



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การตกแต่งผ้าฝ้ายให้ทนต่อการยับย่น ด้านทานเชื้รรา และแบคทีเรีย
ด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซาน”

โดย นางสาว สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ และคณะ

กุมภาพันธ์ 2547

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การตกแต่งผ้าฝ้ายให้ทนต่อการยับย่น ด้านทานเชื้รรา และแบคทีเรีย
ด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซาน”

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. นางสาว สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ
2. นาย พริยะ แก่นทับทิม นิสิตปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

และบริษัท วี.พี.ซี. เคมีคอล จำกัด

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากองค์กรและบุคคลหลายฝ่าย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย และ ขอขอบคุณ คุณประพัทธ์ พิมพ์ประไพธ กรรมการผู้จัดการบริษัท วี พี ซี เคมิคอล จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยร่วมกับ สกว. ขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่าย 5 ตลอดจนคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิและบุคลากรสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่าย 5 ที่ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นและแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และความสะดวกในการติดต่อประสานงานด้วยดีตลอดมา นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ. ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ และคุณธนิต สิงหนุญหงส์ จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำวิธีการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์บนผ้า

Executive Summary

This study examined the possibility of using glyoxal and chitosan in one step finishing to impart both durable press performance and antibacterial efficacy on cotton fabrics. According to the results in this study. It could be conclude that glyoxal treatment provided both durable press performance and antibacterial properties on the finished fabrics. The disadvantage of fabrics treated with glyoxal was a loss of breaking strength retention. The antibacterial efficacy of the fabrics treated with glyoxal only was better than that of the fabrics treated with chitosan only and slightly better than that of the fabrics treated with the combination of glyoxal and chitosan. Chitosan treatment provided a better durable press rating that of untreated fabric, but the chitosan finished fabrics had the same wrinkle recovery angle and strength retention as the untreated fabric had. The disadvantage of fabrics treated with chitosan only was a yellowing problem. The fabrics treated with chitosan did not have good results in durable press performance and antibacterial properties as the fabric treated with glyoxal only had. Combination of glyoxal and chitosan treatment had only a better result in strength retention than that of glyoxal treatment. Chitosan added in the glyoxal system improve the breaking strength retention of the finished fabrics without affecting wrinkle recovery angle and durable press rating, but it did affect the antibacterial efficacy of glyoxal a little bit and affect the yellowing on the finished fabrics. Adding chitosan in glyoxal treatment could improve the drawback of strength loss on the finished fabrics treated with glyoxal system.

บทคัดย่อภาษาไทย

การศึกษาในโครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการใช้สารไกลออกซอลและโคโคซานตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายแบบชั้นตอนเดียว และศึกษาสมบัติด้านกันยับ ความแข็งแรง ดัชนีความขาว และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จดังกล่าว เปรียบเทียบกับสมบัติดังกล่าวที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบ 2 ชั้นตอน การตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวให้สมบัติกันยับด้านองศาการคืนตัวต่อการยับ เกรดระดับการยับของผ้า และสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และดัชนีความขาวของผ้าที่ค่อนข้างดี แต่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าไม่คืบนัก แต่เมื่อใช้การตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว ช่วยทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นค่อนข้างมาก และเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้นเช่นกัน องศาการคืนตัวต่อการยับและผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าอยู่ในเกรดระดับที่ใกล้เคียงกับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว แต่ปัญหานึ่งที่เกิดขึ้นสำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว คือ ดัชนีความขาวของผ้าลดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว สำหรับการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบ 2 ชั้นตอน ให้ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นเดียวกัน และองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีปัญหาด้านความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแล้วไม่คืบนัก ซึ่งสมบัติดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกันกับความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และดัชนีความขาวลดลงด้วยเช่นเดียวกับดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว

Abstract

This study examined the possibility of using glyoxal and chitosan in one step finishing to impart both durable press performance and antibacterial efficacy on cotton fabrics. Glyoxal treatment provided both wrinkle resistant and antibacterial properties on the finished fabrics, but the breaking strength retention loss of the finished fabrics was a main problem of this treatment. Chitosan added in the treatment of combination of glyoxal and chitosan system also provided both in wrinkle resistant and antibacterial properties on the finished fabrics. The advantage of chitosan in the combination of glyoxal and chitosan system was to improve the breaking strength retention of the finished fabrics without affecting the durable press property of the finished fabrics. However, the yellowing problem is still a problem for the finished fabrics treated with the combination of glyoxal and chitosan system.

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	3
	1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ	5
	2.2 สารตกแต่งกันยับ	6
	2.3 สาร ไคตินและไคโตซาน	16
	2.4 สารต้านเชื้อจุลชีพ	24
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	
	3.1 การดำเนินการวิจัย	30
	3.2 สมบัติของผ้าฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง	31
	3.3 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	31
	3.4 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้าย	32
	3.5 การทดสอบสมบัติของผ้าฝ้าย	33
บทที่ 4	ผลการทดลองและการอภิปรายผล	
	4.1 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของไกลออกซอล ที่ใช้เป็นสารตกแต่งกันยับบนผ้าฝ้าย	36
	4.2 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของการเป็นสารต้านเชื้อจุลชีพ ของสารละลายไกลออกซอล	39
	4.3 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของการเป็นสารต้านเชื้อจุลชีพ ของสารละลายไคโตซาน	39
	4.4 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของการเป็นสารต้านเชื้อจุลชีพ ของสารละลายอูมิเนียมซัลเฟต	41
	4.5 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว	42
	4.6 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว	47

	4.7	ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลอกซอสและไคโตซานแบบชั้นคอนเดียว	48
	4.8	ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลอกซอสและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน	52
	4.9	ศึกษาการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จ	55
บทที่ 5		สรุปผลการทดลอง	75
บทที่ 6		ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารอ้างอิง			81

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ผลกระทบของอุณหภูมิในการอบผึ่งกึ่งต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล	36
ตารางที่ 2 ผลกระทบของตัวเร่งอุณหภูมิเนยมซัลเฟตต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล	37
ตารางที่ 3 ผลกระทบของไกลออกซอลต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอล	38
ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล	39
ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซาน	40
ตารางที่ 6 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายอุณหภูมิเนยมซัลเฟต	41
ตารางที่ 7 ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร ไกลออกซอลอย่างเดียว	43
ตารางที่ 8 ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว	47
ตารางที่ 9 ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว	49
ตารางที่ 10 ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน	52
ตารางที่ 11 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวแบบวิธี Shake flask method	56
ตารางที่ 12 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวแบบวิธี Clear zone	59
ตารางที่ 13 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวแบบวิธี Shake flask method	65
ตารางที่ 14 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายที่ประกอบด้วยไกลออกซอลและไคโตซานด้วยวิธี Shake flask method	66
ตารางที่ 15 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวด้วยวิธี Shake flask method	67
ตารางที่ 16 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวด้วยวิธี Clear zone method	69
ตารางที่ 17 ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method	70

ตารางที่ 18	ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซาน แบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Clear zone method	71
ตารางที่ 19	การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จก่อนซักและหลังซัก	72

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	แผนภูมิการเกิดร่างแหในเซลล์	7
รูปที่ 2	การเกิดปฏิกิริยาพันธะเคมีของ DMDHEU และเซลล์	9
รูปที่ 3	กระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง BTCA และเซลล์	10
รูปที่ 4	โครงสร้างทางเคมีของ Polycarboxylic acids	11
รูปที่ 5	การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลอออกซอลและเซลล์	12
รูปที่ 6	การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลอออกซอลกับ serine หรือ tyrosine	13
รูปที่ 7	การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลอออกซอลกับ lysine หรือ arginine	14
รูปที่ 8	โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน	19
รูปที่ 9	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสี่แฉกและ Quaternary Ammonium Salts	26
รูปที่ 10	โครงสร้างของ Quaternary Ammonium Salts	27
รูปที่ 11	โครงสร้างของ PHMB	29
รูปที่ 12	แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ S. aureus บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลอออกซอลอย่างเดียวน	61
รูปที่ 13	แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ K. pneumoniae บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลอออกซอลอย่างเดียวน	62
รูปที่ 14	แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ C. albicans บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลอออกซอลอย่างเดียวน	63
รูปที่ 15	แสดงลักษณะของ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวน	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

การตกแต่งสำเร็จบนผ้าเพื่อให้มีสมบัติพิเศษต่างๆ เช่น ทนต่อการยับย่น ด้านเชื่อก และแบคทีเรีย ทนต่อการติดไฟ หรือทนต่อสิ่งสกปรกต่างๆ สามารถทำได้ โดยการตกแต่งสารเคมีที่ให้สมบัติพิเศษดังกล่าวลงบนผ้าด้วยวิธีจุ่มอัด-อบแห้ง-อบผนึก (Pad-Dry-Cure method) แต่ถ้าต้องการตกแต่งผ้าให้มีสมบัติมากกว่าหนึ่งอย่างจะต้องทำมากกว่าหนึ่งขั้นตอน ทั้งนี้เพราะเงื่อนไขในการตกแต่งสารเคมีเพื่อแสดงสมบัติพิเศษแต่ละอย่างไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้น การศึกษาความเป็นไปได้ในการตกแต่งผ้าฝ้ายให้มีสมบัติพิเศษมากกว่าหนึ่งอย่างในขั้นตอนเดียว จึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจ เพราะถ้าสามารถทำได้จะช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการตกแต่งสำเร็จบนผ้า

ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยฝ้ายมีแนวโน้มที่จะเกิดรอยยับย่นได้ง่ายกว่าผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์หลังผ่านการซักล้าง เนื่องจากเส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งความสามารถในการดูดซับน้ำของเส้นใยฝ้ายมีความสัมพันธ์กับการเกิดรอยยับย่นบนผ้าฝ้าย พันธะไฮโดรเจนที่มีอยู่ในโครงสร้างภายในเส้นใยฝ้ายเป็นพันธะที่อ่อนแอหักได้ง่ายเมื่อผ้าผ่านกระบวนการซักล้าง เมื่อพันธะไฮโดรเจนเกิดการแตกหักแล้วมันสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนขึ้นมาใหม่ได้ แต่พันธะที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้จะไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม จึงมีผลทำให้เกิดรอยยับย่นขึ้น การแก้ไขปัญหานี้ แก้ได้โดยการเปลี่ยนพันธะในโครงสร้างเส้นใยฝ้ายให้แข็งแรงขึ้น โดยให้หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) ของเส้นใยฝ้าย เข้าทำปฏิกิริยากับเคมีอินทรีย์เพื่อให้เกิดการสร้างพันธะโควาเลนต์ขึ้นแทนพันธะไฮโดรเจน สารเคมีอินทรีย์ที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ได้แก่ โพลีคาร์บอกซิลิก (Polycarboxylic acids) สารไดเมทิลออคไดไฮดรอกซิลเอทิลีนยูเรีย (dimethyldihydroxyethyleneurea, DMDHEU) หรือ ไกลออกซอล (glyoxal) เป็นต้น ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ถือว่าเป็นสารตกแต่งกันยับย่นสำหรับเส้นใยธรรมชาติ หรือเส้นใยธรรมชาติผสมกับเส้นใยสังเคราะห์ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาสารไกลออกซอล^(3,4,9,16,17) ทำหน้าที่เป็นสารตกแต่งกันยับย่น เพราะไกลออกซอลสามารถทำปฏิกิริยากับผ้าฝ้ายได้ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีราคาไม่แพงมาก และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากเส้นใยธรรมชาติโดยเฉพาะผ้าฝ้ายไม่ทนต่อการยับย่นแล้ว ผ้าฝ้ายยังไม่ทนต่อเชื้อราและแบคทีเรียอีกด้วย ทั้งนี้เพราะเส้นใยฝ้ายเป็นเส้นใยที่ชอบน้ำ สามารถดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อม และดูดซับเหงื่อได้ ซึ่งเหงื่อเป็นแหล่งอาหารของเชื้อรา และแบคทีเรียที่ประกอบไปด้วย เกลือ กรดอะมิโน และกรดคาร์บอกซิลิก นอกจากนี้สภาพแวดล้อมยังประกอบไปด้วยออกซิเจน และถ้ามีอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 20°C-45°C ด้วยแล้ว การเกิดเชื้อราและแบคทีเรียก็

จะเกิดขึ้นบนผ้าฝ้ายได้ง่ายยิ่งขึ้น โคโคซาน^(10,13,14) เป็นสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียตัวหนึ่งที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราบนผ้าฝ้ายได้ ทั้งนี้เพราะกลุ่มอะมิโนของโคโคซาน จะเข้าไปแทรกแซงกระบวนการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อรา ซึ่งโคโคซานมีสมบัติที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราได้หลายชนิด และมีอัตราการยับยั้งเชื้อที่ดีและเร็ว มีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อเนื่องของมนุษย์น้อย ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุที่ต้องสัมผัสกับผิวหนังของมนุษย์ เช่น เสื้อผ้าที่ใช้สำหรับคนไข้ในโรงพยาบาล ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราของโคโคซานบนผ้าขึ้นอยู่กับ ชนิดของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ต้องการยับยั้ง ขนาดโมเลกุลและความเข้มข้นของโคโคซาน และชนิดของเส้นใย โคโคซานที่มีขนาดโมเลกุลที่เท่ากันอาจจะต้องใช้ปริมาณความเข้มข้นต่างกันในการฆ่าเชื้อ E. Coli หรือ P. Vulgaris และถ้าขนาดโมเลกุลของโคโคซานใหญ่ขึ้น ความเข้มข้นที่ใช้ในการยับยั้งเชื้อชนิดเดียวกันจะใช้ปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ที่มากของโคโคซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่า ชนิดของเส้นใย เช่น เส้นใยฝ้ายและเส้นใยโพลีโพรพิลีน จะใช้โคโคซานในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ในการยับยั้งเชื้อแต่ละชนิดบนผ้าที่ทำจากเส้นใยต่างกัน โคโคซานสามารถผลิตจากโคตินซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีมากในประเทศไทย ซึ่งโคโคซานเป็นอนุพันธ์ของโคตินที่เกิดจากการกำจัดหมู่อะซิทิล (Acetyl group) ออกจากโครงสร้างของโคตินด้วยวิธีทางเคมี หรือทางเอนไซม์ก็ได้ ทำให้ได้อนุพันธ์ที่มีประจุบวกบนหมู่อะมิโนอิสระ และสามารถละลายได้ในสารละลายกรดที่มี pH น้อยกว่า 6.5 โคโคซานที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวกนั้น มีสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ และใช้ประโยชน์ได้มากมายในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา และวัสดุทางการแพทย์ อุตสาหกรรมทางเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมด้านการเกษตร การบำบัดน้ำเสีย และ อุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยและสิ่งทอ เป็นต้น

ไกลออกซอลสามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้ทั้งหมู่อะมิโนของโคโคซาน และหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้าย นอกจากนี้ หมู่อะมิโนของโคโคซาน ก็สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายได้เช่นกัน เพราะฉะนั้น การตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยไกลออกซอล และ โคโคซานบนผ้าฝ้ายในภาวะที่เหมาะสมในเวลาเดียวกัน อาจเกิดการสร้างร่างแหขึ้นในโครงสร้างผ้าฝ้าย ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าว แสดงสมบัติทั้งที่ทนต่อการยับย่น และต้านเชื้อราและแบคทีเรีย ถึงแม้หมู่อะมิโนของโคโคซานจะเข้าทำปฏิกิริยากับไกลออกซอลไปบ้าง แต่สายโซ่โมเลกุลของโคโคซานเป็นพอลิเมอร์ ซึ่งน่าที่จะมีหมู่อะมิโนเหลืออยู่ที่จะปฏิบัติหน้าที่ในการยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรีย ประสิทธิภาพดังกล่าวจะลดน้อยลงมากน้อยเท่าใด จะต้องทำการศึกษา ดังนั้น การศึกษาความเป็นไปได้ ในการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้าย ให้ทนต่อการยับย่น ด้านเชื้อราและแบคทีเรีย ในกระบวนการตกแต่งสำเร็จในขั้นเดียวกันด้วยไกลออกซอล และ โคโคซาน เพื่อลดขั้นตอนและเวลาในการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้ายให้มีสมบัติ 2 อย่างจึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจและศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ตั้งประเด็นคำถามไว้ว่า ไกลออกซอลสามารถใช้เป็นตัวเชื่อมระหว่าง

โคโตะซานกับโครงสร้างผ้าฝ้ายเข้าด้วยกันได้ ทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแสดงสมบัติทนต่อการยับย่น ด้านเชื่อกัน และแบคทีเรีย ได้ในเวลาเดียวกัน ถ้าผลการศึกษาเป็นไปตามประเด็นคำถามที่ตั้งไว้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอย่างยิ่ง เพราะช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการตกแต่งสำเร็จบนผ้าให้น้อยลงในการตกแต่งให้ผ้ามีสมบัติมากกว่าหนึ่งอย่างในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของโคโตะซานที่ผลิตได้ภายในประเทศด้วย อย่างไรก็ตามสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวในขั้นตอนเดียว อาจจะให้สมบัติที่แตกต่างกับสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทั้ง 2 แบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งในโครงการนี้จะศึกษาเปรียบเทียบผลการทดลองของสมบัติที่ได้ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโตะซานจากการตกแต่งสำเร็จแบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอน

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อศึกษา

1. ความเป็นไปได้ในการตกแต่งผ้าฝ้ายให้ทนต่อการยับย่น ด้านเชื่อกัน และแบคทีเรีย ในกระบวนการตกแต่งสำเร็จในขั้นตอนเดียว
2. ผลกระทบของไกลออกซอล และโคโตะซาน เมื่อนำมาใช้ตกแต่งผ้าต่อสมบัติของผ้าด้านอื่นๆ เช่น ความแข็งแรง และความขาวของผ้าที่ถูกตกแต่ง
3. ผลกระทบของโคโตะซานต่อความสามารถของไกลออกซอลซึ่งเป็นสารตกแต่งการยับย่นสำหรับผ้าฝ้าย
4. ผลกระทบของไกลออกซอลต่อความสามารถของโคโตะซานซึ่งเป็นสารตกแต่งด้านเชื่อกันและแบคทีเรียสำหรับผ้าฝ้าย
5. เปรียบเทียบสมบัติทนต่อการยับย่น ด้านเชื่อกันและแบคทีเรียของผ้าฝ้าย ที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล และโคโตะซานในขั้นตอนเดียวกัน กับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารทั้ง 2 อย่างด้วยกระบวนการ 2 ขั้นตอน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยคือ จะทำการตกแต่งไกลออกซอล และโคโตะซานลงบนผ้าฝ้ายที่ฟอกขาวแล้วเท่านั้นในช่วงแรก ยังไม่ได้รวมถึงการตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมแล้ว ทั้งนี้เพราะ สีย้อมมีหลายประเภท ผลกระทบของสารตกแต่งสำเร็จบนผ้าที่ย้อมด้วยสีประเภทต่างๆอาจไม่เหมือนกัน แต่การตกแต่งสำเร็จบนผ้าที่ผ่านการย้อมแล้ว เป็นสิ่งที่น่าศึกษาเพิ่มเติมอย่างมาก เมื่อการศึกษาเบื้องต้นของโครงการนี้ ประสบความสำเร็จตามประเด็นคำถามที่ได้ตั้งไว้ก่อนแล้ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ถ้าผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ คือ ไกลออกซอล และ ไคโตซานสามารถใช้ตกแต่งลงบนผ้าในเวลาเดียวกันได้ ทำให้การตกแต่งผ้าฝ้ายให้มีสมบัติทั้งทนต่อการยับย่น ด้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ในขั้นตอนเดียว มีผลทำให้ประหยัดเวลาและพลังงานที่ใช้น้อยลงในการตกแต่งสำเร็จ ซึ่งจากเดิมจะต้องทำการตกแต่งมากกว่าหนึ่งครั้ง เพื่อให้ได้สมบัติมากกว่าหนึ่งอย่าง นอกจากนี้ยังเพิ่มโอกาสการเลือกใช้สารเคมีในการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้ายให้มีมากขึ้นอีกหนึ่งชนิด และยังช่วยเพิ่มมูลค่าของไคโตซานและเพิ่มประโยชน์การใช้งานของไคโตซานในการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ (Textile Finishing)

การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ หมายถึง การตกแต่งสมบัติบางอย่างลงบนผ้า หรือเส้นด้าย ด้วยวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้ผ้าหรือเส้นด้ายมีสมบัติตามที่ต้องการหรือให้มีสมบัติที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การตกแต่งสำเร็จนิยมทำหลังจากผ้าหรือเส้นด้ายได้ผ่านกระบวนการย้อมหรือพิมพ์มาเรียบร้อยแล้ว

หน้าที่ของสารตกแต่งสิ่งทอ (Functions of Finishes)⁽¹¹⁾ เพื่อ

1. เพื่อหรือยับยั้งสมบัติธรรมชาติบางอย่างของผ้า เช่น ความนุ่ม (softening) ความกระด้างหรือความแข็งแรง (stiffening or firming) ความไม่เป็นมันเงาหรือการลดความมันเงา (delustering) ความสว่างสดใส (brightening) การดัดแปลงหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิว (changing surface characteristics)
2. เพิ่มลักษณะหรือสมบัติใหม่บนผ้า เช่น สมบัติกันยับ (durable press finishes) สมบัติหน่วงไฟ (flame retardant finishes) เป็นต้น
3. เพิ่มระยะเวลาใช้งานและเพิ่มความทนทานต่อการใช้งานของสิ่งทอ
4. กำหนดให้ผ้ามีลักษณะรูปร่างและโครงสร้างที่คงตัวไม่หด

วิธีการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอโดยทั่วไปสามารถแยกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางเชิงกล⁽¹¹⁾ (Mechanical Finishes) คือ การดัดแปลงหรือตกแต่งสำเร็จบนผ้าโดยใช้กลไกการทำงานของเครื่องจักร ตัวอย่างการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางเชิงกล เช่น

- 1.1 การรีด (Calendering)
- 1.2 การทำให้คงตัวหรืออยู่ตัวทางเชิงกล (Mechanical Stabilization)
- 1.3 การขูดขน (Raising)
- 1.4 การทำให้นุ่มทางเชิงกล (Mechanical Softening)
- 1.5 การทำฟลอคกลิ้ง (Flocking)

2. การตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางเคมี (Chemical Finishes) คือ การใช้สารละลายเคมีต่างๆตกแต่งลงบนผ้า การแบ่งประเภทของสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอสามารถแบ่งได้ง่ายๆ โดยแยกเป็นประเภทสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอชนิดพิเศษ คือ การตกแต่งสำเร็จเพื่อเพิ่มสมบัติบางอย่างลงบน

ผ้า และประเภทสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอชนิดธรรมดา คือ สารตกแต่งสำเร็จที่ใช้อยู่เป็นประจำ แต่ ณ ที่นี้จะแบ่งประเภทสารตกแต่งสำเร็จสิ่งทอทางเคมีบนผ้าออกเป็น 5 ประเภท⁽¹⁹⁾ ดังนี้

1. สารตกแต่งที่เพิ่มความสบายในการสวมใส่หรือในการใช้งาน (Finishes that improve comfort) เช่น สารทำนุ่น
2. สารตกแต่งที่เพิ่มความสะดวกสบายในการดูแลรักษา (Finishes that improve ease of maintenance) เช่น สารตกแต่งกันยับ สารตกแต่งกันสิ่งสกปรกและรอยเปื้อน และสารตกแต่งเพื่อกันน้ำ
3. สารตกแต่งที่เพิ่มความคงทนต่อการใช้งาน (Finishes that improve durability) เช่น สารตกแต่งเพื่อให้ผ้าทนต่อการขัดถู และสารตกแต่งเพื่อกันการขึ้นขนของผ้า
4. สารตกแต่งที่ช่วยเพิ่มความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน (Finishes that provide environmental protection or improved safety) เช่น สารตกแต่งหน่วงไฟ
5. สารตกแต่งที่ช่วยให้เกิดความต้านทานต่อจุลชีพ (Finishes that provide biological resistance) เช่น สารกันเชื้อราและแบคทีเรีย และสารกันแมลงกินผ้า

ในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการตกแต่งผ้าฝ้ายให้ทนต่อการยับย่น ด้านเชื้อรา และแบคทีเรีย จึงขออธิบายสารเคมีที่ใช้ในการตกแต่งกันยับ และสารที่ใช้ในการต้านเชื้อราและแบคทีเรียในหัวข้อต่อไป

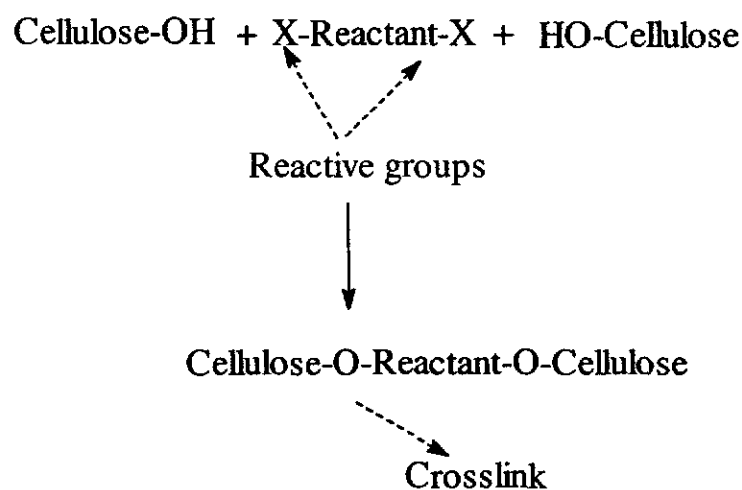
2.2 สารตกแต่งกันยับ (Easy-Care Finishes or Durable Press Finishes)

ผ้าที่ผลิตจากเส้นใยเซลลูโลสมีแนวโน้มที่จะเกิดรอยยับย่นได้ง่ายกว่าผ้าที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์หลังผ้าผ่านการซักล้าง เนื่องจากเส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าเส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งความสามารถในการดูดซับน้ำของเส้นใยฝ้ายมีความสัมพันธ์กับการเกิดรอยยับย่นบนผ้าฝ้าย พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่โมเลกุลในบริเวณอสัณฐาน (amorphous regions) เป็นพันธะที่อ่อนแตกหักได้ง่ายเมื่อผ้าผ่านกระบวนการซักล้าง เมื่อพันธะไฮโดรเจนเกิดการแตกหักแล้วมันจะสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนขึ้นมาใหม่ได้ แต่พันธะที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้จะไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม จึงมีผลทำให้เกิดรอยยับย่นขึ้น การแก้ไขปัญหารอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าสามารถทำได้โดยการกำจัดการเคลื่อนที่ของสายโซ่โมเลกุลในเซลลูโลส การยับยั้งการเคลื่อนที่ของสายโซ่โมเลกุลสามารถทำได้โดยการเติมสารเคมีอินทรีย์ ที่สามารถเกิดพันธะร่วแหระหว่างสายโซ่โมเลกุลในบริเวณอสัณฐานของเส้นใย โดยให้หมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยฝ้าย เข้าทำปฏิกิริยากับเคมีอินทรีย์เพื่อให้เกิดการสร้างพันธะโควาเลนต์ขึ้นแทนพันธะไฮโดรเจน

ความหมายที่เกี่ยวข้องกับการตกแต่งกันยับที่ใช้มีหลายคำ เช่น durable press (DP), wash-and-wear, crease resistant, easy-care finishes ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับจะเกิดรอยยับขึ้นได้ใน

ขณะใช้งาน แต่รอยยับดังกล่าวจะหายแล้วกลับมาเรียบเหมือนเดิมหลังจากการซักและอบแห้ง จากรูปที่ 1 เป็นการแสดงแผนภูมิการเกิดร่างแห (crosslink) ในเซลลูโลส⁽¹⁾ สารเคมีที่จะช่วยให้เกิดร่างแหได้จะต้องประกอบด้วยหมู่ที่ว่องไว เรียกว่า “reactive groups” ที่สามารถทำปฏิกิริยาได้กับหมู่ไฮดรอกซิลในสายโซ่โมเลกุลของเซลลูโลสในบริเวณอสัณฐานอย่างน้อย 2 หมู่ ทำให้เกิดสายโซ่เชื่อมโยงในโครงสร้างเซลลูโลสขึ้น สารเคมีที่ก่อให้เกิดร่างแหที่มี 2 หมู่ที่สามารถทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสหรือสร้างพอลิเมอร์ที่เป็นเส้นตรงได้ และสารเคมีนั้นไม่สามารถทำปฏิกิริยากันเองได้ เรียกสารเคมีชนิดนี้ว่า “reactants” เช่น Dimethyloldihydroxyethyleneurea (DMDHEU) หรือ Butanetetracarboxylic acid (BTCA) เป็นต้น ส่วนสารเคมีที่ก่อให้เกิดร่างแหที่มีหมู่ที่สามารถทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้มากกว่า 2 หมู่ มีผลทำให้เกิดการสร้างร่างแหพอลิเมอร์แบบ 3 มิติได้ และสารเคมีสามารถทำปฏิกิริยากับตัวมันเองได้ เรียกสารเคมีในหมู่นี้ว่า “aminoplast resins” ได้แก่ ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea-formaldehyde) หรือ เมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (Melamine-formaldehyde)

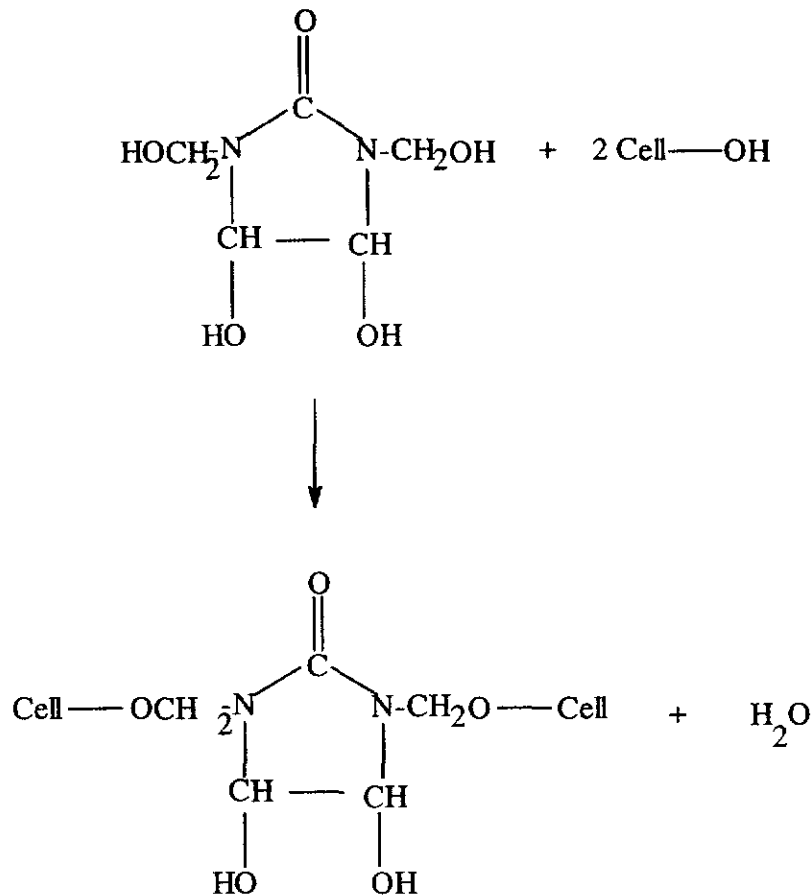
การเกิดร่างแหเซลลูโลสที่มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความยาวของร่างแหที่เกิดขึ้น ร่างแหที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องเรียงเพื่อประสิทธิภาพในการต้านทานรอยยับ และการคืนตัวจากรอยยับ ผ้าที่เกิดร่างแหในภาวะที่แห้งในสภาพไม่บวมตัว มีผลทำให้ได้ความยาวของร่างแหที่เกิดขึ้นสั้นและเรียง การเกิดร่างแหบนผ้าจะเกิดขึ้นเมื่อนำผ้ามาอบผึ่งที่อุณหภูมิสูง มีผลทำให้ผ้าทนต่อการยับและผ้ามีความคงตัว ส่วนร่างแหที่เกิดในเส้นใยในขณะเปียกหรือในขณะเส้นใยบวมตัวนั้นพันธะร่างแหจะหย่อนเมื่อเส้นใยถูกทำให้แห้งและบริเวณอสัณฐานจะยุบลง ผ้าที่เกิดร่างแหในขณะเปียก จะมีความต้านทานต่อการยับในสภาพเปียกดีกว่าในสภาพแห้ง ผ้าที่ทำให้เกิดร่างแหในสภาพเปียกจะดูดซับน้ำและบวมตัวได้ในขอบเขตหนึ่งซึ่งมากกว่าของผ้าที่ทำให้เกิดร่างแหในสภาพแห้ง การทำให้เกิดร่างแหที่เหมาะสมในเซลลูโลสสามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณความชื้นในเส้นใยระหว่างการเกิดร่างแห



รูปที่ 1. แผนภูมิการเกิดร่างแหในเซลลูโลส

สารตกค้างกันยับยั้งที่ปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์

สารตกค้างกันยับยั้งที่จัดอยู่ในจำพวกนี้ ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีในกลุ่มของ N-methylol ⁽¹²⁾ ที่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) ของเส้นใยผ้าได้ แล้วทำให้เกิดพันธะอีเทอร์ ซึ่งเป็นพันธะโควาเลนต์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรงกว่าพันธะไฮโดรเจน มีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารเคมีในกลุ่มของ N-methylol มีความคงทนต่อการยับได้ดีขึ้น สารเคมีในกลุ่มนี้มีหลายชนิด แต่จะขอยกกล่าวถึงตัวที่ได้รับความนิยมและยังใช้งานกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เมื่อต้องการตกแต่งผ้าให้ทนต่อการยับ สารเคมีตัวนี้ คือ Dimethyldihydroxyethyleneurea (DMDHEU) ซึ่ง DMDHEU สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสแล้วสร้างพันธะอีเทอร์ระหว่าง DMDHEU และเซลลูโลส ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2 การใช้สารกันยับพวก N-methylol reactants จะต้องใช้ตัวเร่งพวกกรด โดยเฉพาะ กรดพวก Lewis acid เช่น แมกเนเซียมคลอไรด์ (magnesium chloride) แล้วทำการอบผืน (curing) ผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิ 150°C หรือสูงกว่า เป็นระยะเวลา 3 นาที หรือมากกว่านี้เล็กน้อย เพื่อให้เกิดพันธะอีเทอร์และร่างแหในโครงสร้างผ้าฝ้าย ตัวเร่งแมกเนเซียมคลอไรด์ เป็นตัวเร่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการช่วยให้สารกันยับในกลุ่มนี้เข้าทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้ดีที่สุด นอกจากนี้ ตัวเร่งชนิดนี้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเจดสี และไม่กระทบต่อความคงทนของสีต่อแสง แต่กระทบต่อความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับอยู่ในระดับเดียวกันกับผลกระทบที่เกิดจากตัวเร่งชนิดอื่นๆ การตกแต่งสารกันยับบนผ้าทำได้โดยการใช้กระบวนการอบแห้งอบผืน (pad-dry-cure) ซึ่งผ้าจะถูกตรึงไว้บนพิน (pins) ตามหน้ากว้างที่ต้องการในขั้นตอนการทำให้แห้ง และการอบผืน DMDHEU เมื่อใช้กับผ้าฝ้ายจะมีผลทำให้ผ้าฝ้ายทนต่อการยับได้ดี และไม่มีผลทำให้เกิดความเหลือง (yellowing) บนผ้าขาวมากนักซึ่งความขาวของผ้ายังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และยังไม่มีผลกระทบต่อเจดสีที่ย้อมบนผ้าฝ้ายด้วย เนื่องจาก DMDHEU ได้มีการใช้งานมานานพอสมควรทำให้มีสารประเภทนี้ ผลิดออกมาในชื่อทางการค้าที่แตกต่างกัน เช่น Arkofin NDF, Fixapret CP Conc., Fixapret CV หรือ Fixapret AP เป็นต้น สารเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไปบ้าง และปริมาณการใช้ของสารเหล่านี้และปริมาณการใช้ตัวเร่ง และภาวะอุณหภูมิในการอบแห้งอบผืนอาจแตกต่างกันเล็กน้อย แล้วแต่ว่าสารนั้นจะผลิตจากบริษัทใด แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียของสารเคมีในกลุ่ม N-methylol คือ เป็นสารที่สามารถปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเชื่อว่าเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง ถึงแม้ DMDHEU จะปลดปล่อยปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ได้น้อยแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถใช้เพื่อตกแต่งผ้า เพื่อให้มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ที่ปลดปล่อยออกมาเป็นศูนย์ได้ ทำให้มีนักวิจัยหลายท่านเริ่มคิดค้นและหาสารเคมีตัวใหม่ เพื่อนำมาใช้เป็นสารตกค้างกันยับที่ไม่ปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดีไฮด์ขึ้นมา เพื่อนำมาทดแทน DMDHEU และ สารในกลุ่ม N-methylol

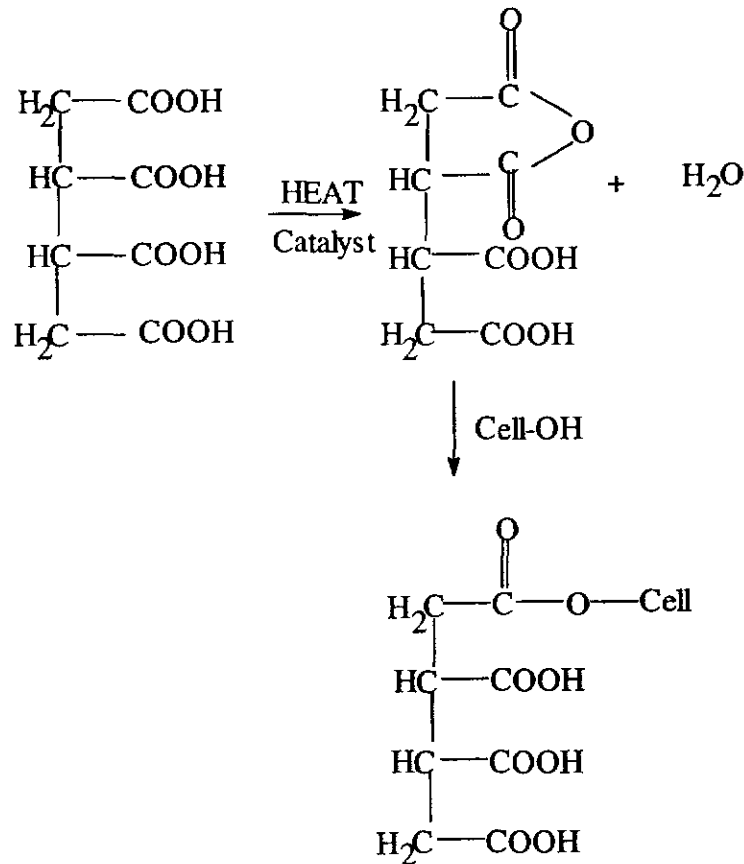


รูปที่ 2. การเกิดปฏิกิริยาพันธะเคมีของ DMDHEU และเซลลูโลส

สารตกแต่งกันยับที่ไม่ปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์

Dr. Welch นักวิจัยชาวอเมริกาได้ทดลองใช้ Butanetetracarboxylic acid (BTCA)^(1-2,18-21) แล้วพบว่า BTCA เป็นสารเคมีที่สามารถใช้เป็นสารตกแต่งกันยับได้ และมีประสิทธิภาพของการเป็นสารตกแต่งกันยับเทียบเท่ากับ DMDHEU ในภาวะและตัวเร่งที่เหมาะสม ตัวเร่งที่ดีที่สุดสำหรับใช้กับ BTCA คือ โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์โมโนไฮเดรต (sodium hypophosphite monohydrate) แต่ราคาของตัวเร่งชนิดนี้มีราคาก่อนข้างแพงกว่าตัวเร่งชนิดอื่น เช่น โซเดียมโมโนไฮโดรเจน (sodium monohydrogen) และโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตโมโนไฮเดรต (sodium dihydrogen phosphate monohydrate) BTCA ที่ประกอบไปด้วยหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic groups) จำนวน 4 หมู่ สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลของเซลลูโลสได้ โดยที่หมู่คาร์บอกซิลิก 2 หมู่ ภายใต้วัยเร่งและอุณหภูมิที่เหมาะสม จะเกิดการรวมตัวกันเป็นแอนไฮไดรด์ (anhydride) แล้วเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสเกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ (ester bond) ขึ้น แล้วจะคืนหมู่ของคาร์บอกซิลิกกลับมา 1 หมู่ หลังจากนั้นก็จะเกิดการรวมตัวของหมู่คาร์บอกซิลิก 2 หมู่เข้าด้วยกันอีกครั้ง เกิดเป็นแอนไฮไดรด์ขึ้นอีกและเข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลเกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ขึ้นมาใหม่อีก ปฏิกิริยา

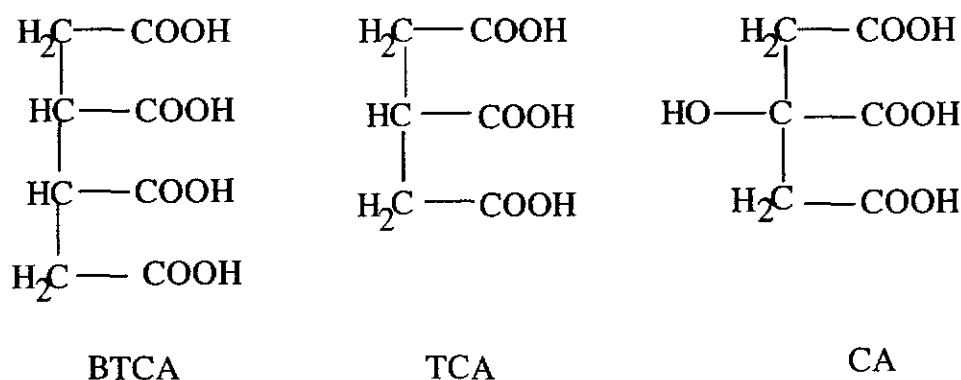
จะเกิดเช่นนี้เรื่อยไป มีผลทำให้เกิดร่างแหในโครงสร้างผ้าฝ้าย การเกิดปฏิกิริยาของ BTCA กับ เซลลูโลสแสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3. กระบวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง BTCA และเซลลูโลส

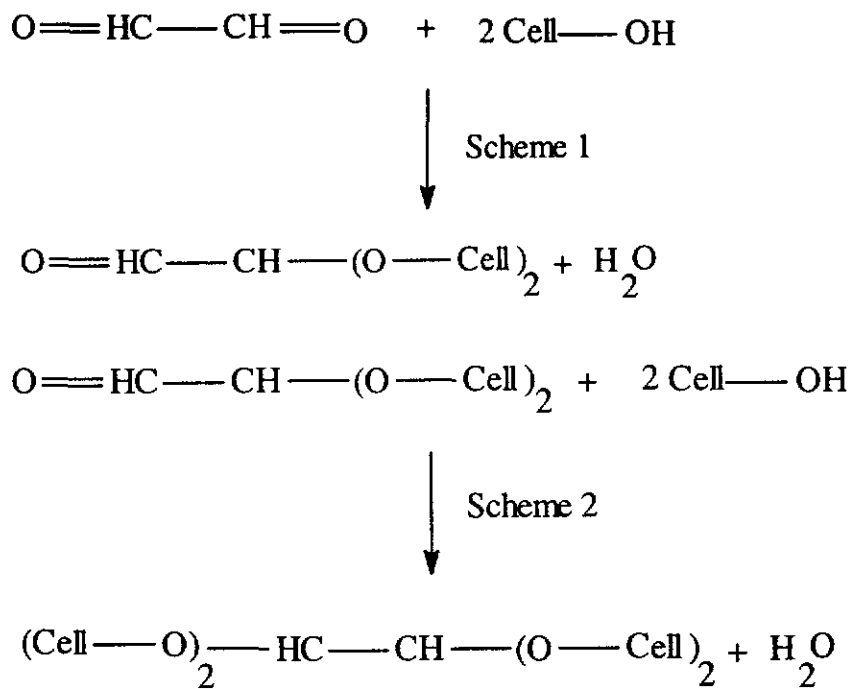
BTCA จัดอยู่ในกลุ่มของ Polycarboxylic acids ซึ่งนอกจาก BTCA แล้ว สารในกลุ่มนี้ยังประกอบด้วย Tricarboxylic acid (TCA) และ Citric acid (CA) ซึ่งทั้ง BTCA และ TCA มีประสิทธิภาพการเป็นสารตกแต่งกันยับยั้งเท่ากับ DMDHEU แต่สารทั้งสองก็ยังไม่สามารถเข้ามาแทนที่ DMDHEU ได้ เพราะราคาของสารทั้งสองแพงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของ DMDHEU ถึงแม้ข้อดีของสารทั้งสอง คือไม่ปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดีไฮด์ นอกจากนี้ ปริมาณการใช้ของ TCA ต้องใช้ปริมาณค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ของ BTCA เพื่อให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วย TCA มีสมบัติความคงทนต่อการยับของผ้าฝ้ายเทียบเท่ากับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วย BTCA หรือ DMDHEU CA เป็นสารเคมีที่มีราคาถูกแต่ประสิทธิภาพการเป็นสารกันยับยั้งนั้นไม่ดีเท่ากับของ BTCA และ TCA แต่อยู่ในขั้นพอใช้ได้ นอกจากนี้ CA มีผลทำให้เกิดความเหลืองบนผ้าขาวหลังการตกแต่ง^(1,2) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลของ CA เกิดการแตกหักของพันธะแล้วสร้างเป็นพันธะคู่ขึ้นมาใหม่ทำให้โครงสร้างของ CA เปลี่ยนไป มีผลทำให้เกิดความเหลืองขึ้นบนผ้าขาว

เมื่อผ่านการอบแห้งอบผึ่งที่ 180°C ประมาณ 90 วินาที ถึง 2 นาที อย่างไรก็ตามมีนักวิจัยหลายท่านพยายามที่จะแก้ไขและลดปัญหาความเหลืองที่เกิดขึ้น โดยการเติมสารช่วย เช่น Triethanolamine, diethanolamine หรือ boric acid ลงไป แต่สารช่วยเหล่านี้สามารถช่วยลดความเหลืองที่เกิดขึ้นได้ แต่ก็มีผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพการเป็นสารตกแต่งกันยับของ CA ให้น้อยลงด้วยเช่นกัน อีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาความเหลืองของ CA ให้น้อยลง คือลดปริมาณการใช้ของ CA ลง แล้วใช้ BTCA หรือ TCA ปริมาณเล็กน้อยเข้ามาแทนที่ พบว่าวิธีนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ CA ในการเพิ่มสมบัติการทนต่อการยับของผ้าฝ้ายให้ดีขึ้น และความขาวของผ้าฝ้ายก็ดีขึ้นเช่นกัน ถึงแม้ปัญหาของ CA ได้รับการแก้ไขในระดับหนึ่งแล้วก็ตาม แต่ CA ก็ยังไม่เป็นที่นิยมและไม่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากนักในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่นเดียวกันกับพวก BTCA และ TCA โครงสร้างทางเคมีของ BTCA, TCA และ CA แสดงไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4. โครงสร้างทางเคมีของ Polycarboxylic acids

ไกลออกซอล (glyoxal)^(16,17) ได้ถูกจัดเป็นสารตกแต่งกันยับในพวกสารที่ไม่ปลดปล่อยสารพิษฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งจัดโดย Dr. Welch ซึ่งไกลออกซอลเป็นสารที่มีราคาถูก และละลายน้ำได้ดี จึงเหมาะที่จะใช้เป็นสารกันยับสำหรับเส้นใยธรรมชาติ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลออกซอลและเซลลูโลส ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5 ซึ่งใน Scheme 1 แอลดีไฮด์ (aldehyde) ของไกลออกซอล 1 หมู่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสได้ 2 หมู่ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ของสารที่เรียกว่า โมโนอะซีตอล (monoacetal) หรือ เฮมิอะซีตอล (hemiacetal) ซึ่งยังคงมีหมู่แอลดีไฮด์เหลืออีก 1 หมู่ ที่สามารถทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลได้อีก 2 หมู่ เมื่อแอลดีไฮด์ทั้ง 2 หมู่เข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลของเซลลูโลสจนหมด จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารที่เรียกว่าไดอะซีตอล (diacetal) หรือ อะซีตอล (acetal) การเกิดไดอะซีตอล แสดงไว้ใน Scheme 2 ในรูปที่ 5 เช่นกัน การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวของไกลออกซอลทำให้เกิดการสร้างพันธะร่างแหในโครงสร้างเซลลูโลส

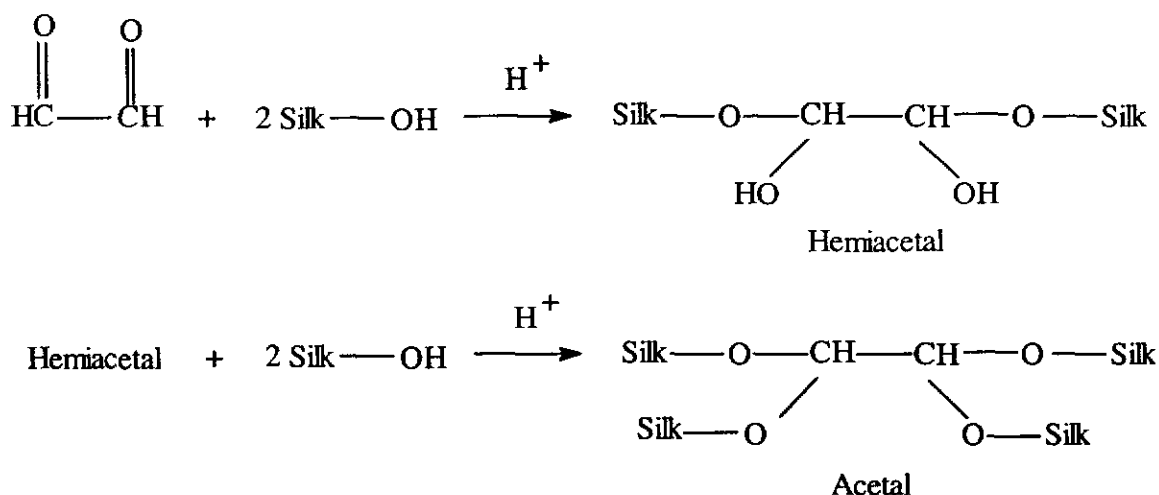


รูปที่ 5. การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลออกซอลและเซลลูโลส

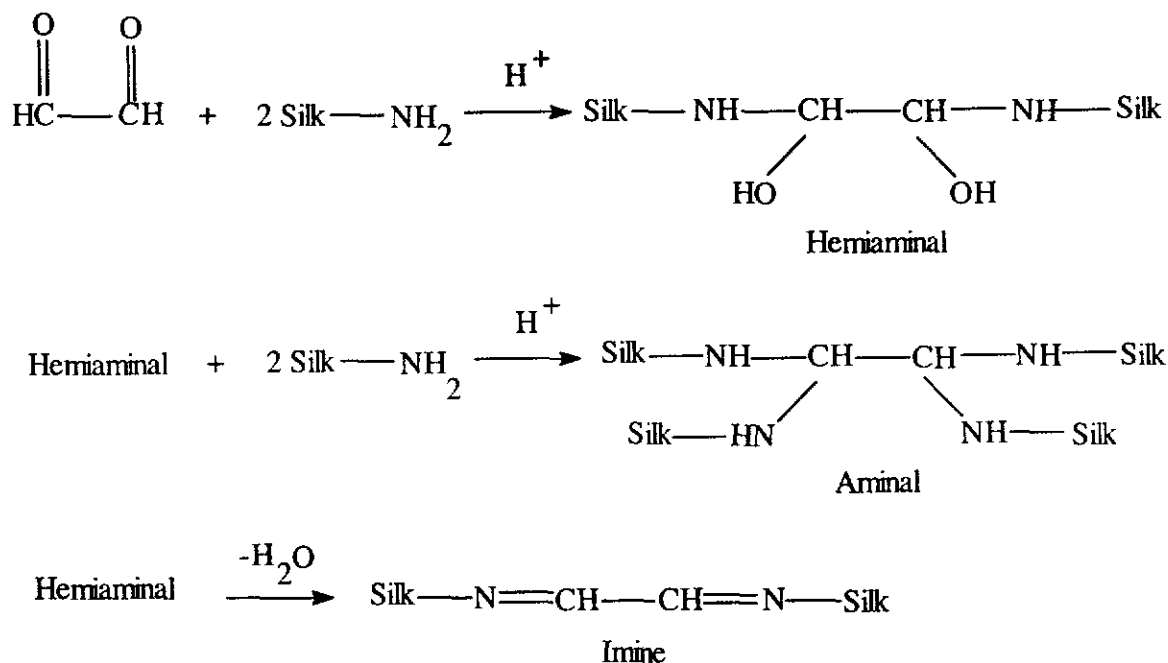
การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของไกลออกซอลและเซลลูโลสจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีตัวเร่งที่เป็นกรด เช่น แมกเนเซียมคลอไรด์ อลูมิเนียมซัลเฟต หรือกรดฟอสฟอริก ช่วยในการเกิดปฏิกิริยา จากผลของการศึกษาชนิดของตัวเร่งที่เหมาะสมสำหรับไกลออกซอล พบว่าอลูมิเนียมซัลเฟตเป็นตัวเร่งที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการช่วยให้ไกลออกซอลเกิดปฏิกิริยากับเซลลูโลส โดยวัดจากองศาการคืนตัวต่อการยับ ความคงทนต่อการฉีกขาด และความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าหลังผ้าผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับไกลออกซอลแล้ว ในภาวะที่ใช้อลูมิเนียมซัลเฟตเป็นตัวเร่งจะพบว่าองศาการคืนตัวต่อการยับและความคงทนต่อการฉีกขาดดีกว่า และความเหลืองที่เกิดขึ้นก็น้อยกว่าเมื่อเทียบกับสมบัติเหล่านี้กับตัวเร่งปฏิกิริยาตัวอื่น ภาวะการใช้ไกลออกซอลเป็นสารกันยับสำหรับผ้าฝ้ายที่ได้เคยทำการศึกษาแล้วนั้น ได้ทดลองใช้ความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ 4.8% และ 15% ความเข้มข้นของตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้อยู่ระหว่าง 1.5-2.0% อุณหภูมิในการอบผืนที่ใช้เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอลกับเซลลูโลสอยู่ในช่วง 135°C-160°C ประมาณ 1-2 นาที ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลจะมีองศาการคืนตัวอยู่ระหว่าง 280°-300° และความคงทนต่อการฉีกขาดที่ยังคงเหลืออยู่ประมาณ 20-30% จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 45-56% เมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลในการตกแต่งการยับมากขึ้น เหตุผลอาจเป็นเพราะ โครงสร้างร่างแหที่เกิดขึ้น อาจจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ยึดหยุ่นมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างร่างแหที่เกิดขึ้นจากการใช้ไกลออกซอลที่ปริมาณน้อยในการตกแต่งผ้า หรืออาจเป็นเพราะว่าไกลออกซอลที่ใช้ปริมาณมาก อาจจะมีปริมาณของไกลออกซอลที่เกินออกมาจากการทำหน้าที่เป็นสารกันยับ มาทำหน้าที่เป็น chelating agent และมีผลทำให้ประสิทธิภาพของความเป็นกรดของอลูมิเนียมซัลเฟตลดน้อยลง ทำให้กรมีผลไป

ทำลายความแข็งแรงของผ้าฝ้ายได้น้อยลง ส่งผลให้ความทนต่อการฉีกขาดดีขึ้น การใช้ตัวเร่งผสมระหว่างอลูมิเนียมซัลเฟตกับกรดซิตริกและมีการใช้สารเติมแต่งพวกไกลคอล (glycol) จะช่วยให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนลดลงมาใช้ที่ 120°C และเวลาในการอบผืนใช้ประมาณ 2 นาที ก็จะสามารถทำให้ไกลออกซอลเกิดปฏิกิริยากับเซลลูโลสได้ ทำให้ผ้ามีสมบัติการคืนตัวต่อการยับได้ดีเช่นกัน นอกจากไกลออกซอลจะใช้เป็นสารกันยับให้สำหรับผ้าฝ้ายได้แล้ว ผ้าที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติตัวอื่น เช่น ปอ หรือไหม ก็สามารถใช้ไกลออกซอลเป็นสารตกแต่งกันยับได้เช่นกัน

เส้นใยไหมซึ่งมีโครงสร้างไม่เหมือนกับโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสเลยซักทีเดียว ซึ่งไหมจะมีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งอยู่ในสารประกอบของ serine และ tyrosine ที่มีอยู่ในโครงสร้างของไหม และสามารถทำปฏิกิริยากับไกลออกซอลในภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่งได้ โดยผ่านทางปฏิกิริยาของเอมิอะซิเตอ (hemiacetal) และอะซิเตอ (acetal) ตามปฏิกิริยาที่แสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลลูโลสได้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้เส้นใยไหมยังมีหมู่เอมิโนอยู่ในสารประกอบของ lysine และ arginine ซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไกลออกซอลในภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่งดังปฏิกิริยาที่แสดงไว้ในรูปที่ 7 การตกแต่งไกลออกซอลบนผ้าไหมสามารถทำให้ผ้าไหมมีทั้งสมบัติความทนต่อการยับที่ดี และความทนต่อการฉีกของผ้าไหมนั้นไม่ถูกทำลายไปมาก สารละลายที่ใช้ในการตกแต่งนอกจากจะมีไกลออกซอลและกรดอลูมิเนียมซัลเฟตแล้ว ยังคงต้องเติมกรดฟอร์มิก (formic acid) หรือกรดซัลฟูริก (sulfuric acid) ผสมลงไปด้วย ซึ่งกรดที่เติมเพิ่มลงไปนี้จะช่วยให้เส้นไหมเกิดการบวมตัวขึ้นมีผลทำให้โครงสร้างของไหมเปิดมากขึ้น และมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาร่างแหที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีผลทำให้ความทนต่อการฉีกขาดถูกทำลายน้อยลง และความขาวของผ้าไหมที่ตกแต่งด้วยวิธีที่เติมกรดซัลฟูริกลงไปด้วยจะมีความขาวมากกว่าความขาวของผ้าไหมที่ตกแต่งโดยไม่เติมกรดซัลฟูริก



รูปที่ 6. การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลออกซอลกับ serine หรือ tyrosine



รูปที่ 7. การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างไกลอซอลกับ lysine หรือ arginine

ผลกระทบบางอย่างที่เกิดขึ้นกับผ้าหลังผ้าถูกตกแต่งด้วยสารกันยับมีดังนี้⁽¹¹⁾

1. ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับจะมีสมบัติต่างๆเหล่านี้ของผ้าลดลง ได้แก่ ความยืดหยุ่น (flexibility) ความทนต่อการดึง (tensile strength) ความทนต่อการฉีกขาด (tear strength) และความทนต่อการขัดถู (abrasion resistance)
2. การบวมตัวในน้ำถูกยับยั้ง หรือบวมตัวได้ยากขึ้น และเส้นใยดูดซับน้ำได้น้อยลง
3. สีย้อมและสารเคมีไม่สามารถแทรกเข้าไปได้ง่ายในเส้นใยที่เป็นร่างแห การย้อมควรทำก่อนการทำร่างแห ผลทางด้านบวกของการมีร่างแห คือร่างแหช่วยเก็บโมเลกุลสีย้อมในเส้นใยและสามารถช่วยเพิ่มความทนต่อการซักของสีให้ดีขึ้น
4. สารที่ก่อให้เกิดร่างแหบางครั้งมีผลทำให้เจดสีเปลี่ยนไปบนผ้าที่ย้อมสีแล้ว สีบางตัวที่มีความว่องไวต่อสารตกแต่งกันยับจะเปลี่ยนเจดสีทันทีเมื่อถูกตกแต่งด้วยสารกันยับ
5. คลอรีนจากผงซักฟอกจะทำปฏิกิริยากับเรซินหรือสารที่ก่อให้เกิดร่างแหเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเจดสี หรือเกิดการทำลายโครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสที่เกิดจากสาเหตุที่เรียกว่า “chlorine retention”
6. เรซินบางตัวให้ผลิตภัณฑ์ที่สลายตัวที่มีกลิ่นเหม็นคาวปลา เรียก “fishy odor”
7. ความทนของแสงจะลดลง เชื่อว่ามีสาเหตุมาจากตัวเร่ง (catalyst) ที่ใช้ในสูตรการตกแต่งสารกันยับ

8. การปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดีไฮด์จากโรงงานหรือจากผ้าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาทางกลิ่น และอาจจะเป็นการฝ่าฝืนกฎของบังคับของรัฐเกี่ยวกับการควบคุมสารพิษในสภาพแวดล้อม
9. การตกแต่งกันยับอาจจะช่วยเพิ่มเติมสมบัติการกักเก็บสิ่งสกปรกไว้กับผ้าได้ง่ายขึ้น

ผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับ⁽¹²⁾ แล้วจะมีผลทำให้ผ้าทนต่อการยับดีขึ้น แต่ความแข็งแรงและความคงทนต่อการขัดถูของผ้าจะลดลง ทั้งนี้เพราะ สารตกแต่งกันยับส่วนใหญ่มีความเป็นกรดและตัวเร่งที่ใช้ก็เป็นกรดเช่นกัน ซึ่งเส้นใยธรรมชาติ โดยเฉพาะผ้าฝ้ายที่ทำจากเส้นใยเซลลูโลส จะไม่ค่อยทนต่อกรด ทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายด้วยความเป็นกรดของสารตกแต่งกันยับและตัวเร่ง นอกจากนี้ ความร้อนที่ต้องใช้ในการอบผืนของสารตกแต่งกันยับบนผ้าเพื่อทำให้เกิดการสร้างพันธะและการสร้างร่างแหขึ้นต้องใช้อุณหภูมิสูง โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนจะสูงกว่า 120°C ขึ้นไป ซึ่งอุณหภูมิที่สูงมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าฝ้ายถูกทำลายได้เช่นกัน นอกจากนี้ การเกิดพันธะที่เป็นร่างแหในโครงสร้างผ้าฝ้ายมีผลทำให้การเคลื่อนไหวของพันธะยากขึ้น เกิดความไม่ยืดหยุ่นขึ้นในโครงสร้าง ซึ่งก็มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าฝ้ายลดลงได้ด้วย การเพิ่มความแข็งแรงของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารกันยับ สามารถช่วยได้โดยการเติมสารทำนุุ่มเข้าไปในสูตรการตกแต่งการยับ ส่วนปัญหาความแข็งแรงในเส้นใยผสมระหว่างโพลีเอสเตอร์และเซลลูโลส จะน้อยกว่าเส้นใยเซลลูโลส 100% เพราะความแข็งแรงของเส้นใยโพลีเอสเตอร์จะไม่ถูกกระทบด้วยสารกันยับและตัวแปรอื่นๆ ส่วนปัญหาเรื่องกลิ่น เฉดสีที่เปลี่ยนไป ความคงทนของสีต่อแสงที่ลดลง และ chlorine retention จะแก้ปัญหาเหล่านี้ให้เกิดขึ้นน้อยลงได้ โดยการเลือกใช้สารกันยับและสีย้อมที่เหมาะสม ส่วนปัญหาการปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดีไฮด์ ก็ได้โดยการเลือกใช้สารกันยับที่ไม่ปลดปล่อยสารพิษฟอร์มัลดีไฮด์ ที่เรียกว่า “formaldehyde-free durable press finishes” เช่น Butanetetracarboxylic acid (BTCA) สูตรการตกแต่งสารกันยับเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของผ้า การกำหนดสมบัติของผ้า และชนิดของสารกันยับ สูตรทั่วไป⁽¹¹⁾ สำหรับใช้เป็นสูตรตกแต่งกันยับจะประกอบด้วย

สารทำให้เปียก (Wetting agent)	1%
ตัวเกิดปฏิกิริยาหรือเรซิน (Reactant or resin)	15%
ตัวเร่ง (Catalyst)	3%
สารทำนุุ่ม (Softener)	3%
สารเพิ่มเนื้อ (Hand builder)	3%
น้ำ (Water)	75%

การประเมินผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับสามารถทำได้ดังนี้

มาตรฐานการประเมินผลของผ้าที่มีสมบัติกันยับสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีแรกเป็นมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 124-1989-Appearance of Fabrics after Repeated Home Laundering คือ ศึกษารูปร่างและลักษณะการยับของผ้าโดยเปรียบเทียบกับผ้ามาตรฐาน ซึ่งการแสดงผลการด้านทานต่อการยับสามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบลักษณะรอยยับของผ้าที่ผ่านการซักล้างหลายๆครั้งว่ามีรอยยับมากน้อยเท่าใด โดยทำการเปรียบเทียบตัวอย่างผ้ามาตรฐานซึ่งถูกแบ่งออกเป็นเกรดต่างๆจำนวน 5 เกรด ซึ่งเกรด 5 แสดงว่าผ้าจะมีความเรียบมากมีรอยยับน้อย ส่วนเกรด 1 แสดงว่าผ้าจะมีรอยยับมาก โดยปกติ ผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับ เมื่อผ้าผ่านการซักแล้วจะมีเกรดของรอยยับอยู่ในระดับที่ 1 หรือ 2

วิธีที่สองเป็นมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 66-1998-Wrinkle Recovery of Woven Fabrics: Recovery Angle คือ วัดองศาการคืนตัวของผ้า ซึ่งผ้าทดสอบจะถูกพับและถูกกดทับด้วยน้ำหนักจำนวนหนึ่ง หลังจากนั้น เอน้ำหนักที่กดทับบนผ้าออก ผ้าพยายามจะคืนตัวกลับสู่ตำแหน่งเดิมให้มากที่สุดเพื่อให้เกิดรอยยับที่น้อยที่สุด เพราะฉะนั้น ถ้าผ้ามีองศาการคืนตัวมาก แสดงว่าผ้ามีความต้านทานต่อการยับมาก และในทางตรงกันข้าม ผ้าที่มีองศาการคืนตัวน้อยจะเกิดรอยยับมาก เพราะมีความสามารถในการต้านทานต่อการยับต่ำ

ส่วนมาตรฐานการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าสามารถทำได้โดยใช้มาตรฐาน AATCC Test Method 135-1987-Dimensional Changes in Automatic Home Laundering of Woven and Knit Fabrics คือ วัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของผ้าหลังการซัก โดยการวัดความยาวของผ้าทั้งด้านยาวและด้านกว้าง ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเท่าใดโดยคิดเป็นร้อยละที่เปลี่ยนแปลงไป

นอกจากวัดสมบัติการต้านทานต่อการยับของผ้าแล้ว ควรที่จะวัดความแข็งแรง การต้านทานต่อการขาด และการดูดซับน้ำของผ้า ว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือถูกกระทบไปมากน้อยเท่าใด หลังจากผ้าถูกตกแต่งด้วยสารกันยับแล้ว

2.3 สารไคตินและไคโตซาน

ไคติน^(22,23) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ β -1,4-N-acetyl-D-glucosamine จัดเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ยาวที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส โครงสร้างของไคตินแตกต่างจากโครงสร้างของเซลลูโลสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นหมู่อะซิทามาไมด์ (NH-CO-CH₃) แทนที่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ไคโตซานซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไคติน ที่นำหมู่อะซิทิล (CO-CH₃) ออกไปจากไคติน ไคตินเป็นสารอินทรีย์ที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส พบไคตินในผนังเซลล์ของพืชบางชนิด และพบในสัตว์ เช่น สัตว์ที่มีเปลือกและกระดอง เช่น หอย กุ้ง ปู และพบในจุลินทรีย์

ไคตินประกอบไปด้วยไนโตรเจนประมาณ 7% ไคตินเชื่อมอยู่กับการโบไฮเดรตด้วยพันธะโควาเลนต์ในรูปของโปรตีน และพบรวมอยู่กับเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกของพวกกุ้ง ปู ไคตินเป็นสารพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (non-electrolytic polymer) ทำให้ไม่สามารถละลายในน้ำและสารละลายอินทรีย์ได้

โครงสร้างไคตินในธรรมชาติที่พบแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

อัลฟาไคติน (α -chitin) เป็นแบบที่สายโซ่โพลีเมอร์มีการจัดเรียงที่สลับทางกัน สายโซ่โพลีเมอร์เรียงตัวได้แน่นมีความแข็งแรงสูงสุด พบในเปลือกกุ้ง กระดองปู เปลือกแข็งของแมลง และผนังเซลล์ของเห็ดรา

เบตาไคติน (β -chitin) เป็นสายโซ่โพลีเมอร์มีการจัดเรียงตัวในทิศทางเดียวกัน เส้นใยเรียงตัวได้ไม่แน่นมาก พบในแกนปลาหมึก

แกมมาไคติน (γ -chitin) เป็นลักษณะผสมของอัลฟา และเบตาไคติน ทำให้สายโซ่โพลีเมอร์เรียงตัวไม่เป็นระเบียบจัดเรียงในทิศทางเดียวกันและสลับกันบ้าง พบในไคตินจากรังไหมดิบ

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อนำมาสกัดไคติน สามารถทำได้โดยนำเอาเปลือกกุ้งหรือปูมาตากแดดจัดๆ 1-2 วัน ทำให้ได้สีของไคตินที่ได้ขาวขึ้น ทั้งนี้เพราะแสงอุลตราไวโอเลตในแสงแดดสามารถทำปฏิกิริยากับรงควัตถุทำให้เกิดการสลายตัวของรงควัตถุอยู่ในรูปที่ไม่มีสี หลังจากนั้นบดและล้างให้สะอาดเพื่อเอาเศษอาหารออกให้หมด แล้วตากแห้งอีกครั้ง ทำให้เปลือกที่ได้เก็บไว้ได้หลายเดือนที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากวัตถุดิบที่เตรียมจากเปลือกกุ้งหรือปู มีส่วนประกอบอื่นๆที่ไม่ใช่ไคติน ซึ่งสารที่พบในเปลือกกุ้งและปูประกอบด้วย 20-30% ของไคติน 30-40% ของโปรตีน และ 30-50% ของแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วน 1-2% เป็นแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส รงควัตถุ และสารอื่นๆจำนวนเล็กน้อย เช่น ไขมัน และคาโรทีนอยด์ ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จะต้องสกัดแยกออกจากไคติน เพราะฉะนั้นขั้นตอนการเตรียมไคตินแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสกัดแยกโปรตีน

การสกัดแยกโปรตีนโดยการใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะทำโดยการต้มเปลือกกุ้งหรือปูในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1-10% ที่อุณหภูมิประมาณ $65-100^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา ½-6 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างน้ำ จนมีค่าพีเอช (pH) เป็นกลาง แล้วตากแห้ง ซึ่งการใช้ภาวะที่รุนแรงของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในการสกัดแยกโปรตีน อาจจะทำให้เกิดดีพอลิเมอร์ไรเซชัน (depolymerization) และ ดีอะซีทิลเลชัน (deacetylation) ทำให้ไคตินที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยลง และไคตินที่ได้เกิดดีอะซีทิลเลชันสูงขึ้น

การสกัดแยกโปรตีนโดยใช้เอนไซม์ โปรติเอส (protease) เช่น เปปซิน (pepsin) และ ทริพซิน (trypsin) การใช้เอนไซม์จะใช้ภาวะไม่รุนแรง ทำให้ไม่เกิด depolymerization แต่เวลาในการสกัดโปรตีนจะนานเกินกว่า 1 วันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเอนไซม์ วิธีการ คือ ใส่เปลือกกุ้งหรือปูจำนวน 8 กรัม ปรับ pH ให้เท่ากับ 7 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 15 นาที แล้วทิ้งให้เย็น หลังจากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียลงในอาหารเลี้ยงเชื้อระหว่างที่แบคทีเรียเจริญอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ จะปล่อยเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนออกมาในอาหารเลี้ยงเชื้อ และในสารละลายสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อประกอบไปด้วย ไคโปแตสเซียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต 2 กรัม และเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 1-4 วัน แล้วฆ่าเชื้อ หลังจากนั้นปล่อยสารละลายให้เย็น แล้วล้างเปลือกกุ้งด้วยน้ำ และตากแห้ง

2. การสกัดแยกแคลเซียมคาร์บอเนต

การสกัดแยกแคลเซียมคาร์บอเนตโดยใช้สารละลายกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดไนตริก (HNO₃) และ กรดอะซิติก (CH₃COOH) กรดที่นิยมใช้ คือ HCl เพราะสามารถเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนต ให้อยู่ในรูปแคลเซียมคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ สามารถทำได้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหลีกเลี่ยงการสลายตัวของไคติน การสกัดแยกแคลเซียมคาร์บอเนตโดยใช้สารละลาย EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) การใช้ EDTA ในการสกัดจะให้สารประกอบแคลเซียมที่ละลายน้ำ การสกัดวิธีนี้ไม่สามารถสกัดสารประกอบอินทรีย์ออกจากเปลือกกุ้งหรือปูได้หมด

ขั้นตอนการแยกโปรตีนและขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถสลับกันได้ ถ้าต้องการนำเอาโปรตีนไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ควรทำขั้นตอนการแยกโปรตีนก่อนเพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนสูง ทั้งนี้เพราะ HCl ที่ใช้ในขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ ทำให้สูญเสียโปรตีนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3. การแยกรงควัตถุ

รงควัตถุส่วนใหญ่เป็นพวก คาร์ทีนอยด์ แอสทาซีน แอสทาแซนที และเบต้าคาโรทีน สามารถสกัดแยกเอารงควัตถุออกได้โดยการล้างด้วยเอทานอล อะซิโตน โซเดียมไฮโปคลอไรท์ โพแตสเซียมเปอร์มังกาเนต หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือ ตากแดดจัดๆ 1-2 วัน ส่วนไขมันที่มีจำนวนน้อยสามารถใช้เอเธอร์ในการสกัดแยกไขมันออกไปได้

ส่วนการเตรียมไคโตซานทำได้โดยการนำไคตินมาทำปฏิกิริยากับด่างเข้มข้น คือ ปฏิกิริยาคีอะซีไทเลชัน (deacetylation) ผลการเกิดปฏิกิริยาทำให้หมู่อะซีทาไมด์ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 ในวงแหวนไพราโนส (pyranose ring) ของไคตินถูกเปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน ทำให้ได้สารที่มีสมบัติในการละลายได้ในกรดอินทรีย์อ่อนๆ เช่น กรดน้ำส้มสายชู กรดแลกติก หรือ กรดซิตริกได้

การทำปฏิกิริยาคืออะซิทิลเลชันทำได้ 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. การทำปฏิกิริยาคืออะซิทิลเลชันของไคตินกับด่างที่หลอมละลาย (Alkali fusion)

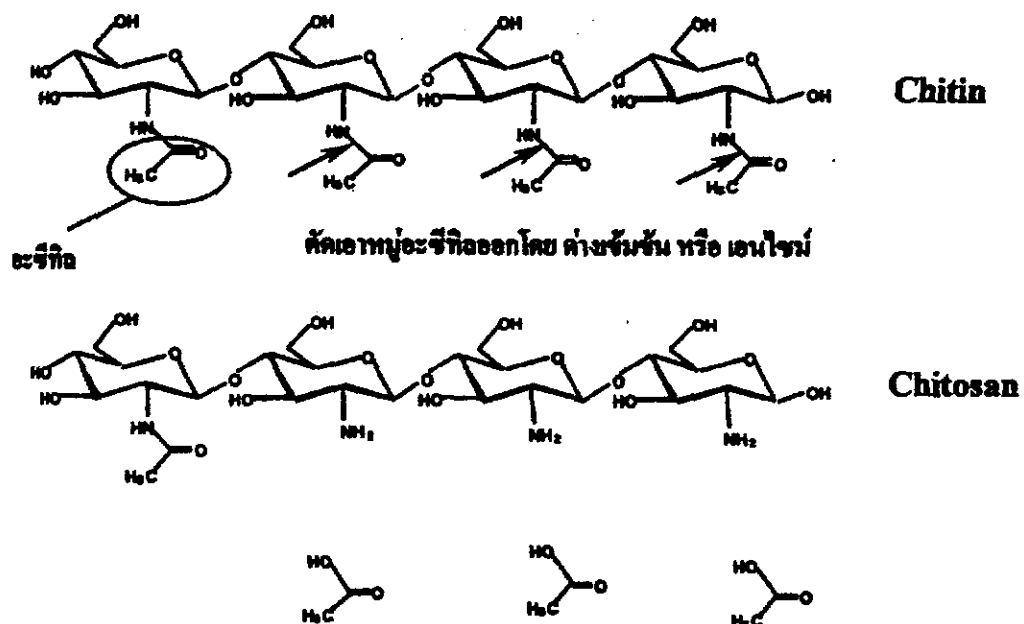
วิธีนี้เป็นการทำปฏิกิริยาคืออะซิทิลเลชันโดยการหลอมละลายกับด่างที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับไคติน การหลอมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 180°C ได้โดยการทำปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน ไคโตซานที่ได้โดยวิธีนี้ มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (DP=20) เพราะเกิด depolymerization

2. การทำปฏิกิริยาคืออะซิทิลเลชันของไคตินในสารละลายต่าง

สารละลายที่ใช้มากในวิธีนี้ คือ NaOH ส่วนด่างชนิดอื่นๆที่ใช้ เช่น KOH, LiOH, CaOH, ค่าระดับของคืออะซิทิลเลชันของไคโตซานจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายต่าง อุณหภูมิ และ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ตัวอย่างภาวะที่อาจเลือกใช้ในการทำปฏิกิริยา

1. ความเข้มข้นของ NaOH 5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 150°C ทำปฏิกิริยานาน 24 ชั่วโมง
2. ความเข้มข้นของ NaOH 40% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 100°C ทำปฏิกิริยานาน 18 ชั่วโมง
3. ความเข้มข้นของ NaOH 50% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 100°C ทำปฏิกิริยานาน 1 ชั่วโมง

โครงสร้างของไคตินและไคโตซานได้แสดงไว้ในรูปที่ 8 ซึ่งในภาพจะแสดงหมู่อะซิทิล ที่เป็นตำแหน่งที่เอนไซม์หรือด่างเข้มข้นสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาได้ และเป็นหมู่ที่ถูกตัดออกไปจากสายโซ่ของไคติน แล้ว ณ ตำแหน่งนี้ถูกเปลี่ยนเป็นหมู่เอมิโนแทนบนสายโซ่ไคโตซาน



รูปที่ 8. โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน

เนื่องด้วยไคโดซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่เกิดจากการกำจัดหมู่อะซิทิล (Acetyl group) ออกจากโครงสร้างของไคติน ได้ทั้งวิธีทางเคมี หรือทางเอนไซม์ก็ได้ ทำให้ได้อนุพันธ์ที่มีประจุบวกบนหมู่เอมิโนอิสระ และสามารถละลายได้ในสารละลายกรดที่มี pH น้อยกว่า 6.5 ไคโดซานที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวกนั้นมีสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ และใช้ประโยชน์ได้มากมายในด้านการเกษตร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหารเสริม อุตสาหกรรมยาและวัสดุทางการแพทย์ และอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยและสิ่งทอ เป็นต้น นอกจากนี้ ไคโดซานสามารถใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อโรคบนผ้าฝ้ายได้ ซึ่งไคโดซานมีสมบัติที่ดีกว่ายาฆ่าเชื้อโรคทั่วไป ทั้งนี้เพราะไคโดซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราได้หลายชนิด มีอัตราการยับยั้งเชื้อที่ดีและเร็ว มีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อของมนุษย์น้อย ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุที่ต้องสัมผัสกับผิวหนังของมนุษย์ เช่น เสื้อผ้าสำหรับคนไข้ในโรงพยาบาล ประโยชน์ของอนุพันธ์ไคติน และไคโดซานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น

ด้านการเกษตร⁽²²⁾ ได้แก่

1. ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพดิน ซึ่งไคตินและไคโดซานจะประกอบไปด้วย ธาตุไนโตรเจน เช่นเดียวกับกับ โปรตีน และ ยูเรีย ไนโตรเจนจากไคตินและไคโดซานสามารถสลายตัว มีผลในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่ดิน นอกจากนี้ยังสามารถยึดจับไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งในดินและอากาศ ทำให้พืชได้รับไนโตรเจนได้อย่างสมบูรณ์ ไคตินและไคโดซานเป็นไบโอพอลิเมอร์ที่มีประจุสามารถยึดติดกับผิวดินได้ดี ทำให้ช่วยลดการชะล้างธาตุอาหารในดิน และช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพดี ไคตินและไคโดซานสามารถจับกับอณูต่างๆ ได้ แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยสารอาหารให้แก่พืช
2. ช่วยการกระตุ้นระบบรากของพืชให้เจริญได้ดี ซึ่งสารอนุพันธ์ไคตินและไคโดซาน จะช่วยให้เชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิด ผลิตเอนไซม์ chitinase เพื่อย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราที่เป็นโรคพืช ทำให้โอกาสที่เชื้อราจะมารบกวนต่อรากน้อยลง ทำให้ระบบรากแข็งแรงขึ้น
3. ช่วยในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เพื่อป้องกันโรคและแมลง เพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด ไคโดซานเป็นสารส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของพืช ซึ่งเรียกว่าทำหน้าที่เป็น Elicitor ซึ่ง Elicitor เป็นตัวช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์สาร Phytoalexin ซึ่งช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคพืชได้ ทำให้พืชแข็งแรง และการเจริญเติบโตดีขึ้น สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากไคตินและอนุพันธ์สามารถยึดติดกับผิวของเมล็ดได้ดี และทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย ทำให้อัตราการงอกสูงขึ้น 6-20% ทั้งนี้เพราะไคตินและไคโดซานมี

สมบัติที่สามารถออกฤทธิ์เป็นตัวกระตุ้นระบบป้องกันตนเองของพืช ทำให้พืชออกฤทธิ์กระตุ้นการสังเคราะห์ DNA ซึ่งทำหน้าที่การเจริญเติบโตและภูมิคุ้มกันโรค เช่น มีการผลิตสารลิกนิน และแทนนิน ทำให้พืชป้องกันตนเองจากการกัดทำลายของแมลงและศัตรูพืช ต้นไม้ที่ได้รับสารอนุพันธ์ไคตินประมาณ 2-4 อาทิตย์ จะมีความแข็งแรงของลำต้น กิ่ง และใบ ซึ่งจะพบขี้ผึ้งเคลือบที่ผิวใบ

4. ช่วยในการเคลือบผลิตผลทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บ หรือควบคุมความสุกของผลไม้ อนุพันธ์ไคตินและไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ในเนื้อเยื่อพืชให้เกิดภูมิคุ้มกันเชื้อรา ทำให้มีการนำสารดังกล่าวมาเคลือบผลิตผลทางการเกษตร การเก็บรักษามะม่วงที่เคลือบด้วยอนุพันธ์ไคตินและไคโตซานที่ภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิ 35°C สามารถเก็บได้เกินกว่า 15 วัน สำหรับมังคุดเก็บรักษาได้ 25 วัน ทั้งนี้เพราะอนุพันธ์ไคตินและไคโตซานเป็นสารป้องกันการเกิดเชื้อราที่ผิวเมื่อทำการเคลือบแล้วจะได้แผ่นฟิล์มบางๆ ที่ใส ปราศจากสีและกลิ่น ทำให้ช่วยลดการหายใจและลดการผลิตกาซเอธิลีน ทำให้ผลไม้ไม่สุกเร็ว และฟิล์มเป็นตัวกั้นการไหลออกของกาซ CO₂ ทำให้ผลไม้คงความกรอบ ผิวไม่เหี่ยวแห้ง และสีผิวไม่เปลี่ยนแปลงเพราะลดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ
5. ใช้เป็นอาหารเสริมผสมลงในอาหารสัตว์ ไคโตซานเป็นสารที่ไม่สามารถดูดซึม และไม่สามารถย่อยสลายในทางเดินอาหาร แต่มีสมบัติที่จะดูดซับไขมันได้ถึง 6-8 เท่า ของน้ำหนักตัว สามารถจับกับโลหะหนักรวมทั้งสารพิษที่ปนเปื้อนมากับอาหาร ไคโตซานมีผลต่อไขมันในกระเพาะอาหารก่อนที่จะมีการย่อยและดูดซึม ไคโตซานจะแปรรูป เป็นเจลห่อหุ้มไขมัน จึงป้องกันการดูดซึมและการสะสมไขมันในร่างกาย จากนั้นไคโตซานและไขมันจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกาย จึงมีนักวิจัยนำเอาไคโตซานนำมาเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร ผลการทดลองพบว่า สุกรมีสุขภาพดีขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และ อัตราการมีเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ไคโตซานเป็น dietary dye carrier และ food fiber ในอาหารพวกสัตว์ปีก เช่น ไก่ ทำให้ไข่แดงมีสีเข้มขึ้น และไคโตซานยังใช้ในการเคลือบบนผิวไข่ เพื่อเก็บรักษาไข่ให้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ทำให้เปลือกไข่แข็งแรงขึ้น ป้องกันการกระแทกหรือแตก เพื่อสะดวกในการขนส่ง

ด้านอุตสาหกรรม⁽²²⁾ ได้แก่

1. อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เช่น

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผม เช่น แชมพู ครีมนวดผม ยาสีฟัน

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลผิว เช่น ครีมอาบน้ำ เจลล้างหน้า ครีมบำรุงผิว

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก

โคโคซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก และเนื้อเยื่อในสิ่งมีชีวิตเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุลบ เช่น โปรตีน นิวคลีอิกแอซิด ทำให้เกิดการสร้างพันธะอออนิกและก่อตัวเป็นชั้นบางๆของโคโคซาน ได้ดีบนผิวของเซลล์ต่างๆ

2. อาหารเสริมโคโคซาน/โคโคซาน

lucosamine เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ในกลไกการขจัดสารพิษในตับและโคโคซาน (detoxification function) และยังมีบทบาทในการจับกรดไขมัน ทำให้ไม่เกิดการดูดซับไขมันจาก กลไกของน้ำดี ส่งผลให้ระดับปริมาณคอเลสเตอรอลลดลง ข้อควรระวังการใช้อาหารเสริมโคโคซาน/โคโคซาน คือ เกือบแรมและวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามิน A D E K จะถูกดูดซับเข้าไปด้วย ทำให้ร่างกายได้รับเกือบแรมและวิตามินดังกล่าวลดลง อาจมีผลทำให้ร่างกายเจ็บโตช้าลง เพราะฉะนั้นการใช้อาหารเสริมควรปรึกษาแพทย์

3. อุตสาหกรรมยาและวัสดุการแพทย์ ใช้ในการผลิตผิวหนังเทียม การผลิตไหมเย็บแผลที่ละลายได้เอง และการผลิตยาเพื่อลดไขมันในเลือด

4. อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยและสิ่งทอ เช่น

ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โคโคซานมีหมู่อะมิโน ซึ่งในโครเจนในหมู่อะมิโนมีคู่ของอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ ทำให้สามารถสร้างพันธะอออนิกกับโลหะได้ โคโคซานที่มีปริมาณหมู่อะมิโนมาก ก็มีโอกาสดูดซับอออนของโลหะได้มาก เพราะฉะนั้นสามารถใช้โคโคซานมาจับคราบไขมัน สี โลหะหนัก จากอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อเร่งการตกตะกอนของโลหะในบ่อน้ำเสีย และใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนของสารอนินทรีย์ คิน โคลน

ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยและสิ่งทอ การผลิตผ้าที่ทำจากโคโคซานสามารถต้านทานแบคทีเรียและเชื้อราได้ดี เช่นเสื้อผ้าสำหรับคนไข้ในโรงพยาบาล โคโคซานสามารถละลายในกรดอินทรีย์ได้ดีกว่าทำให้มีสมบัติในการต้านจุลินทรีย์ได้ดีกว่าโคโคซาน และยังดีมากขึ้นเมื่อค่า degree of deacetylation เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ โคโคซานสามารถใช้เป็นสารตกแต่งลงบนผ้า เพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานและยับยั้งแบคทีเรียและราบนผ้าฝ้ายได้^(13,14) ทั้งนี้เพราะกลุ่มอะมิโนของโคโคซานจะเข้าไปแทรกแซงขบวนการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยการแทรกตัวอยู่ที่พื้นผิวของเซลล์และเชื่อมต่อกับ DNA ทำให้การสังเคราะห์ของ mRNA ถูกยับยั้ง โคโคซานที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและรา ได้ดีกว่าโคโคซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ทั้งนี้เพราะ ขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ของโคโคซาน จะแทรกตัวอยู่บนพื้นผิวของผ้า ซึ่งมีผลทำให้กลุ่มอะมิโนของโคโคซานเข้าไปจับกับแบคทีเรียได้ง่าย นอกจากนี้ ความเข้มข้นของโคโคซานที่มากขึ้น ก็มีผลทำให้อัตราการลดจำนวนของแบคทีเรียและรามากขึ้นได้เช่นกัน ผลงานวิจัยบางส่วนของนักวิจัยชาวเกาหลีได้สรุปได้ว่า^(7,8) ขนาดโมเลกุลของโคโคซานที่ 210,000 ที่ความเข้มข้น 0.3% สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้ แต่ถ้าขนาดโมเลกุลของโคโคซานลดลงเหลือที่ 100,000 หรือ 1800 จะต้องใช้ความเข้มข้นของโคโคซานเพิ่มเป็น 1.0% สำหรับ *Proteus vulgaris* ต้องใช้ขนาดโมเลกุล

ของโคโคซานที่ 210,000 หรือ 100,000 ที่ความเข้มข้น 0.3% แต่ถ้าใช้ขนาดโมเลกุลของโคโคซาน ลดลงเหลือที่ 1800 จะต้องใช้ความเข้มข้นของโคโคซานเพิ่มเป็น 0.5%

นอกจากนี้ การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและราบนผ้าที่ทำจากเส้นใยชนิดที่ต่างกัน มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งไม่เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น การใช้ขนาดโมเลกุลของโคโคซานและความเข้มข้นของโคโคซานที่เท่ากันตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายและผ้าโพลีโพรพิลีน ผ้าโพลีโพรพิลีน ที่ตกแต่งด้วยขนาดโมเลกุลของโคโคซาน 1800 ที่ความเข้มข้นเท่ากัน จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและราได้ดีกว่าผ้าฝ้าย 10 เท่า ทั้งนี้เพราะว่าผ้าโพลีโพรพิลีน เป็นผ้าที่ไม่ดูดซับน้ำ ทำให้โคโคซานซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างของผ้าได้น้อย ทำให้โคโคซานกระจายอยู่บนบริเวณพื้นผิวของผ้าเป็นจำนวนมาก ทำให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่เป็นเส้นใยที่ดูดซับน้ำได้ ซึ่งโคโคซานสามารถซึมผ่านเข้าไปในโครงสร้างผ้าฝ้าย ทำให้พื้นผิวของผ้าฝ้ายมีปริมาณของโคโคซานน้อยกว่าผ้าโพลีโพรพิลีนจึงทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียน้อยลง โดยสรุปประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและราบนผ้าขึ้นอยู่กับ ชนิดของแบคทีเรียและราที่ต้องการยับยั้ง ขนาดโมเลกุลของโคโคซาน และความเข้มข้นของโคโคซาน และชนิดของเส้นใย

ถึงแม้การใช้โคโคซานในการต้านแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายเป็นจุดเด่น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดทำให้ผ้าฝ้ายมีความกระด้างมากขึ้น และความแข็งแรงของผ้าลดลง ทำให้ต้องศึกษาหาจุดสมดุลระหว่างความแข็งแรงและความนุ่มของผ้ากับสมบัติการต้านทานแบคทีเรียและราในงานที่ใช้ เพื่อเลือกใช้ขนาดโมเลกุลและความเข้มข้นของโคโคซานได้อย่างเหมาะสม

นอกจากโคโคซานมีสมบัติที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราได้แล้ว ยังมีนักวิจัยท่านอื่น ได้ทดลองใช้โคโคซาน เป็นสารป้องกันไฟฟ้าสถิตย์สำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์⁽⁶⁾ เส้นใยสังเคราะห์ส่วนใหญ่สามารถสะสมประจุไฟฟ้าไว้กับตัวมันเองมากกว่าที่จะถ่ายเทประจุไฟฟ้าออกไป ทั้งนี้เพราะเส้นใยสังเคราะห์เป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำทำให้ไม่สามารถดูดซับน้ำเข้าไปช่วยในการถ่ายเทประจุไฟฟ้าได้เหมือนกับเส้นใยธรรมชาติ หลักการที่จะทำให้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ มีสมบัติในการป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ได้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของเส้นใยสังเคราะห์ให้มีช่องกลวงมากขึ้น (multi-pored hollow) ในโครงสร้างของเส้นใย เพื่อให้การถ่ายเทประจุดีขึ้น หรือโดยการเคลือบด้วยสารเคมีที่มีสมบัติที่ชอบน้ำ (hydrophilic property) ด้วยวิธีการอบแห้งอบผิวก (Pad-dry cure method) ลงบนผ้าโพลีเอสเตอร์ แต่วิธีการเคลือบสารลงบนผ้าจะมีผลทำให้ผ้ามีสมบัติป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ได้ไม่คงทนถาวร ขึ้นอยู่กับสารที่เคลือบนั้นจะทนต่อการซักล้างมากน้อยเพียงใด โคโคซานสามารถใช้เคลือบลงบนผ้าโพลีเอสเตอร์ได้และจะเกิดปฏิกิริยาการสร้างร่างแหจากการทำปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอซิลิกที่เหลืออยู่ในเส้นใย

โพลิเอสเทอร์ และหมู่อะมีนของไคโตซานในภาวะที่มีตัวเร่งโซเดียมอะซิเตท (sodium acetate) มีผลทำให้เกิดเป็นฟิล์มขึ้นบนพื้นผิวของผ้าโพลิเอสเทอร์ เมื่อทำการวัดไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นบนผ้าโพลิเอสเทอร์ที่ตกแต่งด้วยไคโตซานจะลดลงจาก 5812 โวลต์ (voltage) ของผ้าโพลิเอสเทอร์ที่ไม่ได้ตกแต่งไคโตซาน เป็น 273 โวลต์

จากงานวิจัยที่ยกมาเป็นการใช้ไคโตซานช่วยในด้านการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ ส่วนการใช้ไคโตซานช่วยในด้านการย้อมก็มีการวิจัยเช่นกัน คือ การใช้ไคโตซานช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมบนผ้าขนสัตว์⁽⁵⁾ ซึ่งจะทำได้โดยการตกแต่งไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0.1-1.0% ลงบนผ้าขนสัตว์ แล้วนำมาย้อมกับสีแอซิก (acid dye) และสีรีแอทีฟ (reactive dye) จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าผ้าขนสัตว์ที่เคลือบด้วยไคโตซานดูดซับสีย้อมได้ดีกว่าและสามารถย้อมได้สีที่สม่ำเสมอมากกว่าของผ้าขนสัตว์ที่ไม่ได้เคลือบด้วยไคโตซาน เหตุผลที่ทำให้ผ้าขนสัตว์ที่เคลือบด้วยไคโตซานมีประสิทธิภาพการย้อมที่ดีกว่า เพราะไคโตซานที่เคลือบไปบนผ้าขนสัตว์นั้นจะไปช่วยเพิ่มหมู่ที่สามารถจับสีได้ที่เรียกว่า dye sites ให้มีมากขึ้น มีผลทำให้ผ้าขนสัตว์ดูดซับสีย้อมได้ดีขึ้น นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะทำให้โครงสร้างของผ้าขนสัตว์เปิดมากขึ้น สีก็จะเคลื่อนตัวจาก dye sites เข้าไปในโครงสร้างที่เปิดของขนสัตว์ หลังจากนั้นทำให้ dye sites ด้านนอกไม่ยึดกับสีย้อมอีกต่อไป ก็จะเข้าไปยึดจับสีย้อมใหม่ในสารละลายได้อีกและเกิดการถ่ายเทสีย้อมในลักษณะนี้ต่อไปได้เรื่อยๆจนกว่ากระบวนการย้อมสิ้นสุดลง นอกจากจะช่วยให้ผ้าขนสัตว์ย้อมสีได้เข้มข้นแล้วยังช่วยให้ความสม่ำเสมอของสีดีขึ้นด้วย ไคโตซานที่เคลือบบนผ้าขนสัตว์ยังไม่มีผลกระทบต่อความคงทนของสีต่อแสงและด่อน้ำอีกด้วย

2.4 สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Anti-Microbial Finishes)

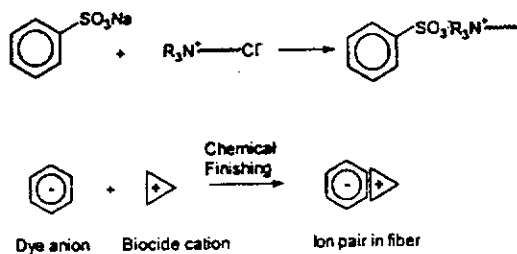
การตกแต่งผลิตภัณฑ์สิ่งทอให้มีสมบัติต้านเชื้อราและแบคทีเรีย หรือจุลินทรีย์อื่นๆ ไม่ใช่เป็นเรื่องใหม่ เมื่อ 4000 ปีที่แล้ว ในยุคสมัยของอียิปต์ ได้มีการทำมัมมี่ โดยเริ่มจากการใช้สมุนไพรและพันธุ์ไม้ มาตกแต่งลงบนผ้าที่นำมาใช้พันรอบตัวมัมมี่ เพื่อป้องกันการเกิดราและแบคทีเรีย ทำให้ศพไม่เกิดการเน่าเปื่อย การเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนา การซักด้วยน้ำร้อนและสารฆ่าเชื้อ ได้แก่ chlorine และ peroxygen bleaches สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆในสิ่งทอ สารเคมีที่ใช้ป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราเรียกว่าสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial agent) ได้แก่ สารพวก Quaternary ammonium surfactants และ antibiotics ส่วนสารพวกด้านการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น chlorinated organic compounds, organometallic compounds ที่ประกอบด้วย copper, silver, iron, manganese, zinc ซึ่งสารเหล่านี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่สูงกว่า และอาจจะต้องดำเนินการย่อยสลายในธรรมชาติเป็นเวลานาน สารประกอบอินทรีย์คลอรีน (chlorinated

organic compounds) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแมลงสำหรับเส้นใยธรรมชาติที่มีส่วนประกอบเป็นโปรตีนและเซลลูโลส

ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ชุดทหารที่ใช้ในการรบ ก็มีการตกแต่งสารประกอบพวก quaternary ammonium salts ที่สามารถต้านเชื้อราและแบคทีเรีย เพื่อใช้ป้องกันบาดแผลที่เกิดจากการสู้รบของทหาร ไม่ให้เกิดการติดเชื้อมากขึ้นจากเชื้อโรคที่แฝงตัวอยู่ตามสภาพแวดล้อม การเกิดราและแบคทีเรียบนเส้นใยสังเคราะห์แม้ว่าเกิดได้ไม่ง่ายเหมือนเส้นใยธรรมชาติ แต่โอกาสที่จะเกิดราและแบคทีเรียบนเส้นใยสังเคราะห์ก็มีความเป็นไปได้ ทั้งนี้เพราะ เส้นใยสังเคราะห์มีสมบัติในการดูดซึมความชื้นต่ำ ทำให้การระบายออกของเหงื่อไม่ดี จึงเกิดการสะสมของเหงื่ออยู่ตามช่องว่างของเส้นใย หรือตามรอยตะเข็บของผ้าเป็นสาเหตุให้เกิดการหมักหมม ของราและแบคทีเรีย แล้วพัฒนาเป็นกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา เส้นใยสังเคราะห์ เช่น ไนลอนนิยมนำมาทำ เต็นท์ ผ้าใบบังแดด ผ้าคลุมกะลาสี ผ้าใบชุบน้ำมัน และ พรหม เป็นต้น โอกาสที่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะสัมผัสกับรา เช่น ราน้ำค้าง แบคทีเรีย หรือ สิ่งเน่าเปื่อยที่มีอยู่ตามสภาพแวดล้อม ก็มีความเป็นไปได้ ที่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะเกิดการติดเชื้อรา และ แบคทีเรียขึ้น ทำให้การใช้อย่างของผลิตภัณฑ์ไม่เหมือนเดิม เพราะฉะนั้น การตกแต่งสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียบนเส้นใยไนลอนหรือเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆจึงยังคงมีความสำคัญเช่นกัน

สารต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่ตกแต่งลงบนผ้า มีหน้าที่ในการควบคุมการกระจายของเชื้อโรค ลดอันตรายที่อาจเกิดจากการติดเชื้อ ควบคุมและระงับกลิ่นที่เกิดจากระบบการหายใจอึกทั้ง ป้องกันไม่ให้ผ้าถูกทำลายด้วยราน้ำค้าง สารประกอบพวก phenolic compounds, polyamines หรือ quaternary ammonium salts สามารถต้านเชื้อราและแบคทีเรีย โดยที่สารเหล่านี้สามารถ ทำลายเซลล์ที่หุ้มอยู่บนรา และแบคทีเรียได้ ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์ตายลง

สารเคมีที่ใช้ตกแต่งลงบนผ้าแล้วทำให้ผ้ามีสมบัติต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้นั้น นอกจาก ไคโดซาน ซึ่งได้มีการศึกษาและค้นพบไม่นานมานี้ว่า ไคโดซานสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ นอกจากไคโดซานดังกล่าวแล้วยังมี quaternary ammonium salts ซึ่งเป็นสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งนักวิจัยในสหรัฐอเมริกา^(7,8) ได้ใช้สารดังกล่าว ในการตกแต่งลงบนผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสีแอซิก โดยอาศัยสีแอซิกเป็นตัวเชื่อมสารดังกล่าวนี้ลงบนผ้าไนลอน เพื่อให้ผ้าไนลอนมีสมบัติต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ ประเด็นคำถามในงานวิจัย คือ โมเลกุลของสีแอซิก อาจสามารถใช้เป็นตัวเชื่อมโยงกับโมเลกุลของ quaternary ammonium salts ได้ ทำให้โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนและส่งผลให้มีสมบัติต้านเชื้อราและแบคทีเรีย โดยให้เหตุผลว่า quaternary ammonium salts ที่มีประจุบวกที่ไนโตรเจนอะตอม อาจสามารถเข้าทำปฏิกิริยา และสร้างพันธะอิกอนิกกับสีแอซิกที่มีประจุลบได้ทำให้มีความเป็นไปได้ที่ผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสีแอซิก และตกแต่งด้วย quaternary ammonium salts สามารถแสดงสมบัติต้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ แนวความคิดเกี่ยวกับการเชื่อมโยงของสีแอซิก และ quaternary ammonium salts ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9

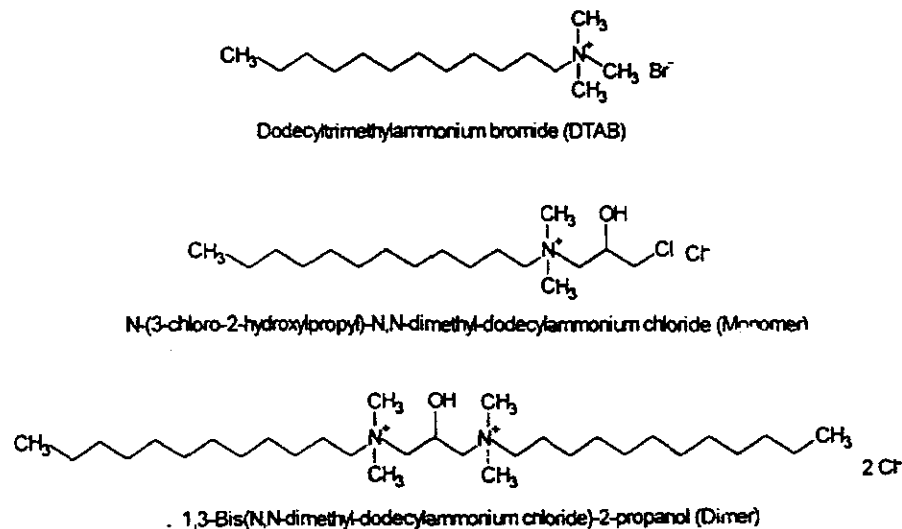


รูปที่ 9. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสีแอซิก และ Quaternary Ammonium Salts

ในการทดลองจะนำผ้าไนลอนที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ผ้าทริคอตไนลอน 6 (Nylon 6 tricot) ผ้าทอพิคาร์พิลาเมนต์ ไนลอน 66 (Nylon 66 taffeta) และ ผ้าสปันไนลอน 66 (Nylon 66 spun) มาข้อมด้วย 1% ตามน้ำหนักผ้า (o.w.f.) ของสีแอซิก 4 ชนิด ซึ่งมีขนาดโมเลกุลที่แตกต่างกัน และมีจำนวนหมู่ซัลโฟนิคในโครงสร้างที่ไม่เท่ากัน สีแอซิกซึ่งมีหมู่ซัลโฟนิค (SO_3^-) ที่เป็นประจุลบสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับ quaternary ammonium salts ได้ หลังจากนั้นนำผ้าไนลอนมาตกแต่งด้วย quaternary ammonium salts ด้วยวิธี จุ่มน้ำยา-อบแห้ง-อบผืน (Pad-dry-cure method) quaternary ammonium salts ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิดด้วยกัน ซึ่งโครงสร้างของ quaternary ammonium salts ทั้ง 3 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 10 DTAB, Monomer และ Dimer เป็นตัวย่อของ quaternary ammonium salts ที่ใช้ในการทดลอง ผ้าที่ตกแต่งด้วย quaternary ammonium salts แล้วจะมี % wet pick up เท่ากับ 60% สมบัติที่ทดสอบหลังจากการตกแต่งผ้าไนลอนเรียบร้อยแล้ว คือ จำนวนแบคทีเรียที่ลดลง (% Bacterial reduction) และ ปริมาณของสารเคมีที่มีอยู่บนผ้าไนลอน (% Add-on)

การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสีแอซิก และ quaternary ammonium salts จะเกิดขึ้นได้ดีหรือไม่ นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ เช่น ขนาดโมเลกุลและโครงสร้างของ quaternary ammonium salts ว่าสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสีแอซิก ได้มากน้อยขนาดไหน โครงสร้างของ quaternary ammonium salts ถ้าใหญ่เกินไป ก็อาจทำให้เกิดการกีดขวางของโมเลกุล ทำให้การเข้าทำปฏิกิริยากับสีแอซิกทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้การเกิดปฏิกิริยาของสีแอซิก และ quaternary ammonium salts จะเกิดขึ้นในบริเวณอสัณฐาน (amorphous region) เท่านั้น การทดลองในงานวิจัยนี้ นำผ้าไนลอนมาข้อมด้วยสีแอซิก ก่อนที่จะนำมาตกแต่งด้วย quaternary ammonium salts ถ้าสีแอซิกที่ใช้ข้อมมีขนาดโมเลกุลใหญ่ บริเวณอสัณฐานจะถูกใช้ไปในปริมาณมากกว่าที่ใช้สีแอซิกที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก เพราะฉะนั้น โอกาสของ quaternary ammonium salts ที่เข้าทำปฏิกิริยาในบริเวณดังกล่าวก็น้อยลง ปัจจัยที่กล่าว

ข้างต้น มีผลต่อการเชื่อมโยงระหว่างสีแอซิก และ quaternary ammonium salts และจะส่งผลถึงค่า % Add-on และ ประสิทธิภาพในการด้านเชื้อราและแบคทีเรียของผ้าไนลอนได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 10. โครงสร้างของ Quaternary Ammonium Salts

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ผ้าไนลอนที่ย้อมด้วยสีแอซิกโดยทั่วไปมีค่า %Add-on มากกว่าของผ้าไนลอนที่ไม่ได้ย้อมด้วยสีแอซิก แสดงว่าสีแอซิกเป็นตัวเชื่อมให้เกิดปฏิกิริยากับ quaternary ammonium salts บนผ้าไนลอนได้ดีกว่าผ้าไนลอนที่ไม่ได้ย้อมด้วยสีแอซิก ผ้าไนลอนที่ย้อมสีแอซิกแล้วตกแต่งด้วย DTAB ให้ %Add-on มากที่สุด ทั้งนี้เพราะขนาดโมเลกุลค่อนข้างเล็ก ทำให้การเข้าทำปฏิกิริยาของ DTAB กับสีแอซิกทำได้ง่ายและสามารถสร้างพันธะที่แข็งแรงกว่าพันธะที่สร้างขึ้นของ Monomer และของ Dimer Monomer มีขนาดโมเลกุลใหญ่ทำให้เกิดการกีดขวางของขนาดโมเลกุลและส่งผลให้การเข้าทำปฏิกิริยากับสีแอซิกไม่ดีเท่ากับ DTAB จึงมีผลทำให้ %Add-on ที่ได้น้อยที่สุดในกลุ่มของ quaternary ammonium salts ที่ใช้ในการทดลอง ส่วน Dimer มีขนาดโมเลกุลใหญ่แต่มีหมู่ที่เป็นประจุบวกที่ใหญ่กว่าของ DTAB และของ Monomer ทำให้ %Add-on ของผ้าไนลอนที่ตกแต่งด้วย Dimer อยู่ในอันดับ 2

สีแอซิกบูล 113 มีขนาดโมเลกุลใหญ่เป็น 2 เท่า ของสีแอซิกเรด 88 ทำให้บริเวณ อสัณฐานของผ้าไนลอนถูกครอบครองด้วยสีแอซิกบูล 113 เป็นจำนวนมาก มีผลทำให้ Dimer ที่มีขนาดใหญ่เข้าไปในบริเวณอสัณฐานได้น้อยกว่า และค่อนข้างยาก มีผลทำให้ %Add-on ที่ได้มีค่าน้อยกว่า

%Add-on ของผ้าในลอนที่ไม่ได้ย้อม ชนิดของสีแอซิกที่ต่างกันและมีหมู่ซัลโฟนิคที่ไม่เท่ากัน ไม่มีผลทำให้ %Add-on และ Bacterial reduction ที่ได้แตกต่างกันมากนัก

ผ้าในลอนที่ย้อมด้วยสีแอซิก หลังผ้าในลอนผ่านการซักสามารถด้านเชื้อราและแบคทีเรียได้ดีกว่าผ้าในลอนที่ไม่ได้ย้อม แสดงว่า สีแอซิกสามารถยึดติดกับ Monomer ได้ดีกว่า ทำให้ปริมาณของ Monomer ไม่หลุดออกไปมากเหมือนกับผ้าในลอนที่ไม่ได้ย้อมด้วยสีแอซิก ถึงแม้ความสามารถในการฆ่าแบคทีเรียของผ้าในลอนที่ย้อมด้วยสีแอซิกลดน้อยลง หลังผ้าในลอนผ่านการซัก 8 ครั้ง แต่ก็ยังเพียงพอที่จะฆ่า E. coli ได้มากกว่า 90%

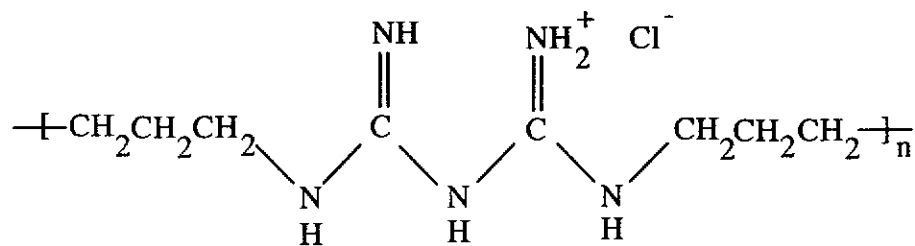
โครงสร้างของผ้าในลอนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการด้านเชื้อราและแบคทีเรียของผ้าในลอน โครงสร้างผ้ามีผลกระทบต่อ %Add-on และ Bacterial Reduction ของผ้า ผ้าทริคอตในลอน 6 มีโครงสร้างของผ้าที่เปิด ทำให้ปริมาณการแทรกซึมของสีแอซิก และ Monomer เข้าไปในโครงสร้างผ้าทริคอตในลอน 6 ได้มากกว่าผ้าชนิดอื่นๆ อีกทั้งโครงสร้างของในลอน 6 มีอัตราส่วนบริเวณสัณฐานมากกว่าบริเวณผลึก ทำให้ผ้าทริคอตในลอน 6 มี ค่า %Add-on มากที่สุด ทั้งผ้าที่ย้อมและไม่ได้อ้อมด้วยสีแอซิก โครงสร้างผ้าที่เปิด เช่น ผ้าถัก มีโอกาสที่ Monomer จะหลุดออกไปได้หลังผ้าในลอนผ่านการซักหลายๆครั้ง ทำให้ประสิทธิภาพการด้านเชื้อราและแบคทีเรียของผ้าในลอนลดลง ส่วนผ้าสปันในลอน 66 มีพื้นที่ผิวมากกว่าของผ้าทอพีคาร์ในลอน 66 ส่งผลให้ผ้าสปันในลอน 66 มี %Add-on ที่รองลงมา และประสิทธิภาพในการฆ่า E. coli ของผ้าทั้ง 3 ชนิดที่ย้อมด้วยสีแอซิก หลังผ้าในลอนผ่านการซัก 10 ครั้ง ยังมีประสิทธิภาพดี คือ สามารถฆ่า E. coli ได้มากกว่า 90%

โดยสรุป ชนิดและโครงสร้างของผ้าในลอน โครงสร้างและขนาดโมเลกุลของสีแอซิก และของ Quaternary ammonium salts อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งอบผืน เป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเชื่อมโยงของสีแอซิก และ Quaternary ammonium salt บนผ้าในลอน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ผ้าในลอนมีสมบัติด้านเชื้อราและแบคทีเรีย สมบัตินี้สามารถดูได้จาก ค่า %Add-on และ Bacterial reduction ถ้าค่า %Add-on มาก ก็มีโอกาสด้านเชื้อราและแบคทีเรียได้มาก แต่ต้องสังเกตว่าการเชื่อมโยงของสีแอซิก และ Quaternary ammonium salts จะทนต่อการซักล้างมากน้อยขนาดไหน ถ้าสามารถทนต่อการซักล้างได้ดี ก็จะสามารถรักษาสมบัติการด้านเชื้อราและแบคทีเรียบนผ้าในลอนได้นานขึ้น

นอกจากนี้ยังมีสารด้านเชื้อจุลชีพที่ขายอยู่ในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีชื่อทางการค้าว่า Reputex TM20 หรือที่เรียกว่า Poly (hexamethylenebiguanide hydrochloride (PHMB)⁽¹⁰⁾ สามารถใช้เป็นสารด้านเชื้อราและแบคทีเรียได้สำหรับผ้าฝ้าย หรือผ้าฝ้ายผสม ซึ่งวิธีที่จะตกแต่งสารตัวนี้กับผ้าก็สามารถใช้ได้ทั้งวิธีจุ่มอัด (padding) หรือวิธีดูดซับ (exhaustion) ซึ่งสูตรโครงสร้างของ PHMB ได้แสดงไว้ในรูปที่ 11 สาร PHMB นอกจากจะใช้เป็นสารตกแต่งกันเชื้อราและแบคทีเรียให้กับผ้า

ฝ้ายแล้ว ยังสามารถใช้งานในด้านอื่นๆ ได้อีก เช่น ใช้ในเครื่องสำอาง ใช้ในสระว่ายน้ำ ใช้ในอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์

สมบัติที่สำคัญของ PHMB คือ สารตัวนี้สามารถยับยั้งเชื้อได้หลากหลายทั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นแกรมบวก (Gram positive) และแกรมลบ (Gram negative) เชื้อรา และยีสต์ มีความปลอดภัยในการใช้ง่ายไม่มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ ไม่เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และมีความเป็นพิษต่ำ การใช้งานทำได้ง่าย เนื่องจาก PHMB มีประจุที่เป็นบวก ทำให้สารนี้เข้ายึดกับผ้าฝ้ายได้ดี เพราะพื้นผิวบนผ้าฝ้ายจะเป็นประจุลบ ทำให้ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุณหภูมิในการอบผนึกเพื่อทำให้เกิดพันธะ ปริมาณการใช้ PHMB ประมาณ 1-2% ตามน้ำหนักผ้า ซึ่ง PHMB ที่ขายในทางการค้าจะเป็นสารละลาย 20% ของ PHMB เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ตกแต่งสำเร็จทางสิ่งทอมีหลากหลายชนิด เพราะฉะนั้นการใช้ PHMB ร่วมกับสารตกแต่งสำเร็จชนิดอื่นๆ สามารถทำได้หรือไม่จะต้องทำการศึกษากันต่อไป



ค่าเฉลี่ย $n = 12$ หรือ 16

รูปที่ 11. โครงสร้างของ PHMB

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1. ศึกษาประสิทธิภาพของไกลออกซอล และไคโตซาน เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับภาวะที่เหมาะสมของ อุณหภูมิในการอบแห้งอบผืน และ ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ในการนำไปใช้ตกแต่งผ้าฝ้ายให้ทนต่อการยับย่น ด้านเชื้อราและแบคทีเรีย การศึกษาในขั้นตอนที่ 1 แบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอนดังนี้

- 1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของไกลออกซอลที่ใช้เป็นสารตกแต่งกันยับย่นก่อนว่าอยู่ในระดับใด ตัวแปรที่จะต้องศึกษาในขั้นนี้ คือ ความเข้มข้นของไกลออกซอล ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา และอุณหภูมิในการอบแห้งอบผืน รวมทั้งศึกษาผลกระทบของตัวแปรทั้งสามต่อสมบัติด้านความแข็งแรง ความขาว และองศาในการคืนตัวต่อการยับย่นของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล
- 1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของไคโตซานที่ใช้เป็นสารต้านเชื้อรา และแบคทีเรีย ก่อนว่าอยู่ในระดับใด ตัวแปรที่จะต้องศึกษาในขั้นนี้ คือ ความเข้มข้นของไคโตซาน

ขั้นตอนที่ 2. ศึกษาผลกระทบของไกลออกซอลและไคโตซานต่อสมบัติด้านความแข็งแรง ความขาว และองศาในการคืนตัวต่อการยับย่น การต้านเชื้อรา และแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารทั้งสองในเวลาเดียวกัน จากผลการทดลองในขั้นนี้อาจสามารถตอบได้ว่า ไคโตซานมีผลกระทบอย่างไร ต่อความสามารถของไกลออกซอล ซึ่งเป็นสารตกแต่งการยับย่นสำหรับผ้าฝ้าย นอกจากนี้ยังสามารถตอบประเด็นคำถามในการวิจัยได้ว่า มีความเป็นไปได้หรือไม่ ในการตกแต่งผ้าฝ้ายให้ทนต่อการยับย่น ด้านเชื้อรา และแบคทีเรีย ในกระบวนการตกแต่งสำเร็จในขั้นตอนเดียว

ขั้นตอนที่ 3. การศึกษาเปรียบเทียบการตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานในขั้นเดียวกับการตกแต่งด้วยสารดังกล่าว แบบ 2 ขั้นตอน ว่าจะมีผลกระทบต่อสมบัติ ด้านความแข็งแรง ความขาว และองศาในการคืนตัวต่อการยับย่น การต้านเชื้อราและแบคทีเรีย แตกต่างกันอย่างไบบ้าง ขั้นตอนนี้จะเลือกเอาสูตรผสมระหว่างไกลออกซอลและไคโตซานที่เหมาะสมจากการทดลองในขั้นตอนที่ 2 มาทดลองใช้ในขั้นนี้ ประมาณ 3-4 สูตร เพื่อใช้ตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายแบบ 2 ขั้นตอน จากผลการทดลองที่ได้ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปได้ว่า การตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอนของไกลออกซอลและไคโตซาน มีผลกระทบอย่างไรต่อสมบัติที่ทดสอบ

3.2 สมบัติของผ้าฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง

ผ้าฝ้ายที่ใช้ในการทดลอง เป็นผ้าฝ้ายทอลายขัด (Plain Weave Cotton fabric) เป็นผ้าที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดไขมันและสิ่งสกปรก (scouring) และผ่านขั้นตอนการฟอกขาว (bleaching) แล้วน้ำหนักของโครงสร้างผ้าชนิดนี้ เท่ากับ 137 กรัม/เมตร และมีจำนวนเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้ว เท่ากับ 65x60

3.3 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

1. ไกลออกซอล (glyoxal solution) ซึ่งเป็นสารละลายไกลออกซอล 40% เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อมาจากห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ. ซี. เอส. ซินฮอน
2. ไคโตซาน ไคโตซานที่ซื้อสัปดาห์จากวัตถุดิบพวกเปลือกกุ้ง และมีน้ำหนักโมเลกุล 111,000 มีเปอร์เซ็นต์ของ Deacetylation degree อยู่ที่ 95% ซื้อมาจาก บริษัท ซีเฟรช ไคโตซาน (แฉับ) จำกัด
3. ดั่งเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต (aluminium sulfate 16 H₂O) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อมาจากห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ. ซี. เอส. ซินฮอน
4. กรดอะซิติกเข้มข้น (acetic acid) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อมาจาก บริษัท เมอร์ค จำกัด

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์มีดังนี้

1. *Candida albicans* เป็นยีสต์ที่เป็นสายพันธุ์ก่อโรค Candidiasis
2. *Klebsiella pneumoniae* เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ (gram negative bacterium)
3. *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (gram positive bacterium)

อาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์

1. Sabouraud Dextrose Broth สำหรับใช้เลี้ยงเชื้อ *Candida albicans*
2. TGE Broth สำหรับใช้เลี้ยงเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* และ *Staphylococcus aureus*

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

1. เครื่องจุ่มอัด (Rapid Labortex Co., LTD)
2. เครื่องอบผนึก (Rapid Labortex Co., LTD)
3. เครื่องทดสอบความแข็งแรง (LLOYD Instrument-LR100K)

4. เครื่องทดสอบของศาการคืนตัวต่อการยับ (Seven Station Crease Recovery Tester)
5. เครื่องวัดดัชนีความขาวของผ้า (Spectraflash 500)
6. ฝ่ามาตรฐานสำหรับเกรระดับการยับของผ้า (AATCC 3-D Smoothness Appearance Replicas)
7. เครื่องซักผ้า (Whirlpool)

3.4 ขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้าย

ขั้นตอนการตกแต่งไกลออกซอลที่ใช้เป็นสารกันยับบนผ้าฝ้าย ทำได้ดังนี้

1. ตัดผ้าขนาด 11x14" ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการตกแต่งสารกันยับด้วยเครื่องรีดอัด (Padder machine; Rapid) ที่ใช้สำหรับงานวิจัย
2. เตรียมสารละลายที่ใช้ในการตกแต่งสารกันยับซึ่งสารละลายที่ใช้ประกอบด้วยไกลออกซอลและตัวเร่งลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งความเข้มข้นของสารทั้งสอง จะเปลี่ยนไปในแต่ละการทดลอง
3. นำผ้าที่ตัดได้ตามขนาดที่เหมาะสมมาตกแต่งด้วยสารกันยับที่เตรียมไว้ การตกแต่งสารกันยับดังกล่าวลงบนผ้าจะใช้วิธีจุ่มอัด-อบแห้ง-อบผนึก (Pad-Dry-Cure) วิธีการ คือ นำผ้าจุ่มลงในสารเคมีแล้วรีดผ่านลูกกลิ้ง 2 ตัวที่มีแรงอัดลูกกลิ้งตั้งไว้ที่ความดันลมเท่ากับ 6 บาร์ (Bar) เพื่อรีดเอาสารเคมีส่วนเกินที่ผ้าไม่สามารถดูดซับไว้ออกไป ปริมาณสารที่ผ้าดูดซับเอาไว้ สามารถคำนวณได้เป็นค่าของ % pick up ซึ่งการควบคุมค่าดังกล่าว สามารถควบคุมได้จากแรงที่ใช้อัดลูกกลิ้ง
4. หลังจากนั้นนำผ้าที่ผ่านลูกกลิ้งออกมาแล้วนำมาครึ่งไว้บนพื้น แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็น เวลา 2 นาที และอบผนึกที่อุณหภูมิสูงประมาณ 130-160°C หรือแล้วแต่กำหนดเป็นเวลา 2 นาที
5. เมื่อผ้าผ่านการอบผนึกแล้ว นำผ้ามาล้างด้วยน้ำประปา เพื่อเอาสารเคมีที่ตกค้างหลังจากการทำปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวของผ้าออกไป แล้วนำผ้ามาอบแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็น เวลา 3 นาที ขั้นนี้จะเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการตกแต่งสำเร็จบนผ้า ก่อนนำผ้าไปทดสอบหาสมบัติต่างๆ เช่น สมบัติด้านความแข็งแรง ด้านความขาว และด้านองศาการคืนตัวต่อการยับ เป็นต้น

ขั้นตอนการตกแต่งสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียบนผ้าฝ้าย ทำได้ดังนี้

ขั้นตอนในการตกแต่งทำเช่นเดียวกันกับขั้นตอนต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่แตกต่างกันตรงที่ขั้นตอนที่ 2 จะเตรียมโคโคซานแทนไกลออกซอล ซึ่งจะทำให้การละลายโคโคซานด้วยกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% แล้วจึงนำสารที่เตรียมได้มาตกแต่งลงบนผ้าตามขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนการตกแต่งสารกันยับและสารด้านเชื้อราและแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายแบบขั้นตอนเดียว ทำได้ดังนี้

ขั้นตอนโดยทั่วไปจะเหมือนกับขั้นตอนที่กล่าวแล้วข้างบน แต่ต่างกันตรงที่ขั้นตอนที่ 2 สารละลายที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย ไกลออกซอล ไคโดซาน และด่างเร่งอูมิเนียม ซัลเฟตในความเข้มข้นที่แตกต่างกันตามที่กำหนดในแต่ละการทดลอง โดยทำการผสมไกลออกซอล และไคโดซานที่ละลายในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% แล้ว มาผสมเข้าด้วยกันก่อน แล้วค่อยเติมตัวเร่งเข้าไปในสารละลายผสมนั้น คนสารทุกตัวให้เข้ากันแล้วนำมาตกแต่งลงบนผ้าตามขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนการตกแต่งสารกันยับและสารด้านเชื้อราและแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายแบบ 2 ขั้นตอน ทำได้ดังนี้

ขั้นตอนแรกในส่วนนี้ คือการเตรียมผ้าตามขั้นตอนที่ 1 ที่ได้กล่าวมาแล้ว หลังจากเตรียมผ้าเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการตกแต่งด้วยไคโดซานก่อน โดยเตรียมไคโดซานที่ความเข้มข้นที่กำหนดละลายในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% ขั้นตอนนี้เหมือนกับขั้นตอนที่ 2 แต่สารที่ใช้ตกแต่งสำเร็จจะเป็นไคโดซาน หลังจากนั้นนำมาทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 ซึ่งในขั้นตอนที่ 4 จะไม่ทำการอบผืนแต่จะทำการอบแห้งเท่านั้น หลังจากนั้นนำผ้าที่อบแห้งที่มีไคโดซานอยู่บนผ้าแล้วนำมาตกแต่งด้วยไกลออกซอล ตามขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง และทำขั้นตอนที่เหลือต่อไป ก็จะเสร็จสิ้นการตกแต่งสารกันยับและสารด้านเชื้อราและแบคทีเรีย แบบ 2 ขั้นตอน

3.5 การทดสอบสมบัติของผ้าฝ้าย

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งแล้วจะนำมาทดสอบสมบัติดังต่อไปนี้

การทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรง (Tensile Strength) เป็นการวัดความแข็งแรงของผ้า โดยการวัดแรงที่ใช้ในการดึงผ้าให้ขาดตามแนวเส้นด้ายยืน หรือเส้นด้ายพุ่ง เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ คือ LLOYD Instrument - LR100K และมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ ASTM Designation : D5035-95 Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method)

การทดสอบสมบัติด้านความขาว (Whiteness Index) เป็นการวัดความขาวของผ้า โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ซึ่งจะทำให้การวัดแสงที่สะท้อนออกมาจากผ้า แหล่งกำเนิดแสงและองศาที่ใช้ในการทดสอบคือ Daylight 65 (D65) θ ที่ 10° แล้วคำนวณค่าความขาวออกมาในระบบของ

CIE Whiteness ตามมาตรฐาน ที่ใช้ในการทดสอบ คือ AATCC Test Method 110-1989-Whiteness of Textiles

การทดสอบสมบัติด้านองศาการคืนตัวต่อการยับ (Wrinkle Recovery Angle) เป็นการวัดองศาการคืนตัวของผ้า หลังจากผ้าถูกพับและทับด้วยค้อนน้ำหนัก ภายใต้ระยะเวลาที่กำหนดตามมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ คือ Seven Station Crease Recovery Tester และมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ AATCC Method 66-1998-Wrinkle Recovery of Woven Fabrics : Recovery Angle

การทดสอบระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซัก (Appearance of Fabric after Repeated Home Laundering) ตามมาตรฐาน ที่ใช้ในการทดสอบ คือ AATCC Test Method 124-1989-Appearance of Fabrics after Repeated Home Laundering การทดสอบนี้จะเป็นการวัดระดับหรือเกรดการยับของผ้าว่าอยู่ที่เกรดใดระหว่างเกรด 1-5 ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบลักษณะรอยยับและจำนวนรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าทดสอบหลังผ้าผ่านการซักตามจำนวนครั้งที่กำหนดกับลักษณะและจำนวนรอยยับบนผ้ามาตรฐาน เกรดมาตรฐานของระดับการยับยิ่งสูง แสดงว่าผ้าจะมีจำนวนรอยยับน้อยและลักษณะรอยยับไม่ชัดเจน ซึ่งหมายความว่าผ้ามีความต้านทานต่อการยับได้ดีหลังผ้าผ่านการซักล้าง

การทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ การทดสอบสมบัติทางด้านนี้ได้ใช้มาตรฐานการทดสอบ 2 มาตรฐาน คือ หนึ่งมาตรฐานการทดสอบของ AATCC Test Method 147-1998 -Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials : Parallel Streak Method ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ บ่มเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อก่อนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37°C สำหรับเชื้อ K. pneumoniae และ เชื้อ S. aureus แต่สำหรับเชื้อ C. albicans บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30°C หลังจากบ่มเชื้อเสร็จแล้ว ทำการเจือจางเชื้อที่บ่มในอัตราส่วน 1:10 แล้วทำการจุ่มเชื้อมาลากลงบนจานแก้วที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วจึงตัดชิ้นผ้าทดสอบเป็นรูปวงรีที่มีขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร และยาว 50 มิลลิเมตร หลังจากนั้นวางทับชิ้นผ้าทดสอบให้แนบที่สุดลงบนจุลินทรีย์ที่ถูกลากเป็นเส้นยาว 60 มิลลิเมตรจำนวน 5 เส้น ซึ่งเส้นแต่ละเส้นห่างกัน 10 มิลลิเมตร ลงบนแผ่นวุ้นที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อของจุลินทรีย์ในจานแก้ว หลังจากนั้นเพาะเชื้อที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วสังเกตว่ามีขอบเขตที่ปลอดเชื้อจุลินทรีย์ ที่เรียกว่า Clear zone หรือไม่ ถ้ามีก็ทำการวัดระยะของ Clear zone ที่เกิดขึ้น แล้วนำมาคำนวณหาความกว้างของ Clear zone ที่เป็นขอบเขตในการยับยั้งจุลินทรีย์ไม่ให้เจริญเติบโต สองมาตรฐานการทดสอบโดยวิธี Shake Flask Method ซึ่งมีวิธีการทดสอบทำดังนี้ นำเชื้อที่บ่มแล้ว 1 ชั่วโมงมาใส่ไว้ในขวดแก้ว 2 ขวด ขวดแรกจะเป็นตัว control คือ ไม่มีชิ้นผ้าทดสอบ ส่วนขวดที่ 2 จะใส่ผ้าชิ้น

ทดสอบจำนวน 1 กรัมใส่ลงในขวดแก้วที่มีจุลินทรีย์ หลังจากนั้น ทำการเขย่าขวดแก้วทั้งสองที่ภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วดูดเชื้อจากขวดแก้วทั้งสองขึ้นมา ทำการเจือจางสารตามความเหมาะสม แล้วนำเอาเชื้อที่เจือจางแล้วแต่ละขวดมาหยดใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ ทำการเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ในจานเพาะเชื้อที่ได้เชื่อมมาจากขวดแก้วที่ไม่มีชิ้นผ้าทดสอบให้ค่านี้แทนด้วย A แล้วทำเช่นกัน นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ในจานเพาะเชื้อที่ได้เชื่อมมาจากขวดแก้วที่มีชิ้นผ้าทดสอบให้ค่านี้แทนด้วย B หลังจากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ ตามสูตรการคำนวณดังนี้ $100 \times (A-B)/A$

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของไกลออกซอลที่ใช้เป็นสารตกแต่งกันยับบนผ้าฝ้าย

ในช่วงแรกเป็นการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการอบผนึกต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับ (wrinkle recovery angle; degree) ความแข็งแรงที่คงเหลือ (Breaking strength retention, %) และดัชนีความขาวที่คงเหลือ (Whiteness index retention, %) ตารางที่ 1 ได้สรุปผลกระทบของอุณหภูมิในการ อบผนึกต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต 2% แล้วอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 3 นาที และอบผนึกที่อุณหภูมิต่างๆ ในช่วง 130°C-150°C เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งมี % pick up เท่ากับ 80% จากผลการทดลองในตารางที่ 1 สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบผนึกสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น และองศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารกันยับ (Untreated) ประมาณ 100° แต่ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับไกลออกซอลมีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง อุณหภูมิการอบผนึกที่ 150°C ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% มีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้ามากที่สุด ผ้าที่ผ่านการอบผนึกที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถสังเกตเห็นความเหลืองได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 1. ผลกระทบของอุณหภูมิในการอบผนึกต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล

การทดลอง	อุณหภูมิอบผนึก (°C)	องศาการคืนตัวต่อการยับ (°) (เย็น + พุง)	ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%)		ดัชนีความขาวที่คงเหลือ (%)
			เย็น	พุง	
Untreated	-	191	100.0	100.0	100.0
1.	130	289	49.8	24.4	93.3
2.	140	292	43.4	18.1	86.2
3.	150	297	34.7	14.1	52.6

ในช่วงที่สองได้ศึกษา ผลกระทบของตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต ต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตตามที่กำหนดในช่วง 1-4% แล้วอบแห้ง

ที่ 100°C เป็นเวลา 3 นาที และอบผืนที่ 130°C เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งมี % pick up เท่ากับ 80% เช่นกัน จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 2 สรุปได้ว่า เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้มากขึ้น ไม่มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลดีขึ้น แต่ทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณตัวเร่งที่ 1% เพียงพอแล้วที่จะช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาของ 10% ไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยฝ้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียของการใช้ปริมาณตัวเร่งมากเกินไป มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายมากขึ้น ส่วนผลของค่าดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้ามีค่าใกล้เคียงกัน และดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่ง 1% มีค่าดัชนีความขาวที่คงเหลือที่สุด เพราะมีค่าใกล้เคียงกับความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารกันยับ

ตารางที่ 2. ผลกระทบของตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล

การทดลอง	ตัวเร่ง (%)	องศาการคืนตัวต่อการยับ ($^{\circ}$) (เย็น + พุง)	ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%)		ดัชนีความขาวที่คงเหลือ (%)
			เย็น	พุง	
Untreated	-	191	100	100	100.0
1.	1	295	53.0	32.9	97.1
2.	2	291	44.2	24.1	94.7
3.	3	287	41.3	21.1	92.8
4.	4	287	36.2	20.3	92.2

ขั้นต่อมาได้ศึกษา ผลกระทบของไกลออกซอล ต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลตามความเข้มข้นที่กำหนดระหว่าง 8-14% และตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต 1% แล้วอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 3 นาที และอบผืนที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 3 นาที ผลการทดลองที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลเพิ่มขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับ เพราะองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลมีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าผ้านั้นจะตกแต่งด้วยปริมาณไกลออกซอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างไร ส่วนดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าให้ค่าใกล้เคียงเช่นกัน เมื่อผ้าผ่านการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ความเข้มข้นต่างกัน แต่สมบัติความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าจะถูกกระทบ

มากโดยเฉพาะเส้นด้ายตามแนวด้ายยืน เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้มากกว่า 10% ขึ้นไป ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือตามแนวเส้นด้ายพุ่งไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 3. ผลกระทบของไกลออกซอลต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอล

การทดลอง	ไกลออกซอล (%)	องศาการคืนตัวต่อการยับ (°) (ยืน + พุ่ง)	ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%)		ดัชนีความขาวที่คงเหลือ (%)
			ยืน	พุ่ง	
Untreated	-	191	100	100	100.0
1.	8	295	60.0	35.0	95.6
2.	10	291	59.0	33.0	96.2
3.	12	297	51.0	37.0	96.5
4.	14	300	54.0	33.0	95.9

จากผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 1-3 อาจสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืน ถ้าใช้ อุณหภูมิที่สูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ส่วนตัวเร่งอุณหภูมินิยมใช้เพิ่มเติม ขึ้นนั้น ไม่มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลมีผลแตกต่างกันมากนัก ปริมาณของตัวเร่งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1-2% เพราะถ้า ปริมาณการใช้ตัวเร่งที่มากเกินไปกลับมีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าในทิศทางที่ลดลง ซึ่งเป็นผลกระทบที่ไม่ต้องการ ส่วนความเข้มข้นของไกลออกซอล เมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไกลออกซอล แต่จะมีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า เมื่อความเข้มข้นของ ไกลออกซอลที่ใช้มากกว่า 10% ขึ้นไป เพราะฉะนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้ไกลออกซอล ควรต่ำกว่า 10% ปริมาณความเข้มข้นของตัวเร่งที่ใช้ควรอยู่ในช่วง 1-2% และอุณหภูมิในการอบ ผืนควรอยู่ในช่วง 130-150 °C ซึ่งเป็นช่วงต่างๆของตัวแปรที่น่าสนใจ

ขั้นตอนต่อไปได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล และไคโดซาน โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบมี 3 ชนิดด้วยกัน คือ เชื้อ *Candida albicans* เป็นเชื้อ ประเภท fungi ซึ่งเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรค Candidiasis มีผลทำให้เกิดผื่นแดงคันบนผิวหนังจาก

การใช้ผ้าอ้อม (diaper rash) เชื้อ *Klebsiella pneumoniae* เป็นแบคทีเรียชนิด gram-negative bacteria และเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียชนิด gram-positive bacteria มีผลทำให้เกิดการติดเชื้อที่เรียกว่า Pyrogenic infections

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล

การทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลได้ใช้วิธีทดสอบแบบ Shake flask method ซึ่งผลการทดลองในตารางที่ 4 เป็นผลสรุปประสิทธิภาพของสารละลายไกลออกซอลในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction) จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 4 พบว่าสารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1 % สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ทั้งหมด ขณะที่เชื้อ *K. pneumoniae* ต้องใช้สารละลายไกลออกซอลที่มีความเข้มข้น 2 % ขึ้นไป จึงจะสามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้ 100% ส่วนเชื้อ *C. albicans* ไม่สามารถยับยั้งได้ด้วยสารละลายไกลออกซอล ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เชื้อ *C. albicans* สามารถทนต่อภาวะที่เป็นกรดได้ค่อนข้างดี ยิ่งสารละลายมีความเป็นกรดมาก คือ มีความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลมาก เชื้อ *C. albicans* ยิ่งทนได้ดีทำให้การยับยั้งเชื้อดังกล่าวลดลง

โดยสรุป ความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลที่ 1-2% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* ได้ 100% แต่เชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งได้เพียง 20-25% และความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ยิ่งน้อยลงไปอีกเมื่อปริมาณของไกลออกซอลที่ใช้มากขึ้น

ตารางที่ 4. ประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล

สารละลายไกลออกซอล	เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
1%	24.8%	78.9%	100.0%
2%	20.0%	100.0%	100.0%
4%	5.5%	100.0%	100.0%
6%	4.8%	100.0%	100.0%
8%	2.8%	100.0%	100.0%

4.3 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายโคโคซาน

การละลายของโคโคซานทุกความเข้มข้นจะทำการละลายในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% ส่วนการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายโคโคซานได้ใช้วิธีทดสอบแบบ Shake flask

method ซึ่งผลการทดลองในตารางที่ 5 เป็นผลสรุปการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซาน ซึ่งรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction) จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 5 สรุปได้ว่า เชื้อ *K. pneumoniae* สามารถยับยั้งได้ถึง 100% ด้วยกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% แสดงว่าเชื้อนี้ไม่ทนต่อภาวะที่เป็นกรด ส่วนเชื้อ *S. aureus* และ เชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งได้ด้วยไคโตซาน แต่ความเข้มข้นที่ใช้ในการยับยั้งเชื่อดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไป ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1% ขึ้นไปสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ทั้งหมด ส่วนเชื้อ *C. albicans* จะต้องใช้ความเข้มข้นของไคโตซานที่ 0.4% ขึ้นไปเพื่อยับยั้งเชื่อดังกล่าวได้ 100%

ตารางที่ 5. ประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซาน

สารละลายไคโตซาน	เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
0% (1% กรดอะซิติก)	20.9%	100.0%	29.4%
0.01%	7.9%	100.0%	25.9%
0.02%	4.1%	100.0%	28.9%
0.04%	19.9%	100.0%	32.9%
0.06%	28.0%	100.0%	43.2%
0.08%	47.0%	100.0%	58.0%
0.10%	52.3%	100.0%	100.0%
0.20%	53.0%	100.0%	100.0%
0.3%	65.5%	100.0%	100.0%
0.4%	100.0%	100.0%	100.0%

โดยสรุปไคโตซานสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ 100% ทั้ง 3 ชนิด แต่ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ ส่วนไกลออกซอลสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *K. pneumoniae* ได้เท่านั้น ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้

เนื่องจากการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว จำเป็นต้องใช้ตัวเร่ง คือ อลูมิเนียมซัลเฟตช่วยในการเกิดปฏิกิริยา เพราะฉะนั้น ควรทดสอบว่าสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตจะมีผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้มากน้อยอย่างไร

4.4. ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายตัวเร่ง อลูมิเนียมซัลเฟต

ผลการทดลองในตารางที่ 6 ได้สรุปผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0.10-1.0% จากผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ทดสอบไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และเชื้อ *C. albicans* เพราะเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *K. pneumoniae* เป็นศูนย์ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ค่อนข้างน้อยมากไม่ถึง 10% สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตมีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้บ้างที่ความเข้มข้น 0.8% ขึ้นไป ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ประมาณ 40% แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้น้อยลง ให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* น้อยลงด้วย

ตารางที่ 6. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต

สารละลาย อลูมิเนียมซัลเฟต	เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
0.1%	4.0%	0.0%	0.0%
0.2%	7.6%	0.0%	0.0%
0.4%	7.6%	0.0%	12.1%
0.6%	4.2%	0.0%	20.4%
0.8%	4.2%	0.0%	44.2%
1.0%	5.9%	0.0%	46.2%

ผลการทดลองในตารางที่ 4 ถึง 6 เป็นผลสรุปการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลาย 3 ชนิด คือ สารละลายไกลออกซอล สารละลายไคโดซาน และสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต จากผลที่ได้ในตารางดังกล่าวสามารถสรุปผลได้ดังนี้

สารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ 100% สำหรับการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ให้ได้ 100% ต้องใช้สารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 2% ขึ้นไป ส่วนเชื้อ *C. albicans* นั้นสารละลายไกลออกซอลไม่สามารถยับยั้งได้ถึง 100% สามารถยับยั้งได้เพียง 20% เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลที่ 1 หรือ 2% แต่เมื่อความเข้มข้นของสารไกลออกซอลเพิ่มขึ้น ผลการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ยิ่งน้อยลง

สารละลายไคโดซานที่ความเข้มข้น 0.1% ในกระดอะซีติกที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ 100% ส่วนเชื้อ *K. pneumoniae* สามารถยับยั้งได้ 100% ด้วยกระดอะซีติกที่ความ

เข้มข้น 1% เท่านั้น และที่ความเข้มข้นเพียง 0.01% ของสารละลายไคโตซานก็สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ได้ถึง 100% ส่วนเชื้อ *C. albicans* นั้นต้องใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4 % ขึ้นไป จึงสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ 100%

สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 0.1-1.0% ไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และเชื้อ *C. albicans* ส่วนเชื้อ *S. aureus* สามารถยับยั้งได้ประมาณ 40% เมื่อความเข้มข้นของสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ 0.8% ขึ้นไป

ถึงแม้สารละลายของไกลออกซอลและไคโตซานสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ความสามารถในการยับยั้งเชื้อดังกล่าวของสารทั้งสองที่ตกแต่งลงไปบนผ้าแล้วนั้น อาจจะไม่เหมือนกับความสามารถในการยับยั้งเชื้อของสารทั้งสองซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย ทั้งนี้เพราะ ความเข้มข้นของสารที่ตกแต่งลงบนผ้า จะขึ้นอยู่กับ % pick up ความเข้มข้นของสารที่ใช้ และ % add-on นอกจากนี้กลไกการซึมผ่านของสารบนผ้าออกมาข้างนอกเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์หลังจากผ้าได้ตกแต่งสำเร็จแล้วเป็นกลไกที่สลับซับซ้อนมาก จากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ย่อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์บนผ้า เพราะฉะนั้น การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล หรือไคโตซาน หรือทั้งไกลออกซอลและไคโตซานที่ตกแต่งสำเร็จแบบชั้นตอนเดียวและแบบสองชั้นตอนบนผ้า จะทำการศึกษาต่อไป รวมทั้งการศึกษสมบัติด้านกันยับ ความแข็งแรงที่คงเหลือ และดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วย

จากผลการทดลองเบื้องต้นที่ได้ในตารางที่ 1-3 ได้เลือกเอาระดับต่างๆ ของตัวแปร คือ ความเข้มข้นของไกลออกซอล ตัวแปร และอุณหภูมิในการอบผนึก มาสร้างรูปแบบการทดลองที่เรียกว่า “Factorial Design” เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรดังกล่าวต่อสมบัติขององค์การคืนตัวต่อการยับ (wrinkle recovery angle) ความแข็งแรงที่คงเหลือ (Breaking strength retention) ดัชนีความขาวที่คงเหลือ (whiteness index retention) และระดับการยับของผ้า (Durable press performance) หลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้ง และ 5 ครั้ง และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งตัวแปรที่ศึกษาในระดับต่างๆ มีดังนี้ ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 4% 6% และ 8% ตัวแปรอลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1 และ 2% อุณหภูมิในการอบผนึกที่ 130°C 140°C และ 150°C

4.5 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลอย่างเดียว

นำผ้ามัดกแต่งสำเร็จด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ณ ภาวะต่างๆ แล้วนำผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแล้วมาทดสอบสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาวที่คงเหลือ ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าทั้งที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ณ ภาวะต่างๆ และผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้า

ที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอลได้รวมสรุปเอาไว้ในตารางที่ 7 จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 พบว่าผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารกันยับ ไกลออกซอลจะมีสมบัติองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าหลังซักน้อยกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับ ไกลออกซอล ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอลจะมีค่าที่ต่ำกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล แสดงว่าสารกันยับ ไกลออกซอลช่วยปรับปรุงผ้าให้มีสมบัติกันยับที่ดีขึ้น แต่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับ ไกลออกซอล

สรุปภาพรวมจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 ได้ว่า ภาวะการใช้ปริมาณตัวเร่ง อลูมิเนียมซัลเฟตที่ 1% ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า พบว่า เมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับมีองศาการคืนตัวต่อการยับ และเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่ดัชนีความขาวที่คงเหลือและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับไม่แตกต่างกันมากนักค่อนข้างมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนอุณหภูมิในการอบผืน เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบผืนที่สูงขึ้น มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 2% พบว่า การเพิ่ม ไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืนไม่มีผลกระทบต่อองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้ามากนัก แต่การเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืนก็ผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ส่วนการเพิ่มไกลออกซอลมีผลกระทบต่อสมบัติความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าบ้างเล็กน้อยแต่ไม่รุนแรงเท่ากับผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืน

ตารางที่ 7. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสาร ไกลออกซอลอย่างเดียว

No.	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (°) (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					ยื่น	พุง		1 ครั้ง	5 ครั้ง
ผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอล				191	100.0	100.0	100.0	1.50	1.75
1	4	1	130	249	50.8	39.1	98.2	2.00	2.00
2	4	1	140	259	55.9	35.0	97.6	2.50	2.33
3	4	1	150	275	39.6	24.0	93.4	2.83	2.83
4	6	1	130	262	55.6	34.4	97.7	2.00	2.33
5	6	1	140	273	55.1	32.4	96.8	2.83	2.66

6	6	1	150	281	44.7	23.1	89.6	3.00	3.00
7	8	1	130	268	65.2	44.1	99.7	2.50	2.66
8	8	1	140	287	54.9	31.5	94.6	3.08	3.08
9	8	1	150	295	45.7	23.2	87.0	3.33	3.33
10	4	2	130	286	48.3	23.1	96.3	2.83	3.00
11	4	2	140	287	33.4	20.0	85.0	3.25	3.25
12	4	2	150	286	30.9	15.5	74.0	3.50	3.50
13	6	2	130	287	53.9	30.2	97.7	3.17	3.00
14	6	2	140	290	42.8	23.1	90.1	3.50	3.33
15	6	2	150	288	33.0	16.4	78.0	3.50	3.42
16	8	2	130	288	50.0	27.3	96.9	3.00	3.00
17	8	2	140	294	43.8	21.0	92.5	3.50	3.33
18	8	2	150	296	36.4	17.1	69.6	3.50	3.42

ส่วนภาวะต่างๆที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จของไกลออกซอลลงบนผ้า มีผลกระทบต่อสมบัติของสารกีนตัวต่อการยับ ความแข็งแรงที่คงเหลือ คำนีความขาวที่คงเหลือ และเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้ง และ 5 ครั้งอย่างไร สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

องศาการกีนตัวต่อการยับของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ตกแต่งลงบนผ้ามากขึ้น มีแนวโน้มทำให้องศาการกีนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผึ่งให้สูงขึ้น หรือการใช้ปริมาณตัวเร่งมากขึ้น แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% และ 2% จะพบว่า การใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% ในการตกแต่งสารกันยับไกลออกซอลลงบนผ้า มีผลทำให้องศาการกีนตัวต่อการยับของผ้าทดสอบที่ได้ มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะเป็นการปรับเปลี่ยนปริมาณการใช้ไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผึ่งให้สูงขึ้นแต่อย่างไร อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณตัวเร่ง 2% มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาของไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าค่อนข้างมีประสิทธิภาพที่ดี ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผึ่ง และปริมาณของไกลออกซอลที่ใช้ ไม่มีผลกระทบต่อองศาการกีนตัวต่อการยับมากนัก แต่สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1% พบว่าปริมาณการใช้ไกลออกซอล และอุณหภูมิในการอบผึ่ง มีผลกระทบต่อองศาการกีนตัวต่อการยับมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่

2% โดยสรุป ตัวแปรทั้งสาม คือ ปริมาณตัวเร่ง ปริมาณไกลออกซอล และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ผืนึก มีผลกระทบต่อองค์การคืนตัวต่อการยับในแนวโน้มที่ดีขึ้น

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

ความแข็งแรงที่คงเหลือในแนวด้ายยืนของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ภาวะต่างๆ ใน ตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืนึกยิ่งสูงมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลงมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิในการอบผืนึกที่ 150°C มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าลดลงค่อนข้างมาก ส่วนปริมาณตัวเร่งที่ใช้มากขึ้น มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าลดลงมากขึ้นเช่นกัน และเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% และอุณหภูมิในการอบผืนึกที่สูงพร้อมกันในการตกแต่งสารกันยับ มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายมากยิ่งขึ้น ส่วนปริมาณไกลออกซอลที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามากนัก แต่กลับมีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้น บ้างเล็กน้อย โดยสรุป ตัวเร่งและอุณหภูมิในการอบผืนึกถ้าใช้ในภาวะที่รุนแรงมากขึ้นมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าในแนวด้ายยืนถูกทำลายมากขึ้น และถ้าใช้ตัวแปรทั้งสองในระดับที่รุนแรงในเวลาเดียวกัน มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามากขึ้นตามไปด้วย

ความแข็งแรงที่คงเหลือในแนวด้ายพุ่งของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ภาวะต่างๆ ใน ตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืนึกและตัวเร่งมีผลกระทบในทางลบต่อความแข็งแรงของผ้า ซึ่งถ้าภาวะการใช้อุณหภูมิในการอบผืนึกสูงและปริมาณตัวเร่งที่ใช้มาก มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าลดน้อยลง ในขณะที่ปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามากนัก โดยสรุปตัวเร่งและอุณหภูมิในการอบผืนึก มีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของเส้นด้ายตามแนวด้ายพุ่งของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ซึ่งตัวแปรทั้งสองมีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าในทิศทางเดียวกันกับผลกระทบที่ได้ต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายตามแนวด้ายยืน

ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

จากผลการทดลองในตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น มีผลทำให้ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมื่อมีปริมาณของไกลออกซอลมาก โอกาสที่เกิดออกซิเดชั่นจะเกิดได้มากขึ้น มีโอกาสทำให้ผ้าเหลืองมากขึ้น ส่งผลให้ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ส่วนอุณหภูมิในการอบผืนึกถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างผ้าถูกทำลายได้มากขึ้น มีผลทำให้ผ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงเคมีของผ้าที่เป็นสีขาวให้เป็นสีเหลืองมากขึ้น แสดงว่าโครงสร้างของผ้าได้ถูกทำลายไป ส่วนตัวเร่งโดยเฉพาะตัวเร่งที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีผลทำลายสมบัติความแข็งแรงของผ้าได้โดยตรงอยู่แล้ว การที่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าฝ้ายลดลง แสดง

ว่าโครงสร้างของผ้าฝ้ายได้ถูกทำลายไปเช่นกัน และมีผลสืบเนื่องต่อไปจนถึงความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าฝ้าย โดยสรุปเมื่อมีการใช้ไกลออกซอลหรือตัวเร่งในปริมาณที่สูงขึ้น หรืออุณหภูมิในการอบผืนที่สูงขึ้น มีผลทำให้ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลงได้ทุกตัวแปรที่ศึกษา

เกรตระดับการยับหลังผ้าผ่านการซักของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

โดยทั่วไป ผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับมีสมบัติการคืนตัวต่อการยับ และเกรตระดับการยับของผ้าไปในแนวทิศทางเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ คือ ถ้าองศาการคืนตัวต่อการยับดี เกรตระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรดที่สูง คือมีรอยยับน้อย จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 สรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้ตกแต่งลงบนผ้ามากขึ้น มีผลทำให้เกรตระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรดที่ดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืนให้สูงขึ้น หรือการใช้ปริมาณตัวเร่งมากขึ้น แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% และ 2% ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า พบว่า การใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% มีผลทำให้เกรตระดับการยับของผ้าที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าปริมาณการใช้ไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผืนที่ให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณตัวเร่งที่ใช้ 2% มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าค่อนข้างมีประสิทธิภาพที่ดี ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนและปริมาณไกลออกซอลที่ใช้ ไม่มีผลกระทบต่อเกรตระดับการยับของผ้ามากนัก แต่สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1% พบว่าปริมาณการใช้ของไกลออกซอล และอุณหภูมิในการอบผืน มีผลกระทบต่อเกรตระดับการยับมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% โดยสรุปตัวแปรที่ศึกษา คือ ปริมาณตัวเร่ง ปริมาณไกลออกซอล และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืน มีผลกระทบต่อเกรตระดับการยับของผ้าและองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าปริมาณตัวเร่งที่ใช้ 2% มีผลทำให้การใช้ปริมาณไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืน มีผลกระทบต่อสมบัติดังกล่าวน้อยมาก นอกจากนี้ จำนวนครั้งในการซักมีผลกระทบต่อเกรตระดับการยับของผ้าบ้างแต่น้อยมาก และถ้าใช้ตัวเร่งที่ 2% ในการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอล จำนวนครั้งในการซักมีผลกระทบต่อเกรตระดับการยับน้อยมากๆ เมื่อเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1%

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวถึงข้างต้น พบว่าการใช้ปริมาณตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตที่ 2% มีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวของผ้าค่อนข้างรุนแรง จึงควรใช้ปริมาณตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตที่ 2% ออกไปสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไปของผลกระทบของตัวแปรต่อสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ความขาว และการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบขั้นตอนเดียว

4.6 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่าง เดียว

ขั้นตอนนี้ ได้นำผ้ามาตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% และ 0.8% การเตรียมสารละลายของไคโตซานทำได้โดยชั่งไคโตซานตามปริมาณที่กำหนด แล้วนำมาละลายในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% หลังจากนั้นทำการอบแห้งผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้น นำผ้าที่ตกแต่งแล้วมาทดสอบหาองศาการคืนตัวต่อการยับ ความแข็งแรง ดัชนีความขาว และระดับการยับของผ้า ผลการทดสอบของสมบัติดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 8

จากผลการทดลองในตารางที่ 8 สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานนั้นมีดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ส่วนสมบัติด้านความแข็งแรงและองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งด้วยไคโตซานไม่ได้ให้ผลที่แตกต่างกันมากนัก ส่วนเกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานค่อนข้างดีกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ไคโตซานเป็นสารที่ชอบน้ำ เมื่อนำไปเคลือบลงบนผ้าอาจช่วยป้องกันการแตกหักของพันธะไฮโดรเจนของผ้าฝ้ายให้เกิดการแตกหักน้อยลง มีผลทำให้เกิดการสร้างพันธะขึ้นมาใหม่ได้น้อยลง และมีผลทำให้รอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าน้อยลงด้วย เพราะผ้าฝ้ายจะดูดซับน้ำโดยตรงได้น้อยลง เมื่อผ้ามีการเคลือบด้วยไคโตซาน เพราะไคโตซานจะดูดซับน้ำไปบางส่วน นอกจากนี้ การตกแต่งไคโตซานในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ผ้าเกิดความแข็งแรงกระด้างมากขึ้น เพราะฉะนั้น ถ้าผ้ามีความกระด้างมาก องศาการคืนตัวของผ้าก็จะไม่ค่อยดี มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.5% มีองศาการคืนตัวที่ดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.8%

ตารางที่ 8. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวน

ความเข้มข้น ของไคโตซาน %	องศาการคืน ตัวต่อการยับ (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการยับ ของผ้าหลังผ้าผ่าน การซัก	
		ยื่น	พุง		1 ครั้ง	2 ครั้ง
0.0	191	100.0	100.0	100.0	1.50	1.75
0.5	196	103.5	89.2	92.8	2.50	2.72
0.8	182	96.6	94.4	89.6	2.06	2.72

โดยสรุปจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 และ 8 อาจสามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลจะมีสมบัติองค์การคืนตัวต่อการยับ และเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซัก ดีขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลจะมีแนวโน้มที่แย่ลง เมื่อเปรียบเทียบสมบัติต่างๆดังกล่าวของผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ สรุปภาวะของการตกแต่งสารไกลออกซอลอย่างเดียวนั้นพบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วย ไกลออกซอลแล้วมีสมบัติกันยับอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวไม่มากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งโดยการใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 6% หรือ 8% ปริมาณตัวเร่งอูมิเนียมซัลเฟต 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนอยู่ในช่วง 130-150°C ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโดซานมีผลทำให้เกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น ดัชนีความขาวของผ้าลดลงบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ไคโดซาน ถ้าใช้ปริมาณไคโดซานมาก โอกาสผ้าจะเหลืองก็มีค่อนข้างมาก ส่วนผลขององค์การคืนตัวต่อการยับ และความแข็งแรงของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไคโดซานไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่วัดได้ของผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ นอกจากนี้ ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโดซานที่ 0.8% จะมีความกระด้างของผ้ามากกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโดซาน 0.5%

ขั้นตอนต่อไปจะรายงานสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียวและแบบ 2 ขั้นตอน ว่าจะมีผลการทดสอบที่ได้แตกต่างกันอย่างไรบ้าง และสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว หรือแบบ 2 ขั้นตอน จะแตกต่างกับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลหรือไคโดซานอย่างเดียวอย่างไรบ้าง

4.7 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว

การทดลองในขั้นนี้ เพื่อศึกษาว่าไคโดซานมีผลกระทบต่อสมบัติการเป็นสารกันยับของ ไกลออกซอลอย่างไร ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว แสดงสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และความขาวแตกต่างกันอย่างไรบ้าง กับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลอย่างเดียวหรือไคโดซานอย่างเดียว สมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล และไคโดซานแบบขั้นตอนเดียวได้สรุปไว้ในตารางที่ 9 เมื่อนำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 7-9 มาเปรียบเทียบผลของสมบัติที่ทดสอบได้ด้วยกัน สามารถสรุปผลกระทบของไคโดซานต่อสมบัติการเป็นสารกันยับของไกลออกซอลได้ดังนี้

ตารางที่ 9. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอล และไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว

Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ (%)		ดัชนี ความ ขาวที่คง เหลือ, %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					ยื่น	พุง		1 ครั้ง	5 ครั้ง
0.8	4	1	130	226	82.6	90.5	76.3	2.61	3.36
0.8	4	1	140	239	86.3	84.7	67.6	3.14	3.42
0.8	4	1	150	242	90.1	87.8	58.6	2.67	3.42
0.5	4	1	130	237	92.8	86.0	85.3	2.94	3.36
0.5	4	1	140	256	88.7	84.1	77.6	3.25	3.36
0.5	4	1	150	256	91.5	79.7	67.0	3.28	3.39
0.8	6	1	130	278	75.3	64.4	65.8	2.81	3.19
0.8	6	1	140	278	75.9	66.2	50.1	3.25	3.19
0.8	6	1	150	275	79.2	71.1	42.4	2.72	2.97
0.5	6	1	130	271	87.5	78.8	82.3	2.72	3.47
0.5	6	1	140	274	81.8	73.7	77.7	3.03	3.42
0.5	6	1	150	270	82.3	80.5	61.4	3.27	3.25
0.8	8	1	130	278	70.2	63.5	74.2	2.06	2.69
0.8	8	1	140	290	59.1	46.8	55.6	2.44	3.00
0.8	8	1	150	287	62.2	52.5	63.3	3.00	3.25
0.5	8	1	130	293	66.8	57.2	81.2	2.83	3.14
0.5	8	1	140	295	52.6	39.4	70.7	3.25	3.25
0.5	8	1	150	299	50.1	46.8	63.7	3.42	3.36

องศาการคืนตัวต่อการยับ

เมื่อเปรียบเทียบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวกับองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ผลที่ได้พบว่าองศาการคืนตัวต่อการยับมีความแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อย ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น

4% พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และความแตกต่างขององศาการคืนตัวต่อการยับของผ้ายังมีน้อยลง เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้ในการตกแต่งผ้าเพิ่มมากขึ้น จากผลที่ได้จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้โคโคซานในการตกแต่งผ้าร่วมกับไกลออกซอลไม่มีผลกระทบต่อองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าเมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 4% โคโคซานอาจมีผลกระทบต่อองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าบ้างเพียงเล็กน้อย

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับสมบัติความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว โคโคซานมีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าโคโคซานที่ตกแต่งลงบนผ้า ได้ไปเคลือบเส้นใยของผ้าฝ้ายทำให้เส้นใยแข็งแรงขึ้น หรืออาจเป็นเพราะว่าพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในโครงสร้างของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว เป็นร่างแหที่ยาวที่มีความยืดหยุ่นที่ดีกว่าของพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในโครงสร้างของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว พันธะร่างแหที่ยาวทำให้เกิดความเครียดที่น้อยกว่าพันธะร่างแหที่สั้น มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าดีขึ้น

ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้า

ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีค่าน้อยกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ผ้าที่ตกแต่งด้วยโคโคซานที่ความเข้มข้นมาก ความขาวของผ้ายังมีน้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า โคโคซานมีแนวโน้มทำให้ผ้าเหลืองได้ด้วยตัวมันเองอยู่แล้ว เพราะสีของสารละลายโคโคซานเป็นสารละลายสีเหลืองอ่อน ทำให้เมื่อใช้โคโคซานตกแต่งลงบนผ้าแล้วมีผลทำให้ผ้าเหลืองได้ ซึ่งถ้าดูจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 8 ผ้าที่ตกแต่งด้วยโคโคซานแล้วอบแห้งอย่างเดียวกี่ 100°C เป็นเวลา 2 นาที มีความขาวที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยอะไรเลย ความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยโคโคซานอาจลดลงได้มากยิ่งขึ้นเมื่อผ้าผ่านการอบหมักที่อุณหภูมิสูงขึ้น เพราะความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการทำลายโครงสร้างของผ้าได้มากขึ้น เพราะฉะนั้น ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีดัชนีความขาวที่คงเหลือน้อยลงเมื่อโคโคซานที่ใช้มีความเข้มข้นมากขึ้นและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบหมักสูงขึ้น

เกรตระดับการยับยั้งหลังผ้าผ่านการซัก

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว มีเกรตระดับการยับของผ้าที่ได้หลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้งและ 5 ครั้ง แตกต่างออกไปจากผลที่ได้โดยทั่วไปของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับอย่างเดียวยหลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้งและ 5 ครั้ง ทั้งนี้เพราะ โดยปกติ ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับมีเกรตระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรตที่น้อยลง เมื่อผ้าผ่านจำนวนการซักมากขึ้น แต่เกรตระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว มีเกรตระดับการยับที่ดีขึ้นเมื่อผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง เทียบกับผลที่ได้ของผ้าที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การซักมีผลทำให้สารบางชนิดหลุดออกไป จากการทดลองที่ได้นี้ สารที่หลุดออกไปนั้นคาดว่าจะ เป็นไคโตซาน เพราะไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้ามีผลทำให้ผ้ามีความกระด้างมากขึ้นหรือมีเนื้อมากขึ้น สังเกตได้จาก การสัมผัสที่ผิวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว มีความกระด้างหรือมีความเป็นเนื้อของผ้ามากกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ซึ่งลักษณะเช่นนี้อาจมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าดีขึ้นได้เช่นกัน แต่เมื่อผ้าผ่านการซักมากกว่าหนึ่ง ครั้งมีผลทำให้ความกระด้างของผ้าที่ได้น้อยลง เพราะผ้ามีความนิ่มมากขึ้น การเกิดรอยยับบนผ้าที่มีความนิ่มจะเป็นรอยยับที่เล็ก ไม่ใหญ่เหมือนกับรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความกระด้าง นอกจากนี้ รอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความนิ่มอาจจะสังเกตเห็นรอยยับไม่ชัดเจน เหมือนกับรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความกระด้าง จากลักษณะรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีผิวสัมผัสต่างกัน อาจมีผลกระทบต่อ การให้เกรตระดับการยับของผ้าได้ ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว หลังผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง มีเกรตระดับการยับดีกว่าของผ้าที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง

จากผลที่ได้ในตารางที่ 7-9 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและเกรตระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักดีกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวมีองศาการคืนตัวที่น้อยกว่าเล็กน้อย เช่นเดียวกับดัชนีความขาวที่คงเหลือที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลของสมบัติทั้งสองของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว
2. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวให้สมบัติกันยับด้านองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรตระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักดีกว่า ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว

3. ส่วนภาวะการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวบนผ้า ที่มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้ว มีสมบัติกันยับอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและไม่กระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือมากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ 6% และไคโตซานที่ 0.5% ปริมาณตัวเร่ง 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนก้อยู่ในช่วง 130-150°C

4.8 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง แลดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน

ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน ได้สรุปไว้ในตารางที่ 10 การศึกษาในส่วนนี้ ทำเพื่อเปรียบเทียบวิธีการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอน จะมีผลกระทบอย่างไรบ้างต่อสมบัติต่างๆที่ทดสอบ รวมทั้งเปรียบเทียบสมบัติดังกล่าวกับสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลหรือไคโตซานอย่างเดียว

ตารางที่ 10. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสาร ไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน

Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ ถีนตัวต่อ การยับ (ยีน + ฟุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ (%)		ดัชนี ความ ขาวที่คง เหลือ, %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					ยีน	ฟุง		1 ครั้ง	5 ครั้ง
0.8	4	1	130	266	67.0	58.9	73.8	2.50	2.83
0.8	4	1	140	270	56.0	47.8	66.4	2.83	3.00
0.8	4	1	150	279	40.6	36.3	57.8	2.67	3.00
0.5	4	1	130	275	65.1	58.1	81.6	2.50	3.00
0.5	4	1	140	285	56.4	45.2	78.0	2.83	3.00
0.5	4	1	150	287	45.9	29.5	71.8	3.17	3.33
0.8	6	1	130	270	68.6	63.5	66.7	2.67	2.67
0.8	6	1	140	282	57.1	44.3	62.1	2.83	3.00
0.8	6	1	150	285	46.6	31.8	52.6	3.17	3.00
0.5	6	1	130	290	60.9	51.4	80.6	2.67	2.17

0.5	6	1	140	291	53.5	37.2	72.1	3.00	3.17
0.5	6	1	150	293	42.0	27.9	63.1	3.50	3.50
0.8	8	1	130	286	59.4	51.0	65.2	2.83	3.00
0.8	8	1	140	291	53.4	37.8	53.9	2.83	3.00
0.8	8	1	150	295	47.7	29.2	48.3	3.17	3.17
0.5	8	1	130	290	58.4	44.5	75.5	2.83	2.83
0.5	8	1	140	294	51.2	39.5	71.7	3.00	3.33
0.5	8	1	150	298	39.6	23.7	62.1	3.50	3.50

องศาการคืนตัวต่อการยับ

การใช้ไคโดซานที่ 0.5% จะให้องศาการคืนตัวต่อการยับที่ดีกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ไคโดซานที่ 0.8% ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ชั้นตอน ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ชั้นตอน มีองศาการคืนตัวต่อการยับที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัตินี้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบชั้นตอนเดียว แต่เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลเพิ่มมากขึ้นมาอยู่ที่ 8% องศาการคืนตัวต่อการยับมีค่าใกล้เคียงกันมากไม่ว่าผ้าจะตกแต่งสำเร็จแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอน เมื่อเปรียบเทียบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ชั้นตอนกับสมบัตินี้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวพบว่า แบบ 2 ชั้นตอนให้องศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่าและจะให้ผลที่ดีกว่ามากเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ที่ 130°C และ 140°C แต่ที่อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 150°C องศาการคืนตัวต่อการยับที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่แบบ 2 ชั้นตอนให้ผลที่ดีกว่าเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโดซานอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ชั้นตอน แบบ 2 ชั้นตอนให้ผลขององศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่ามาก

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า

การใช้ไคโดซานที่ 0.8% จะให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ไคโดซานที่ 0.5% ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ชั้นตอน การตกแต่งสำเร็จแบบชั้นตอนเดียวของไกลออกซอลและไคโดซาน มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวและของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ชั้นตอน การตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอนของสารไกลออกซอลและไคโดซานบนผ้าให้ความแข็งแรงที่คง

เหลือแตกต่างกันค่อนข้างมาก อาจจะเป็นเพราะพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแตกต่างกัน พันธะร่างแหที่เกิดขึ้นของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวน่าจะเป็นพันธะที่ยาวและมีความยืดหยุ่นมากกว่าพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในผ้าที่ตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอน มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวมีความเครียดน้อยกว่า มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวดีกว่า

ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้า

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน หรือชั้นตอนเดียวให้ค่าดัชนีความขาวค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความขาวที่ได้จะน้อยกว่าค่าดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว แสดงว่าไคโตซานมีผลทำให้เกิดความเหลืองบนผ้ามากขึ้น และเมื่อปริมาณการใช้ไคโตซานเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการอบผืนสูงขึ้น มีผลทำให้ความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้ามีมากขึ้น

เกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก

เกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอนนั้น ให้ผลเกรดระดับการยับที่ดีกว่าเกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบเกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอน แบบชั้นตอนเดียวมีแนวโน้มที่จะให้เกรดระดับการยับของผ้าดีกว่าเล็กน้อย

สรุปในภาพรวมของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว และแบบ 2 ชั้นตอน พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวมีค่าความแข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าการตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอน ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าหลังซักนั้นการตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอนจะให้ผลที่ดีกว่า ส่วนดัชนีความขาวมีผลใกล้เคียงกันไม่ว่าผ้าจะตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอน จากผลการทดลองที่ได้นี้สามารถตอบประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ในโครงการได้ว่า มีความเป็นไปได้สำหรับการตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว และเมื่อเปรียบเทียบสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลอย่างเดียวกับสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว และแบบ 2 ชั้นตอน พบว่าผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวให้เกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซักและความแข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับใกล้เคียงกัน แต่ดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวดีกว่าแบบชั้นตอนเดียว ส่วนผ้าที่ตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอน ให้เกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก และองศาการ

ค้นคว้าการยับยั้งการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก่อน ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อใช้ไคโดซานที่ 0.8% ส่วนดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวยังมีค่าที่ต่ำกว่าการตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน เพราะฉะนั้น ถ้าต้องการตกแต่งผ้าให้มีสมบัติกันยับยั้งในระดับหนึ่ง และดัชนีความขาวของผ้าอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าไม่เป็นปัจจัยสำคัญมากนัก สามารถใช้ไกลออกซอลอย่างเดียวในการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้ายได้ และถ้าต้องการผ้าที่มีทั้งสมบัติกันยับยั้งและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าค่อนข้างดีด้วย แต่ปัญหาด้านความเหลืองไม่เป็นปัจจัยที่สำคัญ สามารถตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียวได้ และถ้าต้องการผ้าที่มีสมบัติกันยับยั้งค่อนข้างดีมากเป็นปัจจัยหลัก ไม่คำนึงถึงความแข็งแรงที่คงเหลือและปัญหาความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้ามากนัก หลังผ้าผ่านการตกแต่งสำเร็จแล้วสามารถตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบสองขั้นตอนได้

4.9 ศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จ

การศึกษาในส่วนนี้ นำผ้ามาตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว หรือตกแต่งด้วยไคโดซานอย่างเดียว หรือตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว หรือแบบ 2 ขั้นตอน หลังจากนั้นนำมาที่ตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีต่างๆ มาทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง รวมทั้งศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วย

ผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

นำผ้ามาตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามภาวะที่ใช้ในการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่แตกต่างกัน 18 ภาวะ หลังจากนั้นนำมาผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวกึ่ง 18 ผืน มาทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method และวิธีที่เรียกว่า Clear zone ตามมาตรฐานของ AATCC 147-1988 ซึ่งบริเวณที่ปรากฏว่ามี Clear zone แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์ถูกยับยั้งไว้ไม่ให้เกิดการเจริญเติบโต ทำให้เกิดเป็นบริเวณที่ว่างขึ้น ระหว่างผ้ากับเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ได้ถูกขจัดออกไปบนผ้าก่อนการทดสอบ ผลการทดสอบการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีทดสอบแบบ Shake flask method ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก่อนได้สรุปไว้ในตารางที่ 11

ส่วนผลการทดสอบการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีทดสอบแบบ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลอย่างเดียวก่อนได้สรุปไว้ในตารางที่ 12 ส่วนรูปการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 3 ชนิดของการทดสอบแบบวิธี Clear zone แสดงไว้ในรูปที่ 12-14

ตารางที่ 11. ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว
แบบวิธี Shake flask method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า				เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
No.	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp °C	C. albicans	K. pneumoniae	S. aureus
1	4	1	130	21.5	68.1	54.7
2	4	1	140	23.7	68.3	56.0
3	4	1	150	24.1	68.8	55.4
4	6	1	130	27.8	73.5	58.8
5	6	1	140	32.0	64.9	57.9
6	6	1	150	24.1	57.9	62.8
7	8	1	130	24.5	70.5	70.8
8	8	1	140	27.3	55.8	76.4
9	8	1	150	31.8	58.5	72.0
10	4	2	130	20.8	55.9	72.4
11	4	2	140	22.1	44.1	76.8
12	4	2	150	30.8	41.2	74.4
13	6	2	130	33.8	41.0	68.1
14	6	2	140	32.7	29.8	69.7
15	6	2	150	35.8	28.3	70.5
16	8	2	130	41.2	33.7	68.3
17	8	2	140	35.3	22.5	62.3
18	8	2	150	39.9	29.0	72.5

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 11 สรุปได้ว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ที่ภาวะต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อใกล้เคียงกันมาก ซึ่งถ้าดูจากผลการทดสอบการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล พบว่าไกลออกซอลสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ค่อนข้างน้อย และที่ความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลประมาณ 1-2% สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ ประมาณ 20-25% เพราะฉะนั้นการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่าง

เคียวก็ไม่ควรที่จะยับยั้งได้มาก จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 11 ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเคียวสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้อยู่ที่ประมาณ 20-40% และถ้าปริมาณการใช้ตัวเร่งอูมิเนียมซัลเฟตมากขึ้น มีแนวโน้มที่จะยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ดีขึ้นแต่ไม่มากนัก ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนและปริมาณของไกลออกซอลไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าว อย่างไรก็ตาม เฟอร์นิเจอร์การลดลงของเชื้อดังกล่าวในแต่ละการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรที่ศึกษาตัวใด มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อ *C. albicans* ได้มากกว่ากัน ความแตกต่างของเฟอร์นิเจอร์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ก็มีบ้างเล็กน้อยในแต่ละการทดลอง ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเคียวสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ดีที่สุดได้ไม่เกิน 40% แสดงว่าเชื้อนี้มีความต้านทานต่อภาวะที่ศึกษาได้ค่อนข้างดีกว่าเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* ทั้งนี้เพราะว่าการลดลงของเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* มีเฟอร์นิเจอร์การลดลงของจุลินทรีย์ที่มากกว่า

การทดสอบการยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* บนผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล จากผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 2% การยับยั้งของเชื้อดังกล่าวลดลง ทั้งนี้เพราะการเพิ่มตัวเร่งจะมีผลในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอลและหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายได้ดีขึ้น มีผลทำให้ปริมาณไกลออกซอลเกิดพันธะกับผ้าได้ค่อนข้างดีกว่าพันธะที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% จึงมีผลทำให้ภาวะที่ใช้ตัวเร่ง 2% นั้นอาจมีผลทำให้ปริมาณไกลออกซอลที่จะซึมผ่านผ้าออกมาระหว่างการทดสอบมีน้อย มีผลทำให้การยับยั้งเชื้อทำได้ค่อนข้างช้าและทำให้ไม่สามารถไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ทัน ทำให้การลดลงของเชื้อน้อยลง และอีกประการหนึ่งเชื้อ *K. pneumoniae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ มีการเจริญเติบโตของเชื้อได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ที่เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เพราะฉะนั้นเมื่อสารซึมผ่านออกมาช้า แต่การเจริญเติบโตของเชื้อค่อนข้างไวหรือเร็ว จะมีผลทำให้การยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* น้อยลงเมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผืนไม่ได้มีผลทำให้การยับยั้งของเชื้อนี้แตกต่างกันมากนัก แต่การยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* น้อยลง เมื่อปริมาณตัวเร่งอูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้ามากขึ้น

ส่วนการทดสอบการยับยั้งของเชื้อ *S. aureus* บนผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล พบว่า เฟอร์นิเจอร์การลดลงของเชื้อ *S. aureus* ค่อนข้างสูงกว่าเฟอร์นิเจอร์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* แสดงว่า เชื้อ *S. aureus* มีความต้านทานต่อไกลออกซอลได้น้อยกว่าเชื้อ *C. albicans* จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า ที่ภาวะการใช้ตัวเร่ง 1% ไกลออกซอลที่ 8% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งของเชื้อนี้ เมื่อปริมาณไกลออกซอลที่ใช้อยู่ที่ 4% และ

6% การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอบหมึกไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เพราะเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อใกล้เคียงกันมาก ส่วนปริมาณตัวเร่งที่ใช้ 2% ให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ในแนวโน้มที่ดีขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ การเพิ่มตัวเร่งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของไกลออกซอลในการเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้าย มีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารกันยับ มีปริมาณไกลออกซอลมากขึ้น เป็นการเพิ่มโอกาสให้สารซึมผ่านออกมาจากผ้าเพื่อยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้มากขึ้น นอกจากนี้สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตซึ่งเป็นตัวเร่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้บ้างพอสมควร ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ตัวเร่งมากขึ้น มีผลทำให้การยับยั้งของเชื้อดีขึ้นบ้าง แต่ที่ภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 2% ไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบหมึก ไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อ *S. aureus*

โดยสรุปจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 11 ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และ *C. albicans* ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณตัวเร่งมีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ให้ดีขึ้นบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตซึ่งเป็นตัวเร่งที่ความเข้มข้น 0.1-1.0% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ประมาณ 40% เพราะฉะนั้น ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่มีปริมาณตัวเร่งมากขึ้น เมื่อนำมาทดสอบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของผ้า ก็น่าที่จะมีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีขึ้น แต่สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และเชื้อ *C. albicans* เพราะฉะนั้น การเพิ่มปริมาณการใช้ตัวเร่งในการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอล จึงไม่มีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และเชื้อ *C. albicans* ให้ดีขึ้นหรือแย่ลง นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบหมึกไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อทั้ง 3 ชนิดมากนัก เพราะเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อทั้ง 3 ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

ผลการทดลองในตารางที่ 12 เป็นการสรุปความกว้างของระยะ Clear zone ที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล ถ้าความกว้างของ Clear zone มากขึ้น แสดงว่าผ้าทดสอบชิ้นนั้นมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีขึ้น จากผลการทดลองในตารางที่ 12 พบว่า ผ้าที่ใช้ทดสอบเชื้อ *S. aureus* จะแสดงระยะ Clear zone ที่เกิดขึ้นเท่านั้นดังรูปที่ 12 จากผลที่ได้ไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่า ตัวแปรใดมีผลต่อความกว้างของ Clear zone ที่เกิดขึ้น ตัวแปรทั้ง 3 ต้องผสมผสานกันเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอลและหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายให้ดีที่สุด เพื่อจะได้ยึดไกลออกซอลให้ติดลงบนผ้าให้มากที่สุด เมื่อมีปริมาณไกลออกซอลยึดติดบนผ้าได้มาก ก็อาจจะเพิ่มแนวโน้มการซึมผ่านของสารออกมาจากผ้าได้มากขึ้น มีผลต่อการยับยั้งเชื้อได้ดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ ความกว้างของ Clear zone ที่แตกต่างกันไม่ก็มีลิเมตร อาจจะไม่สามารถบอกถึงความ

แตกต่างกันได้มากนัก ทำให้ไม่สามารถสรุปผลกระทบของตัวแปรแต่ละตัวต่อความกว้างของ Clear zone ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

ผ้าที่ใช้ทดสอบเชื้อ *K. pneumoniae* ไม่แสดงระยะ Clear zone ดังแสดงไว้รูปที่ 13 ทั้งนี้ประสิทธิภาพการยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งใกล้เคียงกับการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้อยู่ที่ 1% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เชื้อ *K. pneumoniae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบมีการเจริญเติบโตของเชื้อได้เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เมื่อปริมาณสารที่ซึมออกมาจากผ้าอาจเท่ากัน แต่อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อต่างกัน มีผลทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อไม่เท่าเทียมกันได้ เชื้อที่เจริญเติบโตช้ากว่า มีผลทำให้การยับยั้งเชื้อสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าเชื้อที่เจริญเติบโตได้เร็วกว่า จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นระยะ Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* แต่สามารถเห็นระยะ Clear zone ของ เชื้อ *S. aureus* นอกจากนี้ ชิ้นผ้าที่ใช้ทดสอบหา Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ไม่พบว่ามีการเจริญเติบโตได้ขึ้นผ้าทดสอบ ซึ่งแตกต่างจากชิ้นผ้าทดสอบของเชื้อ *C. albicans* ซึ่งพบการเจริญเติบโตของเชื้อได้ขึ้นผ้าทดสอบ

ผ้าที่ใช้ทดสอบเชื้อ *C. albicans* ไม่แสดงระยะ clear zone ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ที่ 30-40% ด้วยไกลออกซอลเป็นประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อที่ต่ำ ทำให้ไม่สามารถเห็นการเกิด Clear zone ของเชื้อ *C. albicans* ได้ รูปที่ 14 แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *C. albicans* ที่เกิดขึ้น จากรูปจะสังเกตเห็นเชื้อที่ลากไปบนผ้าที่แนบติดบนแผ่นวุ้นดูเหมือนเชื้อจางหายไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเจริญเติบโตของเชื้อ *C. albicans* เจริญเติบโตค่อนข้างช้ากว่าของเชื้อ *S. aureus* และ *K. pneumoniae* ทำให้ปริมาณการเกิดเชื้อของ *C. albicans* ภายใน 24 ชั่วโมง เกิดได้ค่อนข้างน้อย ทำให้ไม่สามารถมองเห็นเส้นเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน และผ้าที่ใช้ทดสอบเชื้อ *C. albicans* จะพบการเจริญเติบโตของเชื้อได้ขึ้นผ้าทดสอบ

ตารางที่ 12. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว
แบบวิธีหา Clear zone

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า				ความกว้างของระยะ Clear zone (mm)		
No.	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp °C	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
1	4	1	130	ไม่มี clear zone	ไม่มี clear zone	6.9
2	4	1	140	-	-	4.8

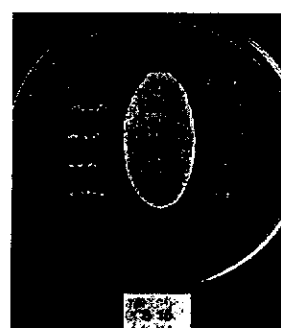
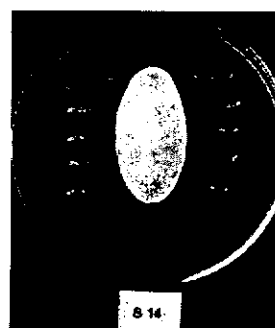
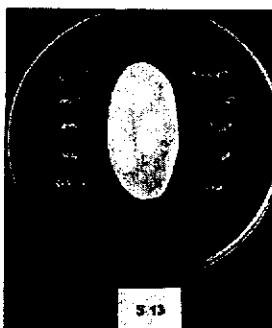
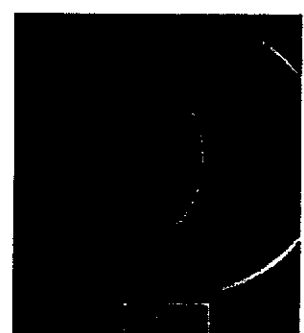
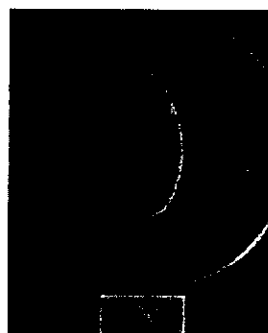
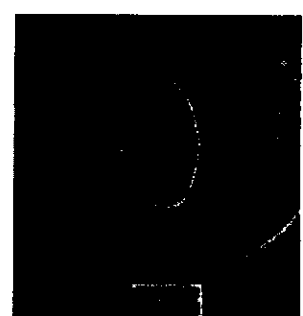
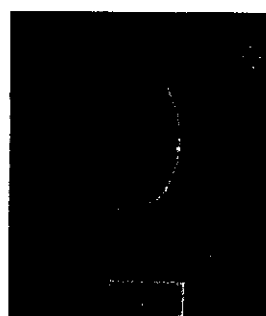
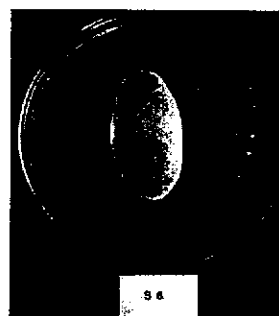
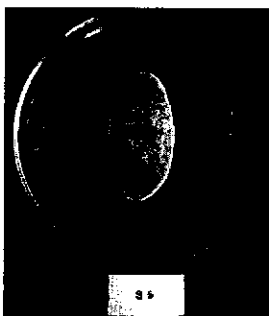
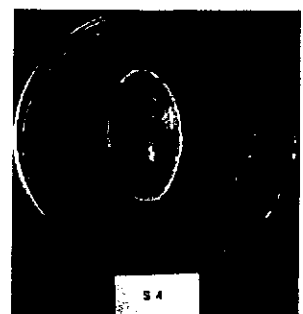
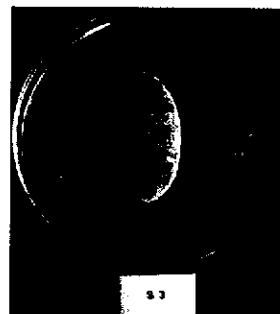
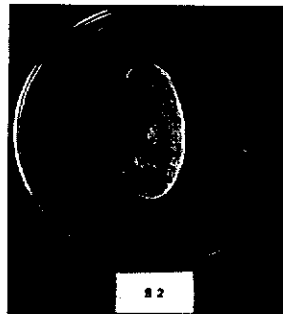
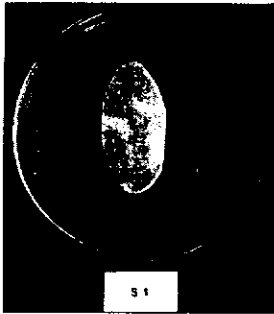
3	4	1	150	-	-	5.6
4	6	1	130	-	-	7.6
5	6	1	140	-	-	8.9
6	6	1	150	-	-	9.2
7	8	1	130	-	-	9.1
8	8	1	140	-	-	9.6
9	8	1	150	-	-	8.2
10	4	2	130	-	-	6.6
11	4	2	140	-	-	6.7
12	4	2	150	-	-	5.7
13	6	2	130	-	-	9.3
14	6	2	140	-	-	8.0
15	6	2	150	-	-	7.8
16	8	2	130	-	-	10.1
17	8	2	140	-	-	9.2
18	8	2	150	-	-	7.7

ผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว

เตรียมสารละลายของไคโตซานโดยการชั่งไคโตซานตามปริมาณที่กำหนด แล้วนำมาละลายในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% หลังจากนั้นนำสารละลายไคโตซานที่เตรียมได้มาดกแต่งลงบนผ้าโดยวิธี pad-dry ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งมี % pick up เท่ากับ 80% หลังจากนั้น นำผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวมาทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method ซึ่งผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Shake flask method ของผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานได้สรุปไว้ในตารางที่ 13 และวิธีการทดสอบแบบหา Clear zone ตามมาตรฐานของ AATCC 147-1988 พบว่าผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานนั้นไม่มีระยะของ clear zone ปรากฏขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไคโตซานที่อยู่บนผ้าในขณะที่ทำการทดสอบนั้นไม่สามารถซึมผ่านผ้าออกมาได้มากพอ เพื่อยืนยันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ มีผลทำให้เชื้อสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ดีขึ้น และมีผลทำให้เชื้อเจริญเติบโตได้มากขึ้น ทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่ปรากฏระยะของ Clear zone ของเชื้อทั้ง 3 เลข ลักษณะของ Clear zone ที่เกิดขึ้นของเชื้อทั้ง 3 ชนิด แสดงไว้ในรูปที่ 15

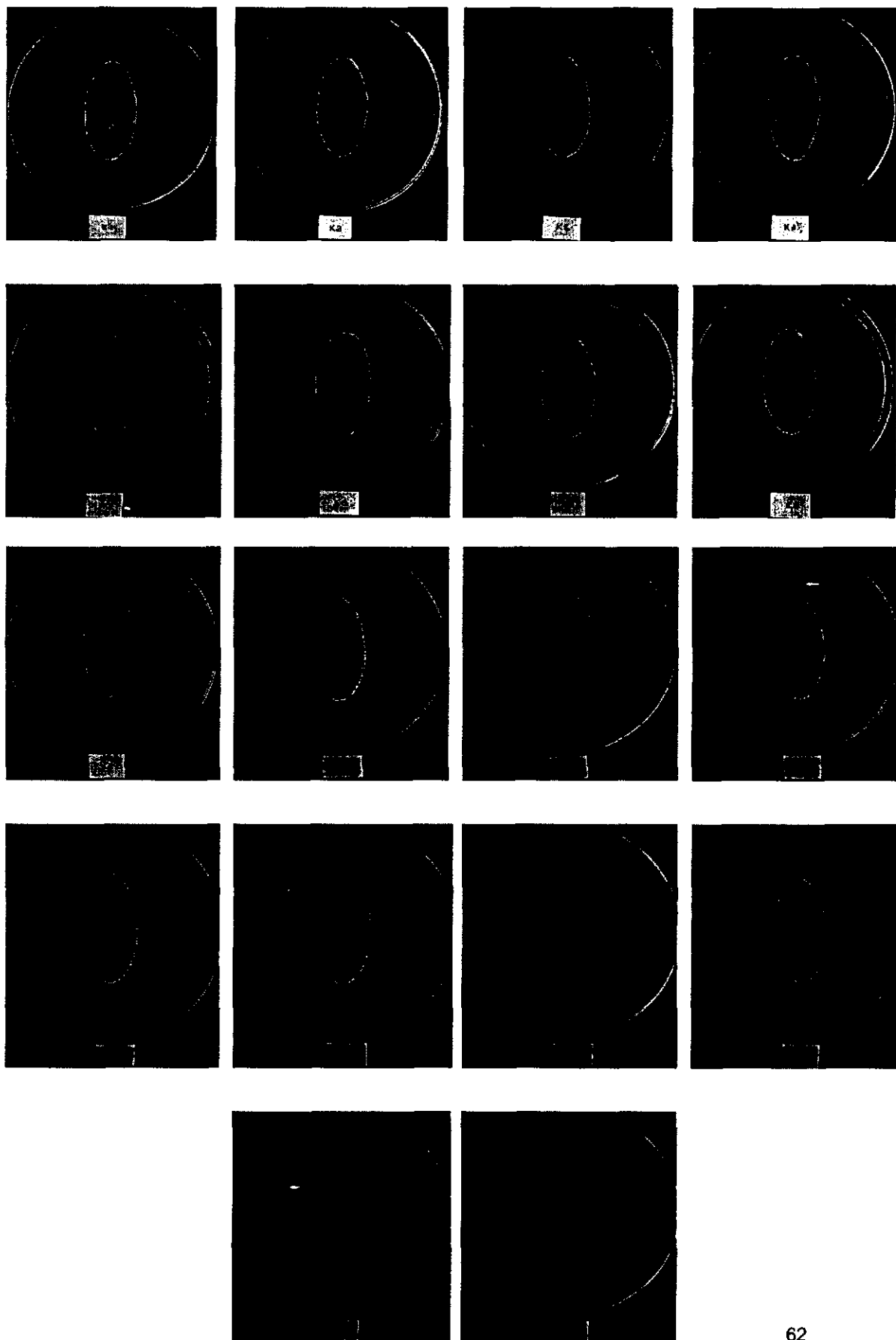
รูปที่ 12.

แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *S. aureus* บนผ้าที่ตกแต่งด้วย
ไกลอกซอลอย่างเคียว



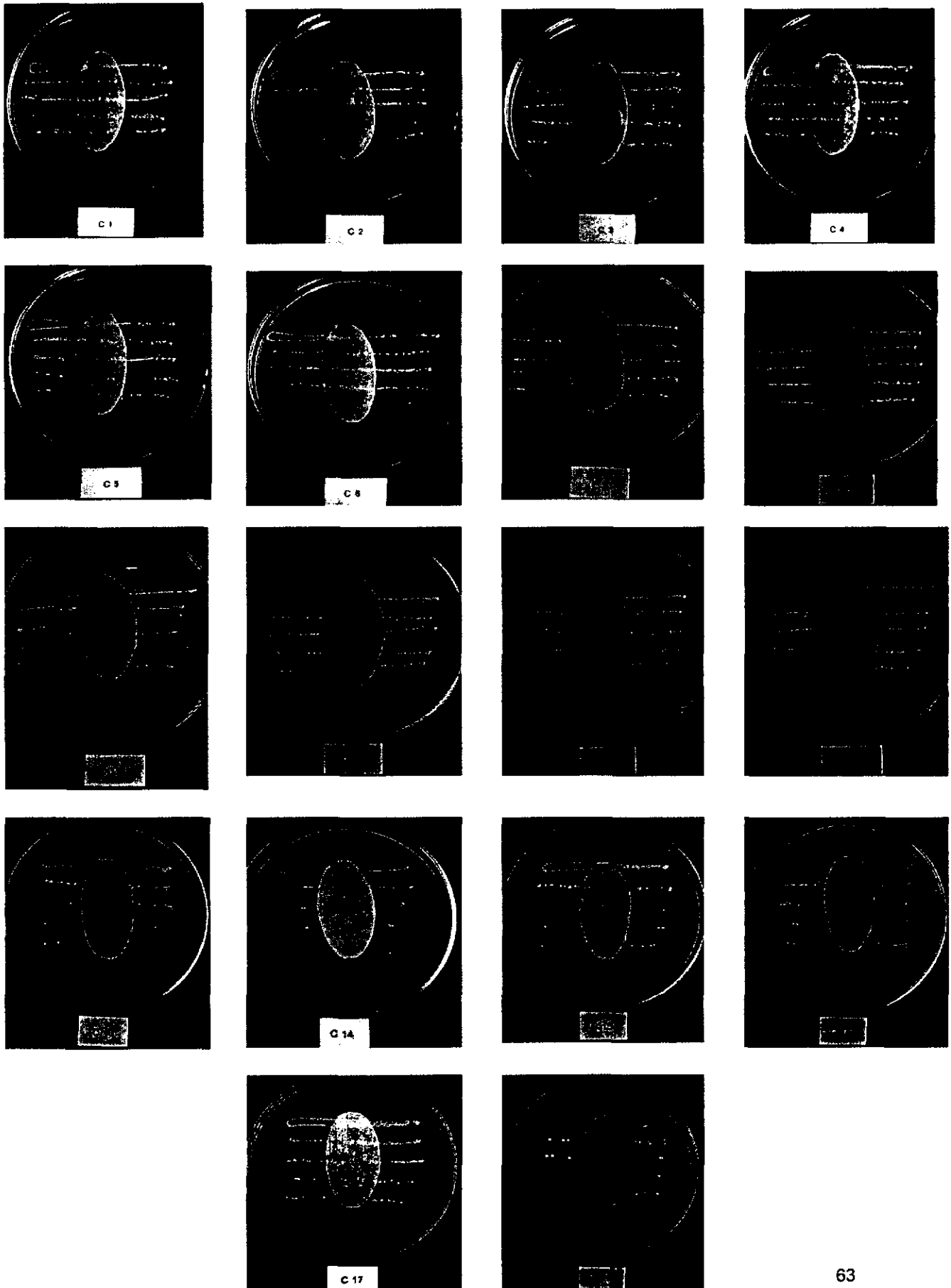
รูปที่ 13.

แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* บนผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลอย่างเดียว



รูปที่ 14.

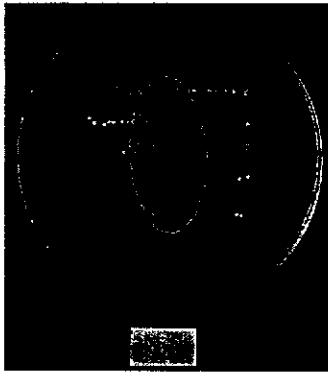
แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *C. albicans* บนผ้าที่ติดแต่งด้วย
ไกลออกซอลอย่างเดียว



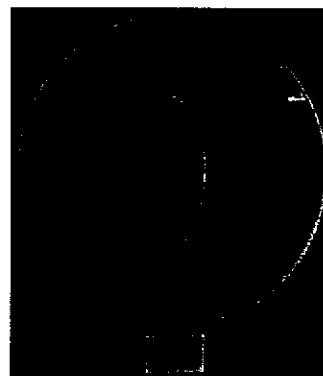
รูปที่ 15.

แสดงลักษณะของ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว

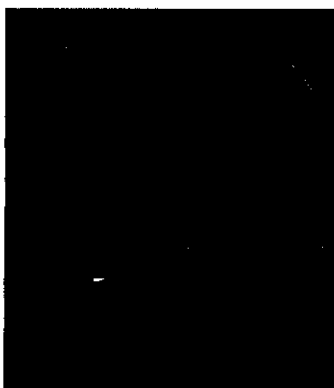
ผลการทดลองการต้านเชื้อ *C. albicans* แบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% (C19) และ 0.8% (C20)



ผลการทดลองการต้านเชื้อ *K. pneumoniae* แบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% (K19) และ 0.8% (K20)



ผลการทดลองการต้านเชื้อ *S. aureus* แบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5% (S19) และ 0.8% (S20)



ตารางที่ 13. ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว
แบบวิธี Shake flask method

ผ้าถูกดกแต่งด้วยไคโตซาน ที่ความเข้มข้น (%)	เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
	C. albicans	K. pneumoniae	S. aureus
0.5	0.0	44.4	29.2
0.8	0.0	40.9	36.7

ส่วนผลการทดลองในตารางที่ 13 สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานสามารถยับยั้งเชื้อ K. pneumoniae และ S.aureus ด้วยวิธี Shake flask method ได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งการยับยั้งของเชื่อดังกล่าวจะน้อยกว่าของผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวนั้น เมื่อความเข้มข้นในการใช้ไคโตซานมากขึ้น การยับยั้งของเชื้อ K. pneumoniae และ เชื้อ S. aureus แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนเชื้อ C. albicans ซึ่งเป็นเชื้อที่แข็งแรงมากที่สุดที่ใช้ในการทดสอบการด้านเชื้อจุลินทรีย์ มีผลทำให้ผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวนั้น ไม่แสดงการยับยั้งเชื้อ C.albicans แต่อย่างไร การที่เชื่อดังกล่าวมีความแข็งแรงมากนั้น อาจหมายความว่า จะต้องใช้ปริมาณสารค่อนข้างมากหรือมีความเข้มข้นสูงเพื่อที่จะยับยั้งเชื่อดังกล่าว แต่สำหรับภาวะที่ทำการทดสอบ ไม่สามารถทำให้สารหลุดออกมาสัมผัสกับเชื้อตัวนี้มากพอ หรืออาจจะยังไม่รุนแรงเพียงพอที่จะไปยับยั้งเชื้อ C. albicans ได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ C. albicans เป็นศูนย์

ผลกระทบของตัวแปรต่อการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว

สารละลายผสมของไกลออกซอลและไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ทั้งที่มีตัวเร่งและไม่มีตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต ได้นำมาทดสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method ตัวเร่งจะเติมลงไปในการละลายของไกลออกซอลและไคโตซานก่อนทำการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ประมาณ 10 นาที ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นก่อนการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ ผลการทดสอบการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายดังกล่าวได้สรุปไว้ในตารางที่ 14 ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า สารละลายผสมของไกลออกซอลและไคโตซานทุกความเข้มข้นที่ศึกษาทั้งที่มีตัวเร่งและไม่มีตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ K. pneumoniae เชื้อ S.aureus และ เชื้อ C. albicans ได้ 100% ทั้งนี้เพราะ จากผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลในตารางที่ 4 และผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซานในตารางที่ 5 พบแล้วว่า เชื้อ K. pneumoniae สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 100% เมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2%

หรือ กรดอะซิติกที่ 1% ขึ้นไป ทำให้ไคโตซานที่ละลายในกรดอะซิติก 1% สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้โดยปริยาย ส่วนเชื้อ *S. aureus* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 100% เมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1% หรือ ที่ความเข้มข้นของไคโตซาน 0.10% ขึ้นไป ส่วนเชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4% ขึ้นไป สารละลายไกลออกซอลไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ แต่สำหรับสารละลายผสมของไกลออกซอลและไคโตซานที่ศึกษามีความเข้มข้นที่มากเพียงพอที่จะยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายที่ประกอบด้วยไกลออกซอลและไคโตซานด้วยวิธี Shake flask method

ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ทดสอบ			เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
0.8	4	0	100.0	100.0	100.0
0.8	4	1	100.0	100.0	100.0
0.5	4	0	100.0	100.0	100.0
0.5	4	1	100.0	100.0	100.0
0.8	6	0	100.0	100.0	100.0
0.8	6	1	100.0	100.0	100.0
0.5	6	0	100.0	100.0	100.0
0.5	6	1	100.0	100.0	100.0
0.8	8	0	100.0	100.0	100.0
0.8	8	1	100.0	100.0	100.0
0.5	8	0	100.0	100.0	100.0
0.5	8	1	100.0	100.0	100.0

ส่วนการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นคอนเดียวสรุปไว้ในตารางที่ 15 ซึ่งเป็นการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method

ผลการทดลองในตารางที่ 15 สรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ได้พอสมควร ส่วนความเข้มข้นของไคโตซานที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ได้มากขึ้นเล็กน้อย แต่สำหรับเชื้อ *S. aureus* การเพิ่มขึ้นของไคโตซานหรือไกลออกซอลไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าวมากนัก แต่การยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ยับยั้งได้น้อยมาก และความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ 8% ไม่สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เลย การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว ให้ผลของการยับยั้งเชื้อที่ทดสอบทั้ง 3 ชนิดดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวกับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว พบว่า ผลการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ดีกว่าผลการยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวเล็กน้อย เพราะเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อของ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่สำหรับเชื้อ *C. albicans* แตกต่างกันมาก เมื่อไกลออกซอลที่ใช้เท่ากับ 8% เพราะผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้อยู่ที่ประมาณ 30-40% แต่สำหรับผ้าที่ตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวที่มีทั้งไกลออกซอล 8% และไคโตซาน ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้เลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เมื่อปริมาณไกลออกซอลมากขึ้นโอกาสเข้าทำปฏิกิริยากับไคโตซานและหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าจะมีมากขึ้น ทำให้ไคโตซานที่เหลือน้อยลง ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยภาวะดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้เลย

ตารางที่ 15. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวด้วยวิธี Shake flask method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานลงบนผ้า				เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp °C	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
0.8	4	1	130	20.3	56.6	46.3
0.8	4	1	140	14.1	53.3	42.9
0.8	4	1	150	15.5	58.9	43.4
0.5	4	1	130	15.5	45.0	48.2
0.5	4	1	140	18.8	46.0	44.2
0.5	4	1	150	21.5	42.8	39.2

0.8	6	1	130	23.2	61.1	63.3
0.8	6	1	140	17.8	56.5	58.3
0.8	6	1	150	18.3	52.5	58.3
0.5	6	1	130	14.4	58.8	43.1
0.5	6	1	140	15.4	57.3	51.4
0.5	6	1	150	17.4	58.3	45.3
0.8	8	1	130	0	70.0	45.5
0.8	8	1	140	0	71.3	50.0
0.8	8	1	150	0	76.1	55.4
0.5	8	1	130	0	63.8	44.9
0.5	8	1	140	0	65.0	51.2
0.5	8	1	150	0	64.3	49.0

ส่วนการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวได้สรุปเอาไว้ในตารางที่ 16 จากผลการทดลองในตารางสามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวสามารถยับยั้งเชื้อ S.aureus ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Clear zone ระยะความกว้างของ Clear zone กว้างมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานให้ผลการยับยั้งเชื้อ S.aureus ได้ดีกว่า ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว ซึ่งไม่สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เลย เพราะไม่แสดงการเกิดระยะของ Clear zone ขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบหาเชื้อแบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ให้ระยะความกว้างของ Clear zone ที่เกิดขึ้นดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระยะความกว้างของ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว

โดยสรุป ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว ให้ผลการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้น้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลอย่างเดียว แต่ดีกว่าการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว ภาวะของการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวบนผ้า ที่มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้ว มีสมบัติกันยับ ความแข็งแรงที่คงเหลือ และสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีผลกระทบต่อดัชนีความขาวของผ้าไม่มากนัก น่าจะเป็นภาวะการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลที่ 6%

และไคโตซานที่ 0.5% หรือ 0.8% ปริมาณตัวเร่ง 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วง 130-150°C

ตารางที่ 16. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวด้วยวิธี Clear zone method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานลงบนผ้า				ความกว้างของระยะ Clear zone (mm)		
Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp °C	C. albicans	K. pneumoniae	S. aureus
0.8	4	1	130	-	-	3.9
0.8	4	1	140	-	-	4.1
0.8	4	1	150	-	-	4.0
0.5	4	1	130	-	-	4.7
0.5	4	1	140	-	-	4.1
0.5	4	1	150	-	-	4.1
0.8	6	1	130	-	-	6.6
0.8	6	1	140	-	-	7.0
0.8	6	1	150	-	-	6.6
0.5	6	1	130	-	-	6.7
0.5	6	1	140	-	-	7.0
0.5	6	1	150	-	-	6.9
0.8	8	1	130	-	-	8.6
0.8	8	1	140	-	-	9.5
0.8	8	1	150	-	-	9.6
0.5	8	1	130	-	-	7.4
0.5	8	1	140	-	-	8.3
0.5	8	1	150	-	-	8.5

ผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน

ผลการทดลองในตารางที่ 17 เป็นผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การต้านเชื้อจุลินทรีย์กับผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแบบขั้นตอนเดียวในตารางที่ 15 พบว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์แบบวิธี Shake flask method ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล และไคโตซานแบบขั้นตอนหรือแบบ 2 ขั้นตอน ไม่ได้ให้ผลการลดลงของจุลินทรีย์ที่ได้แตกต่างกัน อย่างเห็นได้ชัด จึงไม่อาจสามารถสรุปได้ว่าการตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอน แบบ ไคจะให้ผลการยับยั้งเชื้อได้ดีกว่ากัน สรุปได้แต่เพียงว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซาน ยับยั้งเชื้อ *K. penumoniae* และ *S. aureus* ได้ดีตามลำดับ ส่วนการยับยั้งเชื้อ *C. albican* สามารถยับยั้ง ได้น้อยมาก

ตารางที่ 17. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซาน แบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอล และไคโตซานลงบนผ้า				เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp °C	<i>C. albicans</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
0.8	4	1	130	6.0	53.7	45.9
0.8	4	1	140	9.5	49.1	43.3
0.8	4	1	150	9.9	48.8	50.7
0.5	4	1	130	0.0	65.1	49.0
0.5	4	1	140	0.0	57.0	47.9
0.5	4	1	150	0.0	58.9	43.6
0.8	6	1	130	0.0	60.2	54.5
0.8	6	1	140	3.4	58.3	55.3
0.8	6	1	150	9.6	53.7	60.6
0.5	6	1	130	0.0	72.6	66.3
0.5	6	1	140	6.4	60.6	60.0
0.5	6	1	150	0.0	57.5	49.3
0.8	8	1	130	0.0	76.4	40.8
0.8	8	1	140	0.0	74.2	40.2

0.8	8	1	150	6.8	67.8	36.6
0.5	8	1	130	18.7	77.9	63.8
0.5	8	1	140	25.9	70.3	68.8
0.5	8	1	150	33.8	52.7	74.3

ผลการทดลองในตารางที่ 18 เป็นผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Clear zone ผลที่ได้ในตารางดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแบบขั้นตอนเดียวในตารางที่ 16 พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนหรือแบบ 2 ขั้นตอน ให้ระยะ Clear zone ที่แตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 มิลลิเมตรในบางภาวะที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ แต่ไม่สามารถสรุปว่าการตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอนให้ระยะ clear zone ที่ดีกว่า ระยะ clear zone ที่เกิดขึ้นจากการตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวของทุกภาวะที่ศึกษา เนื่องจากระยะ Clear zone ที่เกิดขึ้นใน 2 ระบบ มีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย แสดงว่าวิธีการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอนนั้น ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของไกลออกซอลและไคโตซานมากนัก

ตารางที่ 18. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Clear zone method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานลงบนผ้า				ความกว้างของระยะ Clear zone (mm)		
Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp °C	C. albicans	K. pneumoniae	S. aureus
0.8	4	1	130	-	-	5.3
0.8	4	1	140	-	-	5.5
0.8	4	1	150	-	-	5.0
0.5	4	1	130	-	-	6.3
0.5	4	1	140	-	-	6.2
0.5	4	1	150	-	-	4.9
0.8	6	1	130	-	-	7.5
0.8	6	1	140	-	-	6.8

0.8	6	1	150	-	-	7.2
0.5	6	1	130	-	-	7.2
0.5	6	1	140	-	-	7.3
0.5	6	1	150	-	-	6.4
0.8	8	1	130	-	-	7.7
0.8	8	1	140	-	-	7.2
0.8	8	1	150	-	-	6.8
0.5	8	1	130	-	-	10.0
0.5	8	1	140	-	-	9.9
0.5	8	1	150	-	-	7.8

เนื่องจากผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 6% ให้สมบัติด้านกันยับ และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างดี และไม่กระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้ามากนัก จึงเลือกผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 6% กับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 6% และไคโตซาน 0.5% และ 0.8% แบบขั้นตอนเดียวและแบบ 2 ขั้นตอนมาทดสอบความคงทนต่อการซักในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้า ซึ่งผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์จะทำการทดสอบเฉพาะเชื้อแบคทีเรียเท่านั้น เพราะเชื้อ *C. albicans* ไม่สามารถยับยั้งได้คืนจากการใช้ไกลออกซอลและหรือไคโตซาน จึงไม่นำมาทดสอบความคงทนต่อการซักในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ผลการทดสอบความคงทนต่อการซักในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ในวงเล็บเป็นค่าการต้านเชื้อจุลินทรีย์หลังผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง และอีกค่าเป็นค่าการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าก่อนการซัก

ตารางที่ 19. การต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จก่อนซักและหลังซัก

	ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ	เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)	
		<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>
1.	6 % glyoxal, curing at 130°C	73.5 (66.4)	58.8 (62.7)
2.	6 % glyoxal, curing at 140°C	64.9 (62.6)	57.9 (60.5)
3.	6 % glyoxal, curing at 150°C	57.9 (63.1)	62.8 (57.7)
4.	6 % glyoxal and 0.5% chitosan, curing at 130°C in one step	58.8 (70.2)	43.1 (53.8)

5.	6 % glyoxal and 0.5% chitosan, curing at 140°C in one step	57.3 (67.6)	51.4 (45.4)
6.	6 % glyoxal and 0.5% chitosan, curing at 150°C in one step	58.3 (72.6)	45.3 (56.5)
7.	6 % glyoxal and 0.8% chitosan, curing at 130°C in one step	61.1 (67.9)	63.3 (56.9)
8.	6 % glyoxal and 0.8% chitosan, curing at 140°C in one step	56.5 (70.6)	58.3 (43.2)
9.	6 % glyoxal and 0.8% chitosan, curing at 150°C in one step	52.5 (61.1)	58.3 (50.7)
10.	6 % glyoxal and 0.5% chitosan, curing at 130°C in two steps	72.6 (74.0)	66.3 (62.3)
11.	6 % glyoxal and 0.5% chitosan, curing at 140°C in two steps	60.6 (70.3)	60.0 (48.8)
12.	6 % glyoxal and 0.5% chitosan, curing at 150°C in two steps	57.5 (65.7)	49.3 (40.0)
13.	6 % glyoxal and 0.8% chitosan, curing at 130°C in two steps	60.2 (41.9)	54.5 (41.9)
14.	6 % glyoxal and 0.8% chitosan, curing at 140°C in two steps	58.3 (40.6)	55.3 (35.0)
15.	6 % glyoxal and 0.8% chitosan, curing at 150°C in two steps	53.7 (30.9)	60.6 (47.8)

การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าก่อนการซักและหลังผ้าผ่านการซัก ที่แสดงไว้ในตารางที่ 19 สามารถสรุปได้ดังนี้

ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว พบว่าการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด ของผ้าก่อนและหลังการซักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน การยับยั้งของเชื้อ *S. aureus* ของผ้าก่อนการซักจะดีกว่าเพียงเล็กน้อยเฉลี่ยประมาณ 3.9% เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งของเชื้อ *S. aureus* ของผ้าหลังผ้าผ่านการซัก ส่วนการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ของผ้าก่อนการซักและหลังผ้าผ่านการซักมีความแตกต่างกันเฉลี่ยประมาณ 5.2% ซึ่งค่อนข้างน้อยมาก

ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว พบว่าการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ของผ้าหลังการซักจะดีกว่าเล็กน้อยเฉลี่ยประมาณ 10.9% เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ของผ้าก่อนการซัก ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นถือว่าน้อย ส่วนการยับยั้งของเชื้อ *S. aureus* ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.8% ผ้าหลังผ่านการซักยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้น้อยลงเฉลี่ยประมาณ 9.7% ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.5% ผ้าหลังผ่านการซักจะมีแนวโน้มการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีขึ้นเล็กน้อยเฉลี่ยประมาณ 11%

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน พบว่า ผ้าหลังผ่านการซักสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้น้อยลงเฉลี่ยประมาณ 11.7% เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของผ้าก่อนการซัก ส่วนเชื้อ *K. pneumoniae* พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.5% สามารถยับยั้งเชื้อได้ดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อผ้าผ่านการซักเฉลี่ยประมาณ 6.4% แต่สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.8% การยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ได้น้อยลงเมื่อผ้าผ่านการซักเฉลี่ยประมาณ 19.6% ซึ่งมีความแตกต่างกันมากที่สุด

ถึงแม้การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าก่อนและหลังการซักจะแตกต่างกันบ้าง แต่ความสามารถในการยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวนั้น และ การยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลกับไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว มีแนวโน้มที่จะยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้ประมาณ 50% ทั้งผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอน นั้นพบว่าผ้าก่อนการซักสามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองได้ประมาณ 50% ขึ้นไป แต่ผ้าหลังการซักสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้น้อยกว่า 50% ผลที่ได้จึงสรุปได้ว่า การซักมีผลกระทบต่อทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอน มากกว่าผลกระทบที่มีต่อการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว และผลกระทบที่มีต่อการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลมีสมบัติกันยับดีขึ้นในระดับหนึ่ง แต่ปัญหาทางด้านความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลยังเป็นปัญหา เพราะผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแล้วมีความแข็งแรงของผ้าลดลงค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงของผ้าที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้าประกอบไปด้วย ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 4% 6% และ 8% ตัวเร่งอนุมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1 และ 2% อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนอยู่ที่ 130° 140° และ 150°C ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล ณ ภาวะต่างๆ มีสมบัติองศาการคืนตัวต่อการยับ และเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักดีขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับไกลออกซอลจะมีแนวโน้มที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบสมบัติต่างๆดังกล่าวของผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ ภาวะของการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว มีผลทำให้ผ้าที่ผ่านการตกแต่งแล้วมีสมบัติกันยับอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวที่คงเหลือไม่มากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งผ้าที่ภาวะการใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 6% ปริมาณตัวเร่งอนุมิเนียมซัลเฟต 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนอยู่ในช่วง $130-150^{\circ}\text{C}$ ดังผลที่แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

No.	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (^o C)	องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (^o) (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					ยื่น	พุง		1 ครั้ง	5 ครั้ง
ผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอล				191	100.0	100.0	100.0	1.50	1.75
1	6	1	130	262	55.6	34.4	97.7	2.00	2.33
2	6	1	140	273	55.1	32.4	96.8	2.83	2.66
3	6	1	150	281	44.7	23.1	89.6	3.00	3.00

2. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโดซานมีผลทำให้เกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น ดัชนีความขาวของผ้าลดลงบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ไคโดซาน ถ้าใช้ปริมาณไคโดซานมาก โอกาสผ้าจะเหลืองก็มีค่อนข้างผ้า ส่วนผลขององศาการคืนตัวต่อการยับ และความแข็งแรงของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไคโดซานไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ทดสอบได้ของผ้าที่ไม่ได้ผ่าน

การตกแต่งสำเร็จ นอกจากนี้ ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ 0.8% จะมีความกระด้างของผ้ามากกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.5% ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวดังแสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

ความเข้มข้นของไคโตซาน %	องศาการคืนตัวต่อการยับ (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการยับ ของผ้าหลังผ้าผ่าน การซัก	
		ยื่น	พุง		1 ครั้ง	2 ครั้ง
ผ้าที่ไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน	191	100.0	100.0	100.0	1.50	1.75
0.5	196	103.5	89.2	92.8	2.50	2.72
0.8	182	96.6	94.4	89.6	2.06	2.72

3. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว ให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและเกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซักดีกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวมีองศาการคืนตัวที่น้อยกว่าเล็กน้อย เช่นเดียวกับดัชนีความขาวที่คงเหลือที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลของสมบัติทั้งสองของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนภาวะการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวนั้น ผ้า ที่มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้ว มีสมบัติกันยับอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและไม่กระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือมากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลที่ 6% และไคโตซานที่ 0.5% ปริมาณตัวเร่งอนุมิเนียมซัลเฟต 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนอยู่ในช่วง 130-150°C การเติมไคโตซานลงไปในระบบการตกแต่งสำเร็จด้วยไกลออกซอลแบบขั้นตอนเดียว มีผลทำให้เกรดระดับการยับและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จดีขึ้น

Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ (%)		ดัชนี ความ ขาวที่คง เหลือ, %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					ยื่น	พุง		1 ครั้ง	5 ครั้ง
0.5	6	1	130	271	87.5	78.8	82.3	2.72	3.47
0.5	6	1	140	274	81.8	73.7	77.7	3.03	3.42
0.5	6	1	150	270	82.3	80.5	61.4	3.27	3.25

4. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน ให้ผลการกั้นตัวต่อการยับยั้งดีกว่า แต่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว ส่วนเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าม้วนข้างใกล้เคียงกัน

Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ กั้นตัวต่อ การยับ (ยื่น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ (%)		ดัชนี ความ ขาวที่คง เหลือ, %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					ยื่น	พุง		1 ครั้ง	5 ครั้ง
0.5	6	1	130	290	60.9	51.4	80.6	2.67	2.17
0.5	6	1	140	291	53.5	37.2	72.1	3.00	3.17
0.5	6	1	150	293	42.0	27.9	63.1	3.50	3.50

5. การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลและไคโตซาน จากผลการวิจัยที่ได้พบว่า การยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* สามารถยับยั้งได้ 100% ด้วยสารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 2% ขึ้นไป ส่วนสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.01% ที่ละลายในสารละลายอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ได้ 100% แต่สารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้ง *K. pneumoniae* ได้ 100% เช่นกัน แสดงว่าเชื้อนี้อาจไม่ทนต่อการดัดส่วนการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* สามารถยับยั้งได้ 100% ด้วยสารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1% ขึ้นไป หรือสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1% ขึ้นไป ส่วนการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งได้ 100% ด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.4% ขึ้นไป ส่วนสารละลายไกลออกซอลไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ถึง 100%
6. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานให้ผลการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* เชื้อ *S. aureus* และ เชื้อ *C. albicans* ได้น้อยกว่าการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก และน้อยกว่าการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว หรือแบบ 2 ชั้นตอน เช่นกัน
7. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล มีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ทั้งนี้เพราะ สารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อ *S.*

aureus ได้ 100% แต่การยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ให้ได้ 100% ต้องใช้ความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลที่มากขึ้น มาเป็นถึงความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ 2%

8. การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดี่ยว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดี่ยวหรือแบบ 2 ชั้นตอน ที่ความเข้มข้นของไกลออกซอลอยู่ที่ 6% และความเข้มข้นของไคโตซานอยู่ที่ 0.5% ได้สรุปไว้ในตารางข้างล่างนี้

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ	เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction)		
	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>
ไกลออกซอล 6 % อย่างเดี่ยว อุณหภูมิในการอบผนึก 130°C	73.5	58.8	27.8
ไกลออกซอล 6 % อย่างเดี่ยว อุณหภูมิในการอบผนึก 140°C	64.9	57.9	32.0
ไกลออกซอล 6 % อย่างเดี่ยว อุณหภูมิในการอบผนึก 150°C	57.9	62.8	34.1
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบชั้นตอนเดี่ยว อุณหภูมิในการอบผนึก 130°C	58.8	43.1	14.4
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบชั้นตอนเดี่ยว อุณหภูมิในการอบผนึก 140°C	57.3	51.4	15.4
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบชั้นตอนเดี่ยว อุณหภูมิในการอบผนึก 150°C	58.3	45.3	17.4
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบ 2 ชั้นตอน อุณหภูมิในการอบผนึก 130°C	72.6	66.3	0.0
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบ 2 ชั้นตอน อุณหภูมิในการอบผนึก 140°C	60.6	60.0	6.1
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบ 2 ชั้นตอน อุณหภูมิในการอบผนึก 150°C	57.5	49.3	0.0

การยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดี่ยว มีแนวโน้มการยับยั้งเชื้อที่ดีกว่า รองลงมาเป็นของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดี่ยว และตามด้วย

แบบ 2 ชั้นตอน ตามลำดับ การยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จทั้ง 3 ระบบ ไม่สามารถสรุปให้แน่ชัดลงไปได้ว่า ระบบใดให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่ากัน แต่อาจจะสรุปเป็นแนวโน้มการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้คร่าวๆดังนี้ สำหรับเชื้อ *S. aureus* ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวย และ ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน มีแนวโน้มการยับยั้งเชื้อดังกล่าวใกล้เคียงกัน และคิดว่าเป็นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ การยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว สำหรับเชื้อ *K. pneumoniae* ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จทั้ง 3 ระบบ ให้ผลการยับยั้งเชื้อดังกล่าวค่อนข้างใกล้เคียงกัน

9. จากผลการทดลองที่สรุปได้ข้างต้น การตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวยให้สมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสมบัติของสารกั้นตัวต่อการยับและดัชนีความขาวที่ค่อนข้างดี แต่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าไม่มากนัก แต่เมื่อใช้การตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวช่วยทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นค่อนข้างมาก และเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่ดัชนีความขาวของผ้าลดลง และองศาการกั้นตัวต่อการยับใกล้เคียงกับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวย และให้ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ อยู่ในเกรดระดับที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน ให้ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน และองศาการกั้นตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีปัญหา ด้านความแข็งแรงที่คงเหลือที่ไม่มากนัก ซึ่งสมบัติดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกันกับความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวย และดัชนีความขาวลดลงเช่นเดียวกับดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว

บทที่ 7

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีสมบัติการยับและความแข็งแรงที่คงเหลือค่อนข้างดี แต่ปัญหาเรื่องความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าที่ตกแต่งสำเร็จ ยังเป็นปัญหาที่ควรจะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำการแก้ไขความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าให้เกิดขึ้นน้อยลง
2. ศึกษาผลกระทบของการตกแต่งสำเร็จด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียบบนผ้าสีว่าจะมีผลกระทบต่อเจดสีหรือไม่อย่างไร
3. ศึกษาการใช้สารไกลออกซอลและโคโคซานกับสารตกแต่งสำเร็จชนิดอื่นๆ เช่น สารทำนุ่มว่าจะสามารถใช้ร่วมกันได้หรือไม่อย่างไร
4. เนื่องจากสารที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จในโครงการวิจัยนี้ มีการใช้สารไกลออกซอลซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ถึงแม้จะมีเอกสารอ้างอิงว่าการใช้สารไกลออกซอลในการตกแต่งกันยับบนผ้าไม่มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้วปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมา แต่ก็ควรจะศึกษาเพิ่มเติมสำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอนว่าจะมีปริมาณสารฟอร์มัลดีไฮด์ปลดปล่อยออกมาหรือไม่อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

1. Andrews, B.A.K., Blanchard, E.J., and Reinhardt, R.M., Fabric Whiteness Retention in Durable Press Finishing with Citric acid, *Textile Chemist and Colorist*, 25, 52-54, 1993.
2. Andrews, B.A.K., and Trask-Morrell, B.J., Esterification Crosslinking Finishing of Cotton Fabric with Tricarboxylic Acids, *American Dyestuff Reporter*, 80, 26-31, 1991.
3. Choi, H.M., Park, M.J., and OH, K.W., Nonformaldehyde Crease-Resistant Finishing of Silk with Glyoxal, *Textile Chemists and Colorists*, 30, 41-45, 1998.
4. Choi, H.M., Kim, J.H., and Shin, S., Characterization of Cotton Fabrics Treated with Glyoxal and Glutaraldehyde, *Journal of Applied Polymer Science*, 73, 2691-2699, 1999.
5. Davidson, R.S. and Xue, Y., Improving the Dyeability of Wool by Treatment with Chitosan, *Journal of Society of Dyers and Colorists*, 110, 24-29, 1994.
6. Eom, Seong-il, Using Chitosan as an Antistatic Finish for Polyester Fabric, *AATCC Review*, 1, 57-60, 2001.
7. Kim, Y.H. and Sun, G., Dye Molecules as Bridges for Functional Modifications of Nylon Antimicrobial Functions, *Textile Research Journal*, 70, 728-733, 2000.
8. Kim, Y.H. and Sun, G., Durable Antimicrobial Finishing of Nylon Fabrics with Acid Dyes and a Quaternary Ammonium Salt, *Textile Research Journal*, 71, 318-323, 2001.
9. OH, K.W., Jung, E.J., and Choi, H.M., Nonformaldehyde Crease-Resistant Finishing of Ramie with Glyoxal in the Presence of a Swelling Agent, *Textile Research Journal*, 71, 225-230, 2001.
10. Payne, J.D., and Kudner, D.W., A New Durable Antimicrobial Finish for Cotton Textiles, *American Dyestuff Reporter*, 85, 26-30, 1996.
11. Perkins, W.S., *Textile Coloration and Finishing*, Carolina Academic Press, Durham, NC, 1996.
12. Shenai, V.A., Fabric Creasing and its Control, *Textile Dyer & Printer*, 27, 18-29, 1994.
13. Shin, Y., Yoo, D.I., and Min, K., Antimicrobial Finishing of Polypropylene Nonwoven fabric by Treatment with Chitosan Oligomer, *Journal of Applied Polymer Science*, 74, 2911-2916, 1999.
14. Shin, Y., Yoo, D.I., and Jang, J., Molecular Weight Effect on Antimicrobial Activity of Chitosan Treated Cotton Fabrics, *Journal of Applied Polymer Science*, 80, 2495-2501, 2001.

15. Smith, B.F., and Block, I., *Textiles in perspective*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1982.
16. Welch, C.M. and Danna, G.F., Glyoxal as a Non-Nitrogenous Formaldehyde-Free Durable-Press Reagent for Cotton, *Textile Research Journal*, 52, 149-157, 1982.
17. Welch, C.M., Glyoxal as a Formaldehyde-Free Durable Press Reagent for Mild Curing Applications, *Textile Research Journal*, 53, 181-186, 1983.
18. Welch, C.M., Tetracarboxylic Acids as Formaldehyde-free Durable Press Finishing Agents. Part I Catalyst, Additives and Durability studies, *Textile Research Journal*, 58, 480-486, 1988.
19. Welch, C.M. and Andrews, B.A.K., Ester Crosslinks: A Route to High Performance Non-formaldehyde Finishing of Cotton, *Textile Chemist and Colorist*, 21, 13-17, 1989.
20. Welch, C.M., Formaldehyde-free Durable Press Finishes, *Rev. Prog. Coloration*, 22, 32-41, 1992.
21. Welch, C.M., Formaldehyde-free DP Finishing with Polycarboxylic Acids, *American Dyestuff Reported*, 83, 19-26, 1994.
22. การสัมมนาเรื่อง เกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน จากการประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการ โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ร่วมกับชมรมไคติน-ไคโตซาน 2543.
23. ดร. จิราภรณ์ เชาวลิตสุภมาวาสี ไคติน-ไคโตซาน สารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ *LAB. TODAY*, 1, 12-20, 2544.