

ทดสอบจำนวน 1 กรัมใส่ลงในขวดแก้วที่มีจุลินทรีย์ หลังจากนั้น ทำการเขย่าขวดแก้วทั้งสองที่ภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วดูดเชื้อจากขวดแก้วทั้งสองขึ้นมา ทำการเจือจางสารตามความเหมาะสม แล้วนำเอาเชื้อที่เจือจางแล้วแต่ละขวดมาหยดใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ ทำการเพาะเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์ในจานเพาะเชื้อที่ได้เชื้อมาจากขวดแก้วที่ไม่มีชิ้นผ้าทดสอบให้ค่านี้แทนด้วย A แล้วทำเช่นกัน นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ในจานเพาะเชื้อที่ได้เชื้อมาจากขวดแก้วที่มีชิ้นผ้าทดสอบให้ค่านี้แทนด้วย 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% และตัวเร่งอูมิเนียมซัลเฟต 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 ผลกระทบของตัวเร่งอูมิเนียมซัลเฟต ต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และตัวเร่งอูมิเนียมซัลเฟตตามที่กำหนดในช่วง 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 ไม่มีผลทำให้ องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลดีขึ้น แต่ทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณตัวเร่งที่ 1% เพียงพอแล้วที่จะช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาของ 10% ไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยฝ้ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียของการใช้ปริมาณตัวเร่งมากเกินไป มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายมากขึ้น ส่วนผลของค่าดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้ามีค่าใกล้เคียงกัน และดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่ง 1% มีค่าดัชนีความขาวที่คงเหลือดีที่สุด เพราะมีค่าใกล้เคียงกับความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารกันยับ

ตารางที่ 2. ผลกระทบของตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล

การทดลอง	ตัวเร่ง (%)	องศาการคืนตัวต่อการยับ (°) (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. ผลกระทบของไกลออกซอลต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ดกแต่งด้วย 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 ส่วนตัวเร่งอนุมิเนียมซัลเฟตเมื่อใช้เพิ่มขึ้นนั้น ไม่มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ดกแต่งด้วย ไกลออกซอลมีผลแตกต่างกันมากนัก ปริมาณของตัวเร่งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1-2% เพราะถ้า ปริมาณการใช้ตัวเร่งที่มากเกินไปกลับมีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าในทิศทางที่ลดลง ซึ่งเป็นผลกระทบที่ไม่ต้องการ ส่วนความเข้มข้นของไกลออกซอล เมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ผ่านการดกแต่งด้วยไกลออกซอล แต่จะมีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า เมื่อความเข้มข้นของ ไกลออกซอลที่ใช้มากกว่า 10% ขึ้นไป เพราะฉะนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้ไกลออกซอล ควรต่ำกว่า 10% ปริมาณความเข้มข้นของตัวเร่งที่ใช้ควรอยู่ในช่วง 1-2% และอุณหภูมิในการอบผืนควรอยู่ในช่วง 130-150 °C ซึ่งเป็นช่วงต่างๆของตัวแปรที่น่าสนใจ

ขั้นตอนต่อไปได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล และโคโคซาน โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบมี 3 ชนิดด้วยกัน คือ เชื้อ *Candida albicans* เป็นเชื้อ ประเภท fungi ซึ่งเป็นสายพันธุ์ก่อให้เกิดโรค 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* ยิ่งทนได้ดีทำให้การยับยั้งเชื้อดังกล่าวน้อยลง

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 เป็นผลสรุปการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซาน 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. ประสิทธิภาพการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโตซาน

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 สารละลายไคโตซาน 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

สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 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

ถึงแม้สารละลายของไกลออกซอลและไคโตซานสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ก่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ความสามารถในการยับยั้งเชื้อดังกล่าวของสารทั้งสองที่ตกแต่งลงไปบนผ้าแล้ว นั้น อาจจะไม่เหมือนกับความสามารถในการยับยั้งเชื้อของสารทั้งสองซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย ทั้งนี้เพราะ ความเข้มข้นของสารที่ตกแต่งลงบนผ้า จะขึ้นอยู่กับ % pick up ความเข้มข้นของสารที่ใช้ และ % add-on นอกจากนี้กลไกการซึมผ่านของสารบนผ้าออกมาข้างนอกเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ หลังจากผ้าได้ตกแต่งสำเร็จแล้วเป็นกลไกที่สลับซับซ้อนมาก จากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ย่อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์บนผ้า เพราะฉะนั้น การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล หรือไคโตซาน หรือทั้งไกลออกซอลและไคโตซานที่ตกแต่งสำเร็จแบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอนบนผ้า จะทำการศึกษาต่อไป รวมทั้งการศึกษสมบัติด้านกันยับ ความแข็งแรงที่คงเหลือ และดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วย

จากผลการทดลองเบื้องต้นที่ได้ในตารางที่ 1-3 ได้เลือกเอาระดับต่างๆ ของตัวแปร คือ ความเข้มข้นของไกลออกซอล ตัวแปร และอุณหภูมิในการอบผืน มาสร้างรูปแบบการทดลองที่เรียกว่า “Factorial Design” เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรดังกล่าวต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับ (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% ตัวเรออลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1 และ 2% อุณหภูมิในการอบผืนที่ 130°C 140°C และ 150°C

4.5 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลอย่างเดียว

นำผ้ามัดตกแต่งสำเร็จด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ณ ภาวะต่างๆ แล้วนำผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแล้วมาทดสอบสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาวที่คงเหลือ ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าทั้งที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ณ ภาวะต่างๆ และผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้า

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

สรุปภาพรวมจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 ได้ว่า ภาวะการใช้ปริมาณตัวเร่ง อลูมิเนียมซัลเฟตที่ 1% ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า พบว่า เมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับมีองศาการคืนตัวต่อการยับ และเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่ดัชนีความขาวที่คงเหลือและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับไม่แตกต่างกันมากนักค่อนข้างมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนอุณหภูมิในการอบผืน เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบผืนสูงขึ้น มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 2% พบว่า การเพิ่มไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืนไม่มีผลกระทบต่อองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้ามากนัก แต่การเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืนมีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ส่วนการเพิ่มไกลออกซอลมีผลกระทบต่อสมบัติความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าบ้างเล็กน้อยแต่ไม่รุนแรงเท่ากับผลกระทบที่เกิดจากการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืน

ตารางที่ 7. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลอย่างเดียว

No.	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (°) (เย็น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					เย็น	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 ดัชนีความขาวที่คงเหลือ และเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้ง และ 5 ครั้งอย่างไร สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

องศาการกีนตัวต่อการยับของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ตกแต่งลงบนผ้ามากขึ้น มีแนวโน้มทำให้องศาการกีนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืนให้สูงขึ้น หรือการใช้ปริมาณตัวเร่งมากขึ้น แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% และ 2% จะพบว่า การใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% ในการตกแต่งสารกีนยับไกลออกซอลลงบนผ้า มีผลทำให้องศาการกีนตัวต่อการยับของผ้าทดสอบที่ได้ มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะเป็นการปรับเปลี่ยนปริมาณการใช้ไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผืนให้สูงขึ้นแต่อย่างไร อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณตัวเร่ง 2% มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาของไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าค่อนข้างมีประสิทธิภาพที่ดี ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืน และปริมาณของไกลออกซอลที่ใช้ ไม่มีผลกระทบต่อองศาการกีนตัวต่อการยับมากนัก แต่สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1% พบว่าปริมาณการใช้ไกลออกซอล และอุณหภูมิในการอบผืน มีผลกระทบต่อองศาการกีนตัวต่อการยับมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่

2% โดยสรุป ตัวแปรทั้งสาม คือ ปริมาณตัวเร่ง ปริมาณไกลออกซอล และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืน มีผลกระทบต่อองค์การขึ้นตัวต่อการยับในแนวโน้มที่ดีขึ้น

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

ความแข็งแรงที่คงเหลือในแนวค้ำยันของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ภาวะต่างๆ ในตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืนยิ่งสูงมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลงมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิในการอบผืนที่ 150°C มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าลดลงค่อนข้างมาก ส่วนปริมาณตัวเร่งที่ใช้มากขึ้น มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าลดลงมากขึ้นเช่นกัน และเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% และอุณหภูมิในการอบผืนที่สูงพร้อมกันในการตกแต่งสารกันยับ มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายมากยิ่งขึ้น ส่วนปริมาณไกลออกซอลที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามากนัก แต่กลับมีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นบ้างเล็กน้อย โดยสรุป ตัวเร่งและอุณหภูมิในการอบผืนถ้าใช้ในภาวะที่รุนแรงมากขึ้นมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าในแนวค้ำยันถูกทำลายมากขึ้น และถ้าใช้ตัวแปรทั้งสองในระดับที่รุนแรงในเวลาเดียวกัน มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามากขึ้นตามไปด้วย

ความแข็งแรงที่คงเหลือในแนวค้ำยั้งของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ภาวะต่างๆ ในตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืนและตัวเร่งมีผลกระทบในทางลบต่อความแข็งแรงของผ้า ซึ่งถ้าภาวะการใช้อุณหภูมิในการอบผืนสูงและปริมาณตัวเร่งที่ใช้มาก มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าลดน้อยลง ในขณะที่ปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของผ้ามากนัก โดยสรุปตัวเร่งและอุณหภูมิในการอบผืน มีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของเส้นค้ำตามแนวค้ำยั้งของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ซึ่งตัวแปรทั้งสองมีผลกระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าในทิศทางเดียวกันกับผลกระทบที่ได้ต่อความแข็งแรงของเส้นค้ำตามแนวค้ำยัน

ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

จากผลการทดลองในตารางที่ 7 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น มีผลทำให้ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมื่อมีปริมาณของไกลออกซอลมาก โอกาสที่เกิดออกซิเดชันจะเกิดได้มากขึ้น มีโอกาสทำให้ผ้าเหลืองมากขึ้น ส่งผลให้ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลง ส่วนอุณหภูมิในการอบผืนถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างผ้าถูกทำลายได้มากขึ้น มีผลทำให้ผ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าที่เป็นสีขาวให้เป็นสีเหลืองมากขึ้น แสดงว่าโครงสร้างของผ้าได้ถูกทำลายไป ส่วนตัวเร่งโดยเฉพาะตัวเร่งที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีผลทำลายสมบัติความแข็งแรงของผ้าได้โดยตรงอยู่แล้ว การที่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าฝ้ายลดลง แสดง

ว่าโครงสร้างของผ้าฝ้ายได้ถูกทำลายไปเช่นกัน และมีผลสืบเนื่องต่อไปจนถึงความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าฝ้าย โดยสรุปเมื่อมีการใช้ไกลออกซอลหรือตัวเร่งในปริมาณที่สูงขึ้น หรืออุณหภูมิในการอบผืนที่สูงขึ้น มีผลทำให้ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าลดลงได้ทุกตัวแปรที่ศึกษา

เกรตระดับการยับหลังผ้าผ่านการซักของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

โดยทั่วไป ผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับมีสมบัติการคืนตัวต่อการยับ และเกรตระดับการยับของผ้าไปในแนวทางเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ 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 จำนวนครั้งในการซักมีผลกระทบต่อเกรตระดับการยับน้อยมาก เมื่อเทียบกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1%

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวถึงข้างต้น พบว่า การใช้ปริมาณตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตที่ 2% มีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวของผ้าค่อนข้างรุนแรง จึงควรใช้ปริมาณตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตที่ 2% ออกไปสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไปของผลกระทบของตัวแปรต่อสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ความขาว และการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว

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 การตกแต่งไคโตซานในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ผ้าเกิดความแข็งแรงมากขึ้น เพราะฉะนั้น ถ้าผ้ามีความกระด้างมาก องศาการคืนตัวของผ้าก็จะไม่ค่อยดี มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.5% มีองศาการคืนตัวที่ดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.8%

ตารางที่ 8. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวน

ความเข้มข้น ของไคโตซาน %	องศาการคืน ตัวต่อการยับ (ยีน + ฟุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการยับ ของผ้าหลังผ้าผ่าน การซัก	
		ยีน	ฟุง		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 อาจสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลจะมีสมบัติองค์การคืนตัวต่อการยับ และเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซัก คีขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลจะมีแนวโน้มที่แย่งลง เมื่อเปรียบเทียบสมบัติต่างๆดังกล่าวของผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่ง สำเร็จ สรุปภาวะของการตกแต่งสารไกลออกซอลอย่างเดียวนั้นพบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วย ไกลออกซอลแล้วมีสมบัติกันยับอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความ ขาวไม่มากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งโดยการใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 6% หรือ 8% ปริมาณตัว เร่งอนุมิเนียมซัลเฟต 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนอยู่ในช่วง 130-150°C ส่วนผ้าที่ตกแต่ง ด้วยไคโตซานมีผลทำให้เกรดระดับการยับของผ้าคีขึ้น ดัชนีความขาวของผ้าลดลงบ้างเล็กน้อยขึ้น อยู่กับปริมาณการใช้ไคโตซาน ถ้าใช้ปริมาณไคโตซานมาก โอกาสผ้าจะเหลืองก็มีค่อนข้างมาก ส่วนผลขององค์การคืนตัวต่อการยับ และความแข็งแรงของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไคโตซานไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่วัดได้ของผ้าที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ นอกจากนี้ ผ้าที่ ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ 0.8% จะมีความกระด้างของผ้ามากกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 0.5%

ขั้นตอนต่อไปจะรายงานสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่ง ด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวและแบบ 2 ขั้นตอน ว่าจะมีผลการทดสอบที่ได้ แตกต่างกันอย่างไบบ้าง และสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซาน แบบขั้นตอนเดียว หรือแบบ 2 ขั้นตอน จะแตกต่างกับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลหรือไคโตซาน อย่างเดียวอย่างไรบ้าง

4.7 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว

การทดลองในขั้นนี้ เพื่อศึกษาว่าไคโตซานมีผลกระทบต่อสมบัติการเป็นสารกันยับของ ไกลออกซอลอย่างไร ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว แสดงสมบัติ กันยับ ความแข็งแรง และความขาวแตกต่างกันอย่างไรบ้าง กับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลอย่างเดียวหรือไคโตซานอย่างเดียว สมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล และไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวได้สรุปไว้ในตารางที่ 9 เมื่อนำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 7-9 มาเปรียบเทียบผลของสมบัติที่ทดสอบได้ด้วยกัน สามารถสรุปผลกระทบของไคโตซานต่อสมบัติ การเป็นสารกันยับของไกลออกซอลได้ดังนี้

ตารางที่ 9. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว

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

เมื่อเปรียบเทียบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวกับองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ผลที่ได้พบว่าองศาการคืนตัวต่อการยับมีความแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อย ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น

4% พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และความแตกต่างขององศาการคืนตัวต่อการยับของผ้ายังมีน้อยลง เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้ในการตกแต่งผ้าเพิ่มมากขึ้น จากผลที่ได้จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้โคโคซานในการตกแต่งผ้าร่วมกับไกลออกซอลไม่มีผลกระทบต่อองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าบ้างเพียงเล็กน้อย

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอน 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

เกรกระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว มีเกรกระดับการยับของผ้าที่ได้หลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้งและ 5 ครั้ง แตกต่างออกไปจากผลที่ได้โดยทั่วไปของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับอย่างเดียวลหลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้งและ 5 ครั้ง ทั้งนี้เพราะ โดยปกติ ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับมีเกรกระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรคที่น้อยลง เมื่อผ้าผ่านจำนวนการซักมากขึ้น แต่เกรกระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว มีเกรกระดับการยับที่ดีขึ้นเมื่อผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง เทียบกับผลที่ได้ของผ้าที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การซักมีผลทำให้สารบางชนิดหลุดออกไป จากการทดลองที่ได้นี้ สารที่หลุดออกไปนั้นคาดว่าจะ เป็นไคโตซาน เพราะไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้ามีผลทำให้ผ้ามีความกระด้างมากขึ้นหรือมีเนื้อมากขึ้น สังเกตได้จาก การสัมผัสที่ผิวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว มีความกระด้างหรือมีความเป็นเนื้อของผ้ามากกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ซึ่งลักษณะเช่นนี้อาจมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าดีขึ้นได้เช่นกัน แต่เมื่อผ้าผ่านการซักมากกว่าหนึ่ง ครั้งมีผลทำให้ความกระด้างของผ้าที่ได้ลดลง เพราะผ้ามีความนิ่มมากขึ้น การเกิดรอยยับบนผ้าที่มีความนิ่มจะเป็นรอยยับที่เล็กไม่ใหญ่เหมือนกับรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความกระด้าง นอกจากนี้ รอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความนิ่มอาจจะสังเกตเห็นรอยยับไม่ชัดเจน เหมือนกับรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความกระด้าง จากลักษณะรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีผิวสัมผัสต่างกัน อาจมีผลกระทบต่อ การให้เกรกระดับการยับของผ้าได้ ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว หลังผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง มีเกรกระดับการยับดีกว่าของผ้าที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง

จากผลที่ได้ในตารางที่ 7-9 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและเกรกระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักดีกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวมีองศาการคืนตัวที่น้อยกว่าเล็กน้อย เช่นเดียวกับดัชนีความขาวที่คงเหลือที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลของสมบัติทั้งสองของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว
2. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวให้สมบัติกันยับด้านองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรกระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักดีกว่า ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว

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

4.8 ศึกษาสมบัติกันยับ ความแข็งแรง แลดัชนีความขาว ของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน

ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน ได้สรุปไว้ในตารางที่ 10 การศึกษาในส่วนนี้ ทำเพื่อเปรียบเทียบวิธีการตกแต่งไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอน จะมีผลกระทบอย่างไรบ้างต่อสมบัติต่างๆที่ทดสอบ รวมทั้งเปรียบเทียบสมบัติดังกล่าวกับสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลหรือไคโตซานอย่างเดียว

ตารางที่ 10. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสาร ไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอน

Chitosan %	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (°C)	องศาการ ถินตัวต่อ 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 ขั้นตอน ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอน มีองศาการคืนตัวต่อการยับที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัตินี้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบขั้นตอนเดียว แต่เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลเพิ่มมากขึ้นมาอยู่ที่ 8% องศาการคืนตัวต่อการยับมีค่าใกล้เคียงกันมากไม่ว่าผ้าจะตกแต่งสำเร็จแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอน เมื่อเปรียบเทียบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอนกับสมบัตินี้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวพบว่า แบบ 2 ขั้นตอนให้องศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่าและจะให้ผลที่ดีกว่ามากเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ที่ 130°C และ 140°C แต่ที่อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 150°C องศาการคืนตัวต่อการยับที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่แบบ 2 ขั้นตอนให้ผลที่ดีกว่าเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโดซานอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอน แบบ 2 ขั้นตอนให้ผลขององศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่ามาก

ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า

การใช้ไคโดซานที่ 0.8% จะให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ไคโดซานที่ 0.5% ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอน การตกแต่งสำเร็จแบบขั้นตอนเดียวของไกลออกซอลและไคโดซาน มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวและของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโดซานแบบ 2 ขั้นตอน การตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอนของสารไกลออกซอลและไคโดซานบนผ้าให้ความแข็งแรงที่คง

เหลือแตกต่างกันค่อนข้างมาก อาจจะเป็นเพราะพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแตกต่างกัน พันธะร่างแหที่เกิดขึ้นของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวน่าจะเป็นพันธะที่ยาวและมีความยืดหยุ่นมากกว่าพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในผ้าที่ตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวมีความเครียดน้อยกว่า มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวดีกว่า

ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้า

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน หรือขั้นตอนเดียวให้ค่าดัชนีความขาวค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความขาวที่ได้จะน้อยกว่าค่าดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว แสดงว่าไคโตซานมีผลทำให้เกิดความเหลืองบนผ้ามากขึ้น และเมื่อปริมาณการใช้ไคโตซานเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น มีผลทำให้ความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้ามีมากขึ้น

เกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก

เกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอนนั้น ให้ผลเกรดระดับการยับที่ดีกว่าเกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบเกรดระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอน แบบขั้นตอนเดียวมีแนวโน้มที่จะให้เกรดระดับการยับของผ้าดีกว่าเล็กน้อย

สรุปในภาพรวมของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว และแบบ 2 ขั้นตอน พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวมีค่าความแข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าการตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าหลังซักนั้นการตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอนจะให้ผลที่ดีกว่า ส่วนดัชนีความขาวมีผลใกล้เคียงกันไม่ว่าผ้าจะตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอน จากผลการทดลองที่ได้นี้สามารถตอบประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ในโครงการได้ว่า มีความเป็นไปได้สำหรับการตกแต่งผ้าฝ้ายด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว และเมื่อเปรียบเทียบสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลอย่างเดียวกับสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว และแบบ 2 ขั้นตอน พบว่าผ้าที่ตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวให้เกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซักและความแข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับใกล้เคียงกัน แต่ดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวดีกว่าแบบขั้นตอนเดียว ส่วนผ้าที่ตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน ให้เกรดระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก และองศาการ

ค้นพบว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก่อนการย้อมสีมีความแข็งแรงที่คงเหลือต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อใช้โคโคซานที่ 0.8% ส่วนดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวยังมีค่าที่ต่ำกว่าการตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน เพราะฉะนั้น ถ้าต้องการตกแต่งผ้าให้มีสมบัติกันยับในระดัหนึ่ง และดัชนีความขาวของผ้าอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าไม่เป็นปัจจัยสำคัญมากนัก สามารถใช้ไกลออกซอลอย่างเดียวในการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้ายได้ และถ้าต้องการผ้าที่มีทั้งสมบัติกันยับที่ดีและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าค่อนข้างดีด้วย แต่ปัญหาด้านความเหลืองไม่เป็นปัจจัยที่สำคัญ สามารถตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบขั้นตอนเดียวได้ และถ้าต้องการผ้าที่มีสมบัติกันยับค่อนข้างดีมากๆ เป็นปัจจัยหลัก ไม่คำนึงถึงความแข็งแรงที่คงเหลือและปัญหาความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้ามากนัก หลังผ้าผ่านการตกแต่งสำเร็จแล้วสามารถตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบสองขั้นตอนได้

4.9 ศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จ

การศึกษาในส่วนนี้ นำผ้ามาตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก่อน หรือตกแต่งด้วยโคโคซานอย่างเดียวก่อน หรือตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบขั้นตอนเดียว หรือแบบ 2 ขั้นตอน หลังจากนั้นนำมาที่ตกแต่งสำเร็จด้วยวิธีต่างๆ มาทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง รวมทั้งศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วย

ผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก่อน

นำผ้ามาตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามภาวะที่ใช้ในการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่แตกต่างกัน 18 ภาวะ หลังจากนั้นนำมาผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวก่อน 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. ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดี่ยว
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 ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล อย่างเคียวสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้อยู่ที่ประมาณ 20-40% และถ้าปริมาณการใช้ตัวเร่ง อลูมิเนียมซัลเฟตมากขึ้น มีแนวโน้มที่จะยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ดีขึ้นแต่ไม่มากนัก ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบหมักและปริมาณของไกลออกซอลไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าว อย่างไรก็ตาม เพอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อดังกล่าวในแต่ละการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรที่ศึกษาตัวใด มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อ *C. albicans* ได้มากกว่ากัน ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ก็มีบ้างเล็กน้อยในแต่ละการทดลอง ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเคียวสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ดีที่สุดได้ไม่เกิน 40% แสดงว่า เชื้อนี้มีความต้านทานต่อภาวะที่ศึกษาได้ค่อนข้างดีกว่าเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* ทั้งนี้ เพราะว่าการลดลงของเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ที่มากกว่า

การทดสอบการยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* บนผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล จากผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 2% การยับยั้งของเชื้อดังกล่าวลดลง ทั้งนี้เพราะการเพิ่มตัวเร่งจะมีผลในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอล และหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายได้ดีขึ้น มีผลทำให้ปริมาณไกลออกซอลเกิดพันธะกับผ้าได้ค่อนข้างดีกว่าพันธะที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% จึงมีผลทำให้ภาวะที่ใช้ตัวเร่ง 2% นั้นอาจมีผลทำให้ ปริมาณไกลออกซอลที่จะซึมผ่านผ้าออกมาระหว่างการทดสอบมีน้อย มีผลทำให้การยับยั้งเชื้อทำได้ค่อนข้างช้าและทำให้ไม่สามารถไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ทัน ทำให้การลดลงของเชื้อ น้อยลง และอีกประการหนึ่งเชื้อ *K. pneumoniae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ มีการเจริญเติบโตของเชื้อได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ที่เป็นแบคทีเรียชนิดแกรม บวก เพราะฉะนั้นเมื่อสารซึมผ่านออกมาช้า แต่การเจริญเติบโตของเชื้อค่อนข้างไวหรือเร็ว จะมีผล ทำให้การยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* น้อยลงเมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณ ไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบหมักไม่ได้มีผลทำให้การยับยั้งของเชื้อนี้แตกต่างกันมากนัก แต่การยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* น้อยลง เมื่อปริมาณตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการตกแต่ง ไกลออกซอลลงบนผ้ามากขึ้น

ส่วนการทดสอบการยับยั้งของเชื้อ *S. aureus* บนผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล พบ ว่า เพอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *S. aureus* ค่อนข้างสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* แสดงว่า เชื้อ *S. aureus* มีความต้านทานต่อไกลออกซอลได้น้อยกว่าเชื้อ *C. albicans* จากผลการ ทดลองที่ได้ พบว่า ที่ภาวะการใช้ตัวเร่ง 1% ไกลออกซอลที่ 8% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดี กว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งของเชื้อนี้ เมื่อปริมาณไกลออกซอลที่ใช้อยู่ที่ 4% และ

6% การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอบผืนก็ไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งเชื้อ *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% ไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืนก็ไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อ *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 นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืนก็ไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อทั้ง 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 มีผลทำให้การยับยั้งเชื้อสามารถทำได้มีประสิทธิภาพมากกว่าเชื้อที่เจริญเติบโตได้เร็วกว่า จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นระยะ Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* แต่สามารถเห็นระยะ Clear zone ของ เชื้อ *S. aureus* นอกจากนี้ ชิ้นผ้าที่ใช้ทดสอบหา Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ไม่พบว่ามีเชื้อเจริญเติบโตได้ขึ้นผ้าทดสอบ 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. ผลการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว
แบบวิธีหา Clear zone

ภาวะที่ใช้ในการดกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า				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

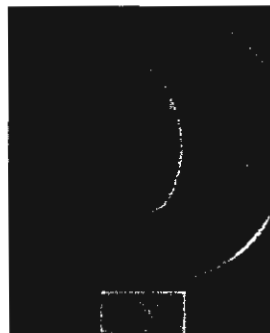
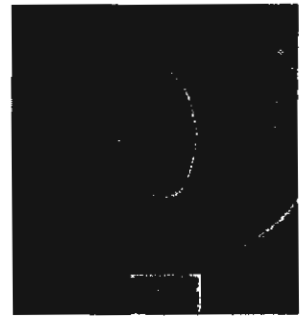
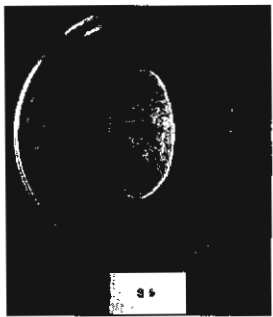
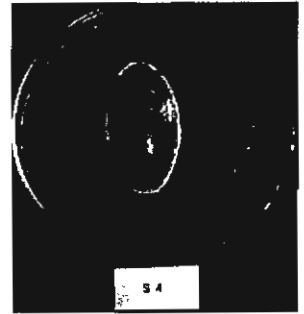
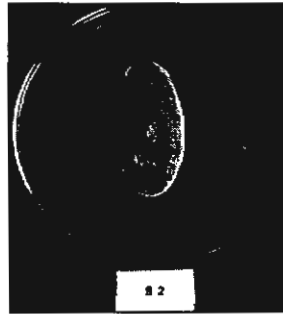
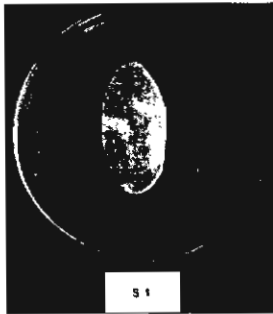
3	4	1	150	-	-	5.6
4	6	1	130	-	-	7.6
5	6	1	140	-	-	8.9
6	6	1	150	-	-	9.2
7	8	1	130	-	-	9.1
8	8	1	140	-	-	9.6
9	8	1	150	-	-	8.2
10	4	2	130	-	-	6.6
11	4	2	140	-	-	6.7
12	4	2	150	-	-	5.7
13	6	2	130	-	-	9.3
14	6	2	140	-	-	8.0
15	6	2	150	-	-	7.8
16	8	2	130	-	-	10.1
17	8	2	140	-	-	9.2
18	8	2	150	-	-	7.7

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 เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ มีผลทำให้เชื้อสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ดีขึ้น และมีผลทำให้เชื้อเจริญเติบโตได้มากขึ้น ทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่ปรากฏระยะของ Clear zone ของเชื้อทั้ง 3 เลข ลักษณะของ Clear zone ที่เกิดขึ้นของเชื้อทั้ง 3 ชนิด แสดงไว้ในรูปที่ 15

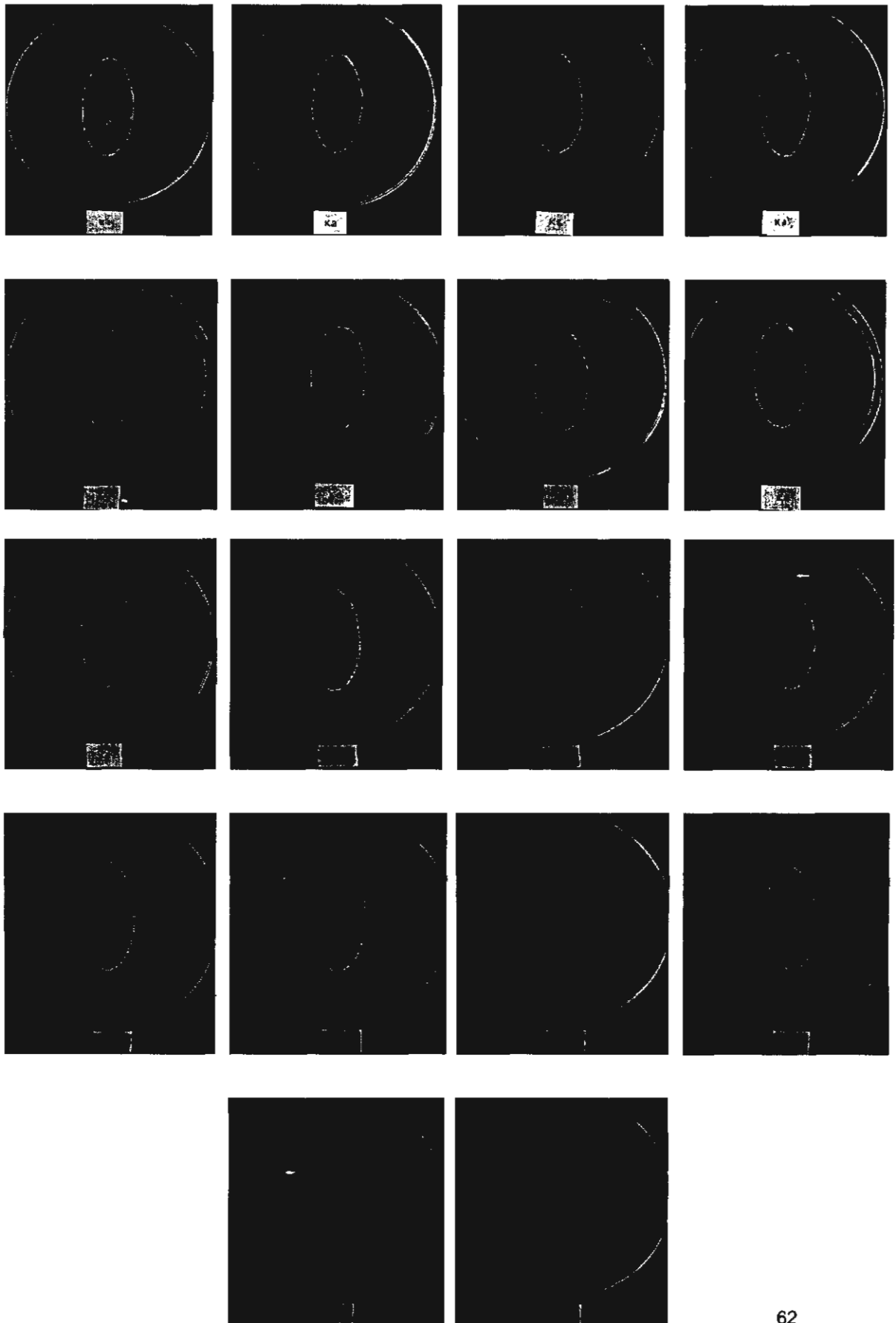
รูปที่ 12.

แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *S. aureus* บนผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลอกซอลอย่างเคียว



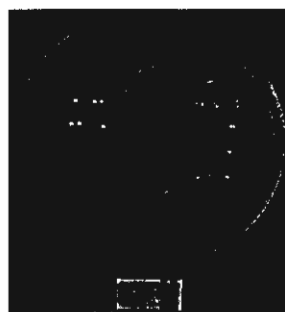
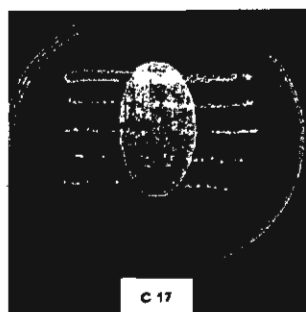
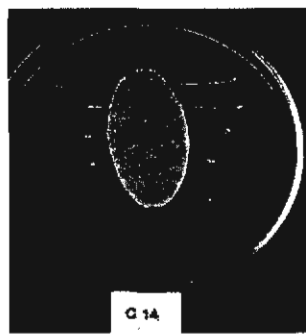
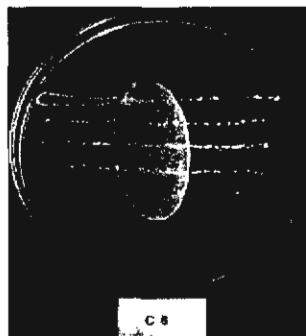
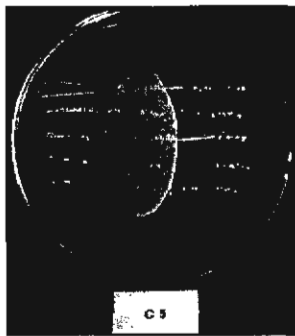
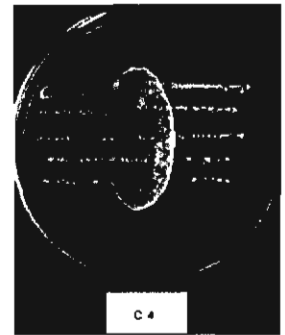
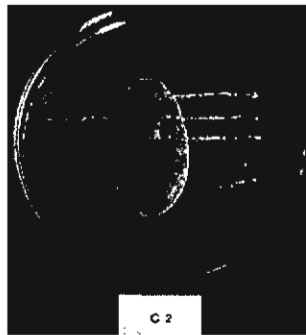
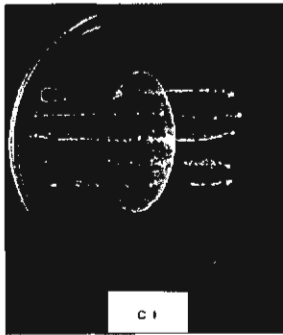
รูปที่ 13.

แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* บนผ้าที่ดกแต่งด้วย
ไกลออกซอลอย่างเคียว

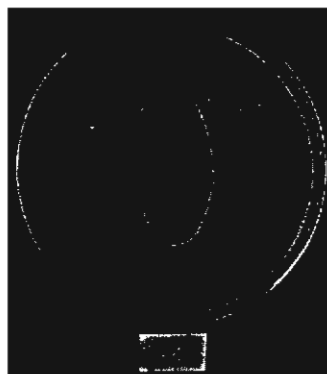


รูปที่ 14.

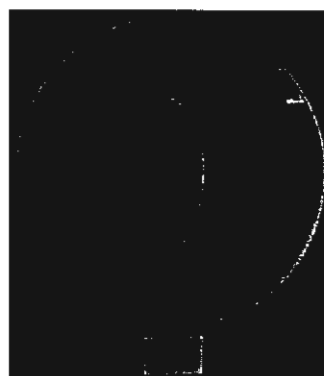
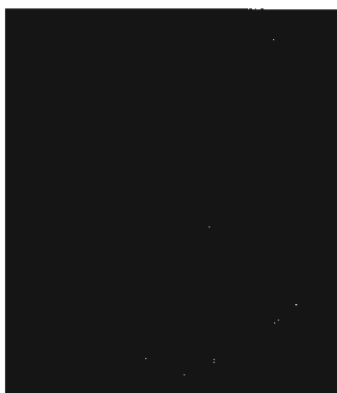
แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *C. albicans* บนผ้าที่ติดแต่งด้วย
ไกลออกซอลอย่างเดียวน



รูปที่ 15. แสดงลักษณะของ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว
ผลการทดลองการต้านเชื้อ *C. albicans* แบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่
ความเข้มข้น 0.5% (C19) และ 0.8% (C20)



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



ผลการทดลองการต้านเชื้อ *S. aureus* แบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่
ความเข้มข้น 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 ซึ่งการยับยั้งของเชื้อดังกล่าวจะน้อยกว่าของผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว เมื่อความเข้มข้นในการใช้ไคโตซานมากขึ้น การยับยั้งของเชื้อ K. pneumoniae และ เชื้อ S. aureus แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนเชื้อ C. albicans ซึ่งเป็นเชื้อที่แข็งแรงมากที่สุดที่ใช้ในการทดสอบการด้านเชื้อจุลินทรีย์ มีผลทำให้ผ้าที่ดกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว ไม่แสดงการยับยั้งเชื้อ C.albicans แต่อย่างใด การที่เชื้อดังกล่าวมีความแข็งแรงมากนั้น อาจหมายความว่า จะต้องใช้ปริมาณสารค่อนข้างมากหรือมีความเข้มข้นสูงเพื่อที่จะยับยั้งเชื้อดังกล่าว แต่สำหรับภาวะที่ทำการทดสอบ ไม่สามารถทำให้สารหลุดออกมาสัมผัสกับเชื้อตัวนี้มากพอ หรืออาจจะยังไม่รุนแรงเพียงพอที่จะไปยับยั้งเชื้อ C. albicans ได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ C. albicans เป็นศูนย์

ผลกระทบของตัวแปรต่อการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว

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 ทำให้โคโคซานที่ละลายในกรดอะซิติก 1% สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้โดยปริยาย ส่วนเชื้อ *S. aureus* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 100% เมื่อใช้ไกลออกซอล ที่ความเข้มข้น 1% หรือ ที่ความเข้มข้นของโคโคซาน 0.10% ขึ้นไป ส่วนเชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งด้วยสารละลายโคโคซานที่ความเข้มข้น 0.4% ขึ้นไป สารละลายไกลออกซอลไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ แต่สำหรับสารละลายผสมของไกลออกซอลและโคโคซานที่ศึกษามีความเข้มข้นที่มากเพียงพอที่จะยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายที่ประกอบด้วยไกลออกซอล และโคโคซานด้วยวิธี 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

ส่วนการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นคอนเดียวสรุปไว้ในตารางที่ 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. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซาน
แบบขั้นตอนเดียวด้วยวิธี Clear zone method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอล และไคโตซานลงบนผ้า				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

ผลกระทบของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและ
ไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน

ผลการทดลองในตารางที่ 17 เป็นผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลและโคโคซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การต้านเชื้อจุลินทรีย์กับผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแบบขั้นตอนเดียวในตารางที่ 15 พบว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์แบบวิธี Shake flask method ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล และโคโคซานแบบขั้นตอนหรือแบบ 2 ขั้นตอน ไม่ได้ให้ผลการลดลงของจุลินทรีย์ที่ได้แตกต่างกัน อย่างเห็นได้ชัด จึงไม่อาจสามารถสรุปได้ว่าการตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอน แบบ ไคจะให้ผลการยับยั้งเชื้อได้ดีกว่ากัน สรุปได้แต่เพียงว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซาน ยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ได้ดีตามลำดับ ส่วนการยับยั้งเชื้อ *C. albican* สามารถยับยั้ง ได้น้อยมาก

ตารางที่ 17. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซาน แบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method

ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอล และโคโคซานลงบนผ้า				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 ชั้นตอนด้วยวิธี Clear zone ผลที่ได้ในตารางดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแบบชั้นตอนเดียวในตารางที่ 16 พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนหรือแบบ 2 ชั้นตอน ให้ระยะ Clear zone ที่แตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ 1-2 มิลลิเมตรในบางภาวะที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ แต่ไม่สามารถสรุปว่าการตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอนให้ระยะ clear zone ที่ดีกว่า ระยะ clear zone ที่เกิดขึ้นจากการตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวของทุกภาวะที่ศึกษา เนื่องจากระยะ Clear zone ที่เกิดขึ้นใน 2 ระบบ มีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย แสดงว่าวิธีการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอนนั้น ไม่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของไกลออกซอลและไคโตซานมากนัก

ตารางที่ 18. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ชั้นตอนด้วยวิธี 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 จึงเลือกเอาผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 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

ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว 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 ชั้นตอน 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 แต่ความสามารถในการยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และ การยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลกับโคโคซานแบบขั้นตอนเดียว มีแนวโน้มที่จะยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้ประมาณ 50% ทั้งผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบ 2 ขั้นตอน นั้นพบว่าผ้าก่อนการซักสามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองได้ประมาณ 50% ขึ้นไป แต่ผ้าหลังการซักสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้น้อยกว่า 50% ผลที่ได้จึงสรุปได้ว่า การซักมีผลกระทบต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบ 2 ขั้นตอน มากกว่าผลกระทบที่มีต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบขั้นตอนเดียว และผลกระทบที่มีต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

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 ภาวะของการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลอย่างเฉียว มีผลทำให้ผ้าที่ผ่านการตกแต่งแล้วมีสมบัติกันยับอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีผลกระทบต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวที่คงเหลือไม่มากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งผ้าที่ภาวะการใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 6% ปริมาณตัวเร่งอนุมิเนียมซัลเฟต 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนอยู่ในช่วง $130-150^{\circ}\text{C}$ ดังผลที่แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

No.	Glyoxal %	Catalyst %	Curing temp (^o C)	องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (^o) (เย็น + พุง)	ความแข็งแรง ที่คงเหลือ, %		ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ %	เกรดระดับการ ยับของผ้าหลัง การซัก	
					เย็น	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% ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียวนำเสนอไว้ในตารางข้างล่างนี้

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% ปริมาณตัวเร่งอลูมิเนียมซัลเฟต 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วง 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 ให้องศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่า แต่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว ส่วนเกรดระดับการยับของผ้าหลังผ้าผ่านการซักและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้าก่อนข้างใกล้เคียงกัน

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	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. การดำนเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลและไคโตซาน 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 แสดงว่าเชื้อนี้อาจไม่ทนต่อการดำนส่วนการยับยั้งเชื้อ *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 และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 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% แบบชั้นตอนเดียว อุณหภูมิในการอบผนึก 130°C	58.8	43.1	14.4
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบชั้นตอนเดียว อุณหภูมิในการอบผนึก 140°C	57.3	51.4	15.4
ไกลออกซอล 6 % ไคโตซาน 0.5% แบบชั้นตอนเดียว 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 รองลงมาเป็นของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบชั้นตอนเดียว และตามด้วย

แบบ 2 ขั้นตอน ตามลำดับ การยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *K. pneumoniae* ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จทั้ง 3 ระบบ ไม่สามารถสรุปให้แน่ชัดลงไปได้ว่า ระบบใดให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่ากัน แต่อาจจะสรุปเป็นแนวโน้มการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้คร่าวๆดังนี้ สำหรับเชื้อ *S. aureus* ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และ ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน มีแนวโน้มการยับยั้งเชื้อดังกล่าวใกล้เคียงกัน และคิดว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับ การยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว สำหรับเชื้อ *K. pneumoniae* ผ้าที่ตกแต่งสำเร็จทั้ง 3 ระบบ ให้ผลการยับยั้งเชื้อดังกล่าวค่อนข้างใกล้เคียงกัน

9. จากผลการทดลองที่สรุปได้ข้างต้น การตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวให้สมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสมบัติองศาการคืนตัวต่อการยับและดัชนีความขาวที่ค่อนข้างดี แต่ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าไม่มากนัก แต่เมื่อใช้การตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียวช่วยทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นค่อนข้างมาก และเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่ดัชนีความขาวของผ้าลดลง และองศาการคืนตัวต่อการยับใกล้เคียงกับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และให้ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ อยู่ในเกรดระดับที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบ 2 ขั้นตอน ให้ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน และองศาการคืนตัวต่อการยับและเกรดระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีปัญหา ด้านความแข็งแรงที่คงเหลือที่ไม่มากนัก ซึ่งสมบัติดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกันกับความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และดัชนีความขาวลดลงเช่นเดียวกับดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโตซานแบบขั้นตอนเดียว

บทที่ 7

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียว มีสมบัติการยับและความแข็งแรงที่คงเหลือค่อนข้างดี แต่ปัญหาเรื่องความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าที่ดกแต่งสำเร็จ ยังเป็นปัญหาที่ควรจะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำการแก้ไขความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าให้เกิดขึ้นน้อยลง
2. ศึกษาผลกระทบของการดกแต่งสำเร็จด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียบบนผ้าสี ว่าจะมีผลกระทบต่อเจดสีหรือไม่อย่างไร
3. ศึกษาการใช้สารไกลออกซอลและโคโคซานกับสารดกแต่งสำเร็จชนิดอื่นๆ เช่น สารทำนุ่ม ว่าจะสามารถใช้ร่วมกันได้หรือไม่อย่างไร
4. เนื่องจากสารที่ใช้ในการดกแต่งสำเร็จในโครงการวิจัยนี้ มีการใช้สารไกลออกซอลซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานเหมือนกับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ถึงแม้จะมีเอกสารอ้างอิงว่าการใช้สารไกลออกซอลในการดกแต่งกันยับบนผ้าไม่มีผลทำให้ผ้าที่ดกแต่งแล้วปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ออกมา แต่ก็ควรจะศึกษาเพิ่มเติมสำหรับผ้าที่ดกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโคซานแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 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 เชาวลิตสุขุมาวาสี ไคติน-ไคโตซาน สารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ *LAB. TODAY*, 1, 12-20, 2544.