protease, and cellulase were not as effective as pectinase in terms of cotton scouring. They could not function independently like pectinase. A combination use of enzymes was necessary. The two-steps scouring with lipase; protease; or lipase/protease at 37°C for 30 minutes, then followed by cellulase at 40°C for 30 minutes was applied to

acquire an adequate absorbency on the scoured fabrics. Unexpectedly, the plain woven fabric required only one-step scouring with either lipase or lipase/protease. This could be explained as the loose structure of plain weave might allow the lipase enzyme to catalyze the scouring process easier than other structures such as twill and single jersey. Therefore, more impurities were removed from the plain woven fabric via just one-step scouring with lipase or lipase/protease and the amount of removal was sufficient to get an adequate absorbency of the scoured fabric.

Table II. Water absorbency of the fabrics after scouring with caustic soda and with pectinase.

	Woven (Plain)	**Woven (Twill)**	**Knitted (Light)**	**Knitted (Heavy)**
Caustic, %owf	2	4	3	5
Womine TE, g/l	3	3	3	3
Water absorbency	A	A	A	A
Pectinase, g/l	3	5	5	7
Womine TE, g/l	1	1	1	1
Water absorbency	A	B	A	B

A = Absorbed instantaneously B = Absorbed within 1-3 seconds

Table III. Water absorbency of the fabrics after scouring with lipase, protease, and cellulase.

	Woven (Plain)			**Woven (Twill)**			**Knitted (Light)**			**Knitted (Heavy)**		
Lipase	0.5			0.5			0.5			2.0		
WomineTE	1.0			1.0			1.0			1.0		
Protease		0.5			0.5			0.5			8.0	
WomineTE		1.0			1.0			1.0			1.0	
Lipase+Protease			0.5			0.5			0.5			1.0
WomineTE			1.0			1.0			1.0			1.0
Cellulase		0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.0	6.0	3.0
WomineTE		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Water absorbency	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A = Absorbed instantaneously

Table IV display the level of pectin content on the fabric by means of a determination of the amount of methylene blue absorbed on the fabric. The higher the amount of the methylene blue is, the higher of the pectins present. The result shows that 2.2-13.3% of pectins were removed from the fabrics by the caustic scouring, 6.3-17% by the pectinase scouring, and 3.2-38% by the lipase/protease/cellulase scouring. The fabric weight loss examination indicated that the caustic scoured fabrics lost 1.3-3.3%, the pectinase scoured fabrics lost 0.7-3.0%, and the lipase/protease/cellulase lost 2.0-17.3%, compared to

the fabrics before scouring. Scouring cotton fabric with the two-steps scouring using lipase, protease and cellulase produced the highest weight loss on the fabric. This may be explained as the cellulase enzyme used in the second step of scouring assisted the hydrolysis of the cellulose polymer chains, shortened them, weakened the cellulosic fibers, and promoted the removal of the fibers from the fabric surface, leading to a high loss of the fabric weight. Pectin substrates could have been removed from the fabric via this cellulase treatment and thus means more pectins were removed from the fabric by the two-steps scouring with lipase, protease, and cellulase than the one-step scouring with pectinase or with caustic soda.

Table IV. Pectin content (methylene blue) on the fabrics after scouring with caustic soda, pectinase, and lipase/protease/cellulase.

Pectin Content	**Methylene Blue on the Fabric (g/l)**			
	Woven(Plain)	**Woven(Twill)**	**Knitted(Light)**	**Knitted(Heavy)**
Before scouring	0.3988	0.4406	0.4028	0.3932
Caustic soda	0.3900	0.3820	0.3568	0.3592
Pectinase	0.3736	0.3660	0.3536	0.3372
Lipase then cellulase	-	0.3040	0.3900	0.3120
Protease then cellulase	-	0.2920	0.3812	0.2440
Lipase+Protease then cellulase	-	0.2880	0.3840	0.2560

The results on the fabric strength shown in Table V indicate that scouring with caustic soda increased the breaking load of the woven fabrics but decreased the bursting strength of the knitted fabrics to 5.6% and 18.3%, scouring with pectinase increased the breaking load of the plain woven fabric but decreased the breaking load of the twill woven fabric to 2% and the bursting strength of the knitted fabrics to 2% and 8.7%, and scouring with lipase/protease/cellulase increased the breaking load of the woven fabrics and the bursting strength of the light weight knitted fabric but decreased the bursting strength of the heavy weight knitted fabric from 10-26% due to the high amount of cellulase used in the second scouring step (see Table III) leading to a high loss of the fibers and the fabric strength.

Table V. Strength (breaking load and bursting strength) of the fabrics after scouring with caustic soda, pectinase, and lipase/protease/cellulase.

Fabric Strength	Breaking Load (N)				Bursting Strength (kg/cm^2)	
	Woven(Plain)		Woven (Twill)		Knitted(Light)	Knitted(Heavy)
	Warp	Weft	Warp	Weft		
Before scouring	183.4	157.6	511.1	301.6	6.04	13.98
Caustic soda	198.3	185.3	540.9	314.2	5.70	11.42
Pectinase	192.6	181.7	500.6	293.2	5.90	12.76
Lipase	317.3	283.4	-	-	-	-
Lipase+Protease	304.2	281.5	-	-	-	-
Lipase then cellulase	-	-	843.9	457.0	6.87	12.47
Protease then cellulase	328.6	295.6	917.4	465.7	6.80	11.13
Lipase+Protease then cellulase	-	-	1,017.5	477.1	6.93	10.30

Conclusions

The results from this study have shown that the impurities such as pectins can be removed from the cotton fabrics by both the conventional scouring using caustic soda and the enzymatic scouring using pectinase, lipase, protease, and cellulase enzymes. All scoured fabrics showed an adequate absorbency towards water and dye solutions. Lipase, protease, and cellulase were not as effective as pectinase and caustic soda in terms of cotton scouring. They could not function independently. A combination use of enzymes was necessary. The two-steps scouring with lipase; protease; or lipase/protease then followed by cellulase was applied and could remove the highest amount of pectins compared with the caustic and the pectinase scouring processes.

Acknowledgements

The authors of this article would like to express their thanks to the Thailand Research Fund for providing the fund and the TJTTP-OECF for providing some materials for this study.

References

1. Yonghua Li and Ian R. Hardin, Enzymatic Scouring of Cotton : Effects on Structure and Properties, Textile Chemist and Colorist, Vol. 29, No. 8, August 1997, p. 71-76.
2. K. Sawada, S. Tokino, M. Ueda, and X. Y. Wang, Bioscouring of Cotton with Pectinase Enzyme, Journal of Society of Dyers and Colorists, Vol. 114, November 1998, p. 333-336.
3. M. Michelle Hartzell and You-Lo Hsieh, Enzymatic Scouring to Improve Cotton Fabric Wettability, Textile Research Journal, Vol. 68, No. 4, April 1998, p. 233-241.
4. Johanna Buchert and Jaakko Pere, Scouring of Cotton with Pectinases, Proteases, and Lipases, Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter, Vol.32, No.5, May 2000,p. 48-52.

TEXTILE JOURNAL YEAR 6 VOL. 31 NOVEMBER - DECEMBER 2000

COLOURWAY

ISSN 0859-1849

THE ASSOCIATION OF THAI TEXTILE BLEACHING DYEING PRINTING AND FINISHING INDUSTRIES

น้ำบาดาล

หัวใจของอุตสาหกรรมฟอกย้อม

การประยุกต์เอ็นไซม์ในกระบวนการเตรียมผ้าฝ้าย

ผลของคลอรีนต่อการย้อมสี

การประยุกต์เอนไซม์ในกระบวนการเตรียมผ้าฝ้าย

ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ และ ธีระดล รุ่งเรืองกิจไกร
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Professor Mitsuo Ueda
Department of Design Engineering and Management, Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan

อุตสาหกรรมฟอกย้อม พิมพ์และตกแต่งสำเร็จสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญมากในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม และในขณะเดียวกันก็เป็นอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างของเสียให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมมากเช่นกัน ขั้นตอนการเตรียมผ้าก่อนย้อม/พิมพ์/ตกแต่งสำเร็จเป็นขั้นตอนที่ใช้สารเคมีและน้ำมาก น้ำเสียจากขั้นตอนจึงมีมากทำให้ต้องใช้สารเคมีจำนวนมากเพื่อบำบัดน้ำเสียก่อนทิ้งลงแหล่งน้ำสาธารณะ ปัจจุบันมีผู้ประกอบการสิ่งทอและนักวิจัยจำนวนหนึ่งให้ความสนใจที่จะเลือกใช้สารเคมีที่บำบัดง่ายและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการเตรียมผ้าฝ้าย เช่น การใช้เอนไซม์แทนสารเคมีอันตราย เอนไซม์เป็นสารประกอบพวกโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของกระบวนการต่างๆ ในสิ่งมีชีวิต มีการผลิตและนำเอนไซม์มาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการนำเอนไซม์มาใช้ในกระบวนการผลิต เอนไซม์ที่ใช้อยู่แล้วในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอคือ เอนไซม์อะไมเลสสำหรับการลอกแป้งออกจากผ้าทอ เซลลูเลสสำหรับการกำจัดขนบนผ้าใยเซลลูโลสและสำหรับการฟอกผ้ายีนส์ และคาทาเลสสำหรับการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่หลงเหลือบนผ้าหลังฟอก

ปัจจุบันเริ่มมีการทดลองใช้เอนไซม์ต่างๆ ในงานวิจัยด้านการเตรียมผ้าฝ้ายเช่น ใช้ในขั้นตอนการลอกแป้ง การกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอก บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ผู้เขียนได้ทำขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการประยุกต์เอนไซม์ต่างๆ ในขั้นตอนการลอกแป้ง การกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอกผ้าฝ้าย

การทดลอง

วัสดุ

ผ้าฝ้ายดิบที่ใช้ในการทดลองนี้มี 4 ชนิดคือ ผ้าทอหนา ผ้าทอบาง ผ้าถักหนาและผ้าถักบางซึ่งสมบัติของผ้ามีแสดงไว้ในตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้เป็นเกรดรีเอเจนต์ เอนไซม์ที่ใช้คือ เอนไซม์อะไมเลส เพกติเนสและกลูโคสออกซิเดสสำหรับการลอกแป้ง การกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอก ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดของเอนไซม์เหล่านี้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 *สมบัติของผ้าฝ้ายดิบต่างๆ*

รายละเอียด	ผ้าทอ	ผ้าทอ	ผ้าถัก	ผ้าถัก
โครงสร้างผ้า	ลายขัด	ลายสอง	เจอร์ซี่	เจอร์ซี่
เบอร์ด้าย	ไม่ทราบ	ไม่ทราบ	50/1	24/2
ชนิดของแป้ง	แป้งมัน	แป้งมันและพีวีเอ	ไม่มี	ไม่มี
ระดับของแป้ง (TEGEWA violet scale. 1 = มากสุด 9 = ไม่มี)	1 (มากสุด)	1 (มากสุด)	9 (ไม่มี)	9 (ไม่มี)
ปริมาณ MB methylene blue กรัม/กรัมของผ้า (ระดับของเพกติน : ปริมาณ MB สูง หมายถึงมีระดับเพกตินสูงด้วย)	11.96	13.21	12.08	11.80
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	9.029	9:129	2.959	2.391
น้ำหนักผ้า (กรัม/100 ตร.ซม.)	1.50	3.90	1.18	2.79
แรงดึงขาด (นิวตัน. ยืน + พุ่ง)	368.9	815.7	ไม่มีการทดสอบ	ไม่มีการทดสอบ
ความแข็งแรง แรงดันทะลุ (กก/ตร.ซม.)	ไม่มีการทดสอบ	ไม่มีการทดสอบ	6.04	13.98
การดูดซึมน้ำ	ไม่ดูดซึมน้ำ			

ตารางที่ 2 *รายละเอียดเกี่ยวกับเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง*

เอนไซม์	เบอร์ EC	แหล่ง	แอคติวิตี้	ผู้จำหน่าย
แอลฟาอะไมเลส* (Termamyl 120)	EC 3.2.1.1	Bacillus subtilis	120,000 หน่วย/กรัม	Novo Nordisk. Denmark
เพกติเนส	EC 3.2.1.15	Aspergillus niger	1,700 หน่วย/กรัม	Tokyo Chemical Industry. Japan
กลูโคสออกซิเดส	EC 1.1.3.4	Aspergillus niger	18 หน่วย/มิลลิกรัม	Tokyo Chemical Industry. Japan

**เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสได้รับความอนุเคราะห์ให้จาก บมจ. อีสต์เอเชียติ๊ก (ประเทศไทย)*

ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการเตรียมผ้าและขั้นตอนการทดสอบสมบัติของผ้า การเตรียมผ้าแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การลอกแป้ง การกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอก ในส่วนของการกำจัดสิ่งสกปรกและการฟอกได้กระทำการเตรียมผ้าด้วยเอนไซม์เปรียบเทียบกับการเตรียมผ้าด้วยสารที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรม ในส่วนของการลอกแป้งได้กระทำการเตรียมผ้าด้วยเอนไซม์อย่างเดียว

การเตรียมผ้า

การลอกแป้ง

ผ้าฝ้ายทอ (ผ้าดิบ) ถูกลอกแป้งในสารละลายที่ประกอบด้วยแคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์เป็นสารช่วยให้เอนไซม์เสถียร. สารช่วยเปียกที่ไม่มีประจุชื่อ Womine TE (Tokai Seiyu จากญี่ปุ่น) และเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสชื่อ Termamyl 120L (Novo Nordisk จากเดนมาร์ค) ในเครื่องย้อมขนาดเล็ก Ahiba Polymat® ใช้อัตราส่วนผ้าต่อสารละลายหรือ liquor ratio 1:20 ที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 45 นาที ปริมาณเอนไซม์และสารเคมีที่ใช้ถูกแปรเปลี่ยนสำหรับผ้าแต่ละชนิดจนได้สูตรปริมาณสารต่ำสุดที่สามารถลอกแป้งออกจากผ้าได้หมดหรือเกือบหมด ผ้าที่ผ่านการลอกแป้งแล้วถูกทดสอบหาสมบัติต่างๆ เช่น ระดับของแป้งหลงเหลือบนผ้า น้ำหนักผ้าที่หายไป (%) การดูดซึม

น้ำของผ้าและความแข็งแรงของผ้า ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

การกำจัดสิ่งสกปรก

การกำจัดสิ่งสกปรกด้วยสารที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรม

ผ้าฝ้ายทอที่ผ่านการลอกแป้งและผ้าฝ้ายถัก (ผ้าดิบ) ได้ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกในสารละลายที่ประกอบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และ Womine TE โดยใช้ liquor ratio 1:20 ที่อุณหภูมิ 80°C (Womine TE ทำหน้าที่ได้ดีตั้งแต่อุณหภูมิ 80°C) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในเครื่อง Ahiba Polymat® ปริมาณสารเคมีที่ใช้ถูกแปรเปลี่ยนสำหรับผ้าแต่ละชนิดจนได้สูตรปริมาณสารต่ำสุดที่สามารถทำให้ผ้าดูดซึมน้ำได้ทันทีหรือภายใน 3 วินาที

การกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกติเนส

ผ้าฝ้ายทอที่ผ่านการลอกแป้งและผ้าฝ้ายถัก (ผ้าดิบ) ได้ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกในสารละลายที่ประกอบด้วยเอนไซม์เพกติเนสและ Womine TE โดยใช้ liquor ratio 1:50. ที่ pH 4 อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในเครื่อง Ahiba Polymat® ปริมาณเอนไซม์และสารเคมีที่ใช้ถูกแปรเปลี่ยนสำหรับผ้าแต่ละชนิดจนได้สูตรปริมาณสารต่ำสุดที่สามารถทำให้ผ้าดูดซึมน้ำได้ทันทีหรือภายใน 3 วินาที

ผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกแล้วถูกทดสอบหาสมบัติต่างๆ เช่น การดูดซึมน้ำของผ้าน้ำหนักผ้าที่หายไป (%) ระดับเพกตินหลงเหลือบนผ้าและความแข็งแรงของผ้า ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-6

การฟอกขาว

การฟอกขาวด้วยสารที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรม

ผ้าฝ้ายทอและผ้าฝ้ายถักที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยสารที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมถูกฟอกขาวในสารละลายที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซิลิเกตและ Womine TE ด้วย liquor ratio 1:20 ที่ pH 11.5 อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในเครื่อง Ahiba Polymat® ปริมาณสารเคมีที่ใช้ถูกแปรเปลี่ยนสำหรับผ้าแต่ละชนิดจนได้สูตรปริมาณสารต่ำสุดที่สามารถทำให้ผ้ามีดัชนีความขาวอย่างต่ำ 70

การฟอกขาวด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส

การฟอกขาวผ้าฝ้ายด้วยเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสมี 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการเตรียมสารฟอกขาวและขั้นตอนการฟอกขาว การเตรียมสารฟอกขาวในที่นี้หมายถึงการสร้างสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เกิดขึ้นในหม้อฟอกด้วยปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส กลูโคสและออกซิเจน เมื่อกลูโคสออกซิเดสและกลูโคสถูกละลายในน้ำที่ pH 7 อุณหภูมิ 25°C โดยมีการพ่นออกซิเจนลงในสารละลายตลอดเวลา สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดกลูโคนิกจะเกิดขึ้นในสารละลาย เมื่อได้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากสุดแล้วก็จะหยุดปฏิกิริยาเพื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์และทำการฟอกผ้าทันที

การเตรียมสารฟอกขาวต้องมีการศึกษาถึงปริมาณกลูโคสที่ต้องใช้และเวลาในการให้ออกซิเจนเพื่อให้เกิดสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากที่สุดโดยใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสที่ความเข้มข้น 1 กรัม/ลิตร ในการศึกษานี้พบว่าสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อเตรียมด้วยสารละลาย pH 7 ที่มีเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส 1 กรัม/ลิตรและกลูโคส 50 กรัม/ลิตร และพ่นออกซิเจนลงในสารละลายเป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 25°C หลังจากได้สารละลายสำหรับฟอกแล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม/ลิตร เติมผ้าที่ผ่านการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยเอนไซม์เพกติเนสและทำการฟอกผ้าที่ liquor ratio 1:20 อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ผ้าที่ผ่านการฟอกแล้วถูกทดสอบหาสมบัติต่างๆ เช่น ดัชนีความขาวของผ้า ความแข็งแรงของผ้า pH ของผ้าและสารเปอร์ออกไซด์หลงเหลือบนผ้า ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7-8

การทดสอบสมบัติของผ้า

ความแข็งแรงของผ้าทอถูกวัดโดยการทดสอบหาค่าแรงดึงขาดตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D5035 ความแข็งแรงของผ้าถักถูกวัดโดยการทดสอบหาค่าความแข็งแรงแรงดันทะลุตามมาตรฐานการทดสอบ JIS L0888 ชนิดของแป้งบนผ้าทอทราบได้จากการทดสอบด้วยวิธี spot test ของ Livengood[1] โดยการหยดสารละลายต่างๆ ที่เตรียมขึ้นด้วยวิธีตามการทดสอบลงบนผ้าแล้วสังเกตสีผ้าตรงที่หยดเทียบกับผลแสดงไว้ในการทดสอบ ระดับของแป้งหลงเหลือบนผ้าสามารถทดสอบได้ด้วยวิธีของ TEGEWA violet scale โดยการแช่ผ้าลงในสารละลายไอโอดีน 1 นาทีแล้วล้างน้ำ ซับผ้าและเทียบสีผ้ากับสีบนแถบสีม่วง 9 แถบของ TEGEWA violet scale แถบสีเบอร์ 1 หมายถึงมีแป้งอยู่บนผ้ามากที่สุด แถบสีเบอร์ 9 หมายถึงไม่มีแป้งหลงเหลือบนผ้า ความสามารถในการดูดซึมน้ำของผ้าทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 79 "Absorbency of Bleached Fabric" ระดับของเพกตินบนผ้าวัดจากปริมาณสี methylene blue ที่ผ้าดูดซับเข้าไป ถ้ามีปริมาณสีสูงหมายถึงผ้ามีปริมาณของเพกตินสูงด้วย ดัชนีความขาวของผ้าวัดได้จากเครื่อง reflectance spectrophotometer ระดับของสารเปอร์ออกไซด์หลงเหลือบนผ้าหลังฟอกขาววัดตามวิธี spot test ของ Interox[2] และค่า pH ของน้ำสกัดจากผ้าวัดตามมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 81 "pH of the Water-Extract from Bleached Textiles" ปริมาณของไฮโดร-