

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นของไกลออกซอลที่ใช้เป็นสารตกแต่งกันยับบนผ้าฝ้าย

ช่วงแรกเป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบผนึกต่อสมบัติขององค์การคืนตัวต่อการยับ (wrinkle recovery angle; degree) ความแข็งแรงที่คงเหลือ (breaking strength retention, %) และดัชนีความขาว (whiteness index) ตารางที่ 1 สรุปผลของอุณหภูมิในการอบผนึกต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และตัวเร่งอะลูมิเนียมซิลิเกต 2% แล้วอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 2 นาที และอบผนึกที่อุณหภูมิต่างๆ ในช่วง 130°C – 150°C เป็นเวลา 3 นาที % pick up เท่ากับ 80% จากผลการทดลองในตารางที่ 1 สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบผนึกสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้องค์การคืนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น และดีกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารกันยับ (untreated) ประมาณ 100°C ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับไกลออกซอลมีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงและดัชนีความขาวของผ้าลดลง การอบผนึกที่อุณหภูมิ 150°C มีผลต่อความแข็งแรงที่คงเหลือและความขาวของผ้ามากที่สุด ผ้าที่ผ่านการอบผนึกที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถสังเกตเห็นความเหลืองได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 1 ผลของอุณหภูมิในการอบผนึกต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และตัวเร่งอะลูมิเนียมซิลิเกต 2%

| การทดลอง | อุณหภูมิอบผนึก (°C) | องค์การคืนตัวต่อการยับ ด้ายยืน + ด้ายพุ่ง (องศา, °) | ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%) | | ดัชนีความขาวที่คงเหลือ (%) |
|-----------|---------------------|---|---------------------------|----------|----------------------------|
| | | | ด้ายยืน | ด้ายพุ่ง | |
| Untreated | - | 191 | 100.0 | 100.0 | 100 |
| 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 |

ในช่วงที่สอง ได้ศึกษาผลของตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟตต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟตตามที่กำหนดในช่วง 1-4% แล้วอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 2 นาที และอบผืนที่ 130°C เป็นเวลา 3 นาที % pick up เท่ากับ 80% เช่นเดียวกัน จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 2 สรุปได้ว่า เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้มากขึ้น ไม่มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลดีขึ้น ในทางกลับกันทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณตัวเร่งที่ 1% ก็เพียงพอแล้วที่จะช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาของ 10% ไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยผ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียของการใช้ปริมาณตัวเร่งมากเกินไป มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายมากขึ้น ส่วนผลของค่าดัชนีความขาวของผ้ามีค่าใกล้เคียงกัน และดัชนีความขาวของผ้าเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่ง 1% มีค่าความขาวดีที่สุดและใกล้เคียงกับความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยสารกันยับ

ตารางที่ 2 ผลของตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟตต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 10% และอบผืนที่ 130°C

| การทดลอง | ตัวเร่ง (%) | องศาการคืนตัวต่อการยับ ด้ายยืน + ด้ายพุ่ง (องศา,°) | ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%) | | ดัชนีความขาวที่คงเหลือ(%) |
|-----------|-------------|--|---------------------------|----------|---------------------------|
| | | | ด้ายยืน | ด้ายพุ่ง | |
| Untreated | - | 191 | 100 | 100 | 100 |
| 1. | 1 | 295 | 53.0 | 32.9 | 97.1 |
| 2. | 2 | 291 | 44.2 | 24.1 | 94.7 |
| 3. | 3 | 287 | 41.3 | 24.1 | 92.8 |
| 4. | 4 | 287 | 36.2 | 24.1 | 92.2 |

ขั้นต่อมา ได้ศึกษาผลของไกลออกซอลต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลตามความเข้มข้นที่กำหนด และตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟต 1% แล้วอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 2 นาที และอบผืนที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 3 นาที ผลการทดลองที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับและความขาวของผ้าที่ผ่านการตกแต่ง องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลมีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะใช้นั้นจะตกแต่งด้วยปริมาณไกลออกซอลที่ความเข้มข้นเท่าใด ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าจะถูกกระทบมากโดยเฉพาะเส้นด้ายตามแนวด้ายยืน เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลมากกว่า 10% ขึ้นไป ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือตามแนวเส้นด้ายพุ่งไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 3 ผลของไกลออกซอลต่อสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้าย ที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล (โดยใช้ตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟต 1% และอบผืนที่ 130°C)

| การทดลอง | ไกลออกซอล (%) | องศาการคืนตัวต่อการยับ ด้ายยืน + ด้ายพุ่ง (องศา, °) | ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%) | | ดัชนีความขาวที่คงเหลือ(%) |
|-----------|---------------|---|---------------------------|----------|---------------------------|
| | | | ด้ายยืน | ด้ายพุ่ง | |
| Untreated | - | 191 | 100 | 100 | 100 |
| 1. | 8 | 295 | 60.0 | 35.0 | 95.6 |
| 2. | 10 | 291 | 59.2 | 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 สรุปได้ว่า ถ้าอุณหภูมิในการอบผืนสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือ และดัชนีความขาวของผ้าลดลง ส่วนตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟตเมื่อใช้เพิ่มไม่มีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับและดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งแตกต่างกันมากนัก ปริมาณของตัวเร่งที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1-2% เพราะถ้าปริมาณการใช้ตัวเร่งมากเกินไปกลับมีผลต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าในทิศทางที่ลดลง ซึ่งเป็นผลที่ไม่ต้องการ ส่วนความเข้มข้นของไกลออกซอล เมื่อใช้ปริมาณเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับและความขาวของผ้าที่ผ่านการตกแต่ง แต่จะมีผลต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าเมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้มากกว่า 10% ขึ้นไป เพราะฉะนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้ไกลออกซอลควรต่ำกว่า 10% ปริมาณความเข้มข้นของตัวเร่ง 1-2% และอุณหภูมิในการอบผืนในช่วง 130-150°C เป็นช่วงของตัวแปรที่น่าศึกษา

ในขั้นตอนต่อไปได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของ สารละลายไกลออกซอลและโคโทซาน โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบมี 3 ชนิดด้วยกัน คือ เชื้อ *Candida albicans* ซึ่งเป็น fungi ที่ก่อให้เกิดโรค Candidiasis มีผลทำให้เกิดผื่นแดงคันบน ผิวหนังจากการใช้ผ้าอ้อม (diaper rash) เชื้อ *Klebsiella pneumoniae* bacteria และเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นแบคทีเรียชนิด gram-negative และชนิด gram-positive bacteria ตามลำดับ มีผลทำให้เกิดการติดเชื้อที่เรียกว่า Pyrogenic infections

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล

การทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลใช้วิธีทดสอบแบบ Shake flask method ผลการทดลองในตารางที่ 4 เป็นผลสรุปประสิทธิภาพของสารละลายไกลออกซอลในการ ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) จาก ผลการทดลองพบว่าสารละลายไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ ทั้งหมด ในขณะที่เชื้อ *K.pneumoniae* นั้นต้องใช้สารละลายไกลออกซอลที่มีความเข้มข้น 2% ขึ้น ไปจึงจะสามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้ 100% ส่วนเชื้อ *C. albicans* นั้นไม่สามารถยับยั้งได้ด้วยไกล ออกซอล เพราะเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลมากขึ้น การยับยั้งเชื้อ *C. albicans* กลับน้อยลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเชื้อ *C. albicans* สามารถทนต่อภาวะที่เป็นกรดค่อนข้างดี ยิ่ง สารละลายมีความเป็นกรดมาก คือมีความเข้มข้นของสารละลายไกลออกซอลมาก เชื้อ *C. albicans* ยิ่งทนได้ดี ทำให้การยับยั้งเชื้อดังกล่าวน้อยลง เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของสารละลาย ไกลออกซอลที่ 1-2% สามารถยับยั้งเชื้อ *S.aureus* และเชื้อ *K.pneumoniae* ได้ 100% แต่ สำหรับเชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งได้ แต่ไม่มากไปกว่า 25% ขึ้นไป จากการใช้ไกลออกซอล สูงถึง 8% ยังสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้น้อยมาก

ตารางที่ 4 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอล

| สารละลายไกลออกซอล(%) | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% 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 ศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายโคโทซาน

การละลายของโคโทซานทุกความเข้มข้นจะทำการละลายในกรดแอสติคที่ความเข้มข้น 1% ส่วนการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายโคโทซานได้ใช้วิธีทดสอบแบบ Shake flask method ผลการทดลองในตารางที่ 5 เป็นผลสรุปการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายโคโทซาน ซึ่งรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่าเชื้อ *K. pneumoniae* สามารถถูกยับยั้งได้ถึง 100% ด้วยกรดแอสติคที่ความเข้มข้น 1% แสดงว่าเชื้อนี้ไม่ทนต่อภาวะที่เป็นกรด ส่วนเชื้อ *S. aureus* และเชื้อ *C. albicans* สามารถยับยั้งได้ด้วยโคโทซาน แต่ความเข้มข้นที่ใช้ในการยับยั้งเชื้อดังกล่าวจะแตกต่างกันออกไป โคโทซานที่ความเข้มข้น 0.1% ขึ้นไปสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ทั้งหมด ส่วนเชื้อ *C. albicans* จะต้องใช้ความเข้มข้นของโคโทซานที่ 0.4% ขึ้นไปเพื่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้ 100%

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

ตารางที่ 5 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายโคโทซานใน 1% กรดแอสติค

| สารละลายโคโทซาน(%) | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | | |
|--------------------|---|----------------------|------------------|
| | <i>C. albicans</i> | <i>K. pneumoniae</i> | <i>S. aureus</i> |
| 0 | 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 |

เนื่องจากการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดียวจำเป็นต้องใช้ตัวเร่ง คือ อะลูมิเนียมซัลเฟตช่วยในการเกิดปฏิกิริยา เพราะฉะนั้น ควรทดสอบว่าสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตจะมีผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้มากน้อยอย่างไร

4.4. ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นการเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายตัวเร่งอะลูมิเนียมซัลเฟต

ผลการทดลองในตารางที่ 6 ได้สรุปผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0.10-1.0% จากผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ทดสอบไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และเชื้อ *C. albicans* เพราะเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *K. pneumoniae* เป็นศูนย์ และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ค่อนข้างน้อยมากไม่ถึง 10% สารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตมีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้บ้างที่ความเข้มข้น 0.8% ขึ้นไป ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ประมาณ 40% แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้น้อยลงให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* น้อยลงด้วย

ตารางที่ 6. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต

| สารละลาย อะลูมิเนียมซัลเฟต | 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 สารละลายไคโทซาน และสารละลายอะลูมิเนียมซัลเฟต 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% แต่เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลเพิ่มขึ้น ผลการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ยิ่งน้อยลง

สารละลายไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.1% ในกรดแอซิดิกที่ความเข้มข้น 1% สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ 100% ส่วนเชื้อ *K. pneumoniae* สามารถยับยั้งได้ 100% ด้วยกรดแอซิดิกที่ความเข้มข้น 1% เท่านั้น และที่ความเข้มข้นเพียง 0.01% ของสารละลายไคโทซานก็สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ได้ถึง 100% ส่วนเชื้อ *C. albicans* นั้นต้องใช้สารละลายไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.4 % ขึ้นไป จึงสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ 100%

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

ถึงแม้สารละลายของไกลออกซอลและไคโทซานจะสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ความสามารถในการยับยั้งเชื้อดังกล่าวของสารทั้งสองที่ตกแต่งลงไปบนผ้าแล้วนั้น อาจจะไม่เหมือนกับความสามารถในการยับยั้งเชื้อของสารทั้งสองซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย ทั้งนี้เพราะ ความเข้มข้นของสารที่ตกแต่งลงบนผ้า จะขึ้นอยู่กับ % pick up ความเข้มข้นของสารที่ใช้ และ % add-on นอกจากนี้กลไกการซึมผ่านของสารบนผ้าออกมาข้างนอก เพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์หลังจากผ้าได้ตกแต่งสำเร็จแล้ว เป็นกลไกที่สลับซับซ้อนมาก จากปัจจัยต่างๆเหล่านี้ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์บนผ้า เพราะฉะนั้น การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล หรือไคโทซาน หรือทั้งไกลออกซอลและไคโทซานที่ตกแต่งสำเร็จแบบขั้นตอนเดียวและแบบสองขั้นตอนบนผ้า จะทำการศึกษาต่อไป รวมทั้งการศึกษสมบัติด้านยับยั้งความแข็งแรงที่คงเหลือ และดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วย

จากผลการทดลองเบื้องต้นที่ได้ในตารางที่ 1-3 ได้เลือกเอาระดับต่างๆของตัวแปร คือ ความเข้มข้นของไกลออกซอล ตัวแปร และอุณหภูมิในการอบผืน มาสร้างรูปแบบการทดลองที่เรียกว่า "Factorial Design" เพื่อศึกษาผลของตัวแปรดังกล่าวต่อสมบัติขององศาการคืนตัวต่อการยับ (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% ตัวแปรอะลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 1 และ 2% อุณหภูมิในการอบผืนที่ 130°C 140°C และ 150°C

4.5 ศึกษาผลของตัวแปรต่อสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ดัชนีความขาว และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

จากผลการทดลองเบื้องต้นที่ได้ในตารางที่ 1-3 ได้เลือกเอาระดับต่างๆ ของตัวแปร คือ ความเข้มข้นของไกลออกซอล ตัวเร่ง และอุณหภูมิในการอบผืน มาสร้างรูปแบบการทดลองที่เรียกว่า "Factorial Design" เพื่อศึกษาผลของตัวแปรดังกล่าวต่อสมบัติขององค์การคืนตัวต่อการยับ (wrinkle recovery angle) ความแข็งแรงที่คงเหลือ (breaking strength retention) ดัชนีความขาว (whiteness Index) และระดับการยับของผ้า (durable press performance) หลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้ง และ 5 ครั้ง และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งตัวแปรที่ศึกษาในระดับต่างๆ มีดังนี้ ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 4% 6% และ 8% ตัวเร่งที่ความเข้มข้น 1 และ 2% อุณหภูมิในการอบผืนที่ 130°C 140°C และ 150°C ส่วนผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าทั้งที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวยังไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอลได้สรุปไว้ในตารางที่ 6 สมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลกับสมบัติของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอลมีความแตกต่างกันดังนี้ ผ้าที่ตกแต่งมีองค์การคืนตัวต่อการยับและระดับการยับของผ้าดีกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอล ส่วนความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งถูกทำลายค่อนข้างมากทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอล ส่วนความขาวของผ้าที่ตกแต่งจะลดน้อยลงบ้างเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอล

4.5.1 ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อสมบัติขององค์การคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 สรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ตกแต่งลงบนผ้ามากขึ้น แนวโน้มขององค์การคืนตัวต่อการยับของผ้าดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืน หรือการใช้ปริมาณตัวเร่งมากขึ้น แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% และ 2% จะพบว่าการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% ในการตกแต่งสารกันยับไกลออกซอลลงบนผ้า มีผลทำให้องค์การคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณการใช้ไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผืนให้สูงขึ้นแต่อย่างไร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณตัวเร่ง 2% มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาของไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าค่อนข้างมีประสิทธิภาพที่ดี ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืน และปริมาณของไกลออกซอลที่ใช้ ไม่มีผลต่อองค์การคืนตัวต่อการยับมากนัก แต่สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1% พบว่าปริมาณการใช้ไกลออกซอล และอุณหภูมิในการอบผืนมีผลต่อองค์การคืนตัวต่อการยับมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% โดยสรุปตัวแปรทั้งสาม คือ ปริมาณตัวเร่ง

ปริมาณไกลออกซอล และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนก มีผลต่อองศาการคืนตัวต่อการยับใน
แนวโน้มที่ดีขึ้น

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

| No. | ไกล ออก ซอล % | ตัวเร่ง % | อุณหภูมิ อบผืนก (°C) | องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (°) (เย็น+พุ่ง) | ความแข็งแรง ที่คงเหลือ (%) | | ดัชนีความ ขาวที่ คงเหลือ (%) | ระดับการยับ ของผ้าหลังการ ซัก | |
|------------------------------|------------------------|--------------|----------------------------|---|----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| | | | | | เย็น | พุ่ง | | 1 ครั้ง | 5 ครั้ง |
| ผ้าไม่ได้ตกแต่งด้วยไกลออกซอล | | | | 191 | 100.0 | 100.0 | 100 | 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 | 91.1 | 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 | 96.6 | 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 |

4.5.2 ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อสมบัติความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลอย่างเดี่ยว

ความแข็งแรงที่คงเหลือในแนวด้ายยืนของผ้า ที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ภาวะต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืนยิ่งสูงมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลงมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิในการอบผืนที่ 150°C มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลงค่อนข้างมาก ส่วนปริมาณตัวเร่งที่ใช้มากขึ้น มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดลงมากขึ้น และเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% และอุณหภูมิในการอบผืนสูงในการตกแต่งสารกันยับ มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าถูกทำลายมากยิ่งขึ้น ส่วนปริมาณไกลออกซอลที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงของผ้าดีขึ้นเล็กน้อย โดยสรุป ตัวเร่งและอุณหภูมิในการอบผืนถ้าใช้ในภาวะที่รุนแรงมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าในแนวด้ายยืนถูกทำลายมากขึ้น และถ้าใช้ตัวแปรทั้งสองในระดับที่รุนแรงในเวลาเดียวกัน มีผลต่อความแข็งแรงของผ้ามากขึ้นตามไปด้วย

ความแข็งแรงที่คงเหลือในแนวด้ายพุ่งของผ้า ที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ภาวะต่างๆสรุปได้ว่า อุณหภูมิในการอบผืนและตัวเร่งมีผลในทางลบต่อความแข็งแรงของผ้า ถ้าภาวะการใช้อุณหภูมิในการอบผืนสูงและปริมาณตัวเร่งที่ใช้มาก มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าลดน้อยลง ในขณะที่ปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของผ้ามากนัก โดยสรุปตัวเร่งและอุณหภูมิในการอบผืน มีผลต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของเส้นด้ายตามแนวด้ายพุ่งของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดี่ยว ซึ่งตัวแปรทั้งสองมีผลต่อความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าในทิศทางเดียวกันกับผลที่กระทบต่อความแข็งแรงของเส้นด้ายตามแนวด้ายยืน

4.5.3 ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อสมบัติดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลอย่างเดี่ยว

จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่า เมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น มีผลทำให้ดัชนีความขาวของผ้าลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อมีปริมาณของไกลออกซอลมาก โอกาสที่ เกิดออกซิเดชันจะเกิดได้มากขึ้น มีโอกาสทำให้ผ้าเหลืองมากขึ้น ส่งผลให้ดัชนีความขาวของผ้าลดลงส่วนอุณหภูมิในการอบผืนถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างผ้าถูกทำลายได้มากขึ้น มีผลทำให้ผ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีเหลืองมากขึ้น แสดงว่าโครงสร้างของผ้าได้ถูกทำลายไป ส่วนตัวเร่งโดยเฉพาะตัวเร่งที่มีฤทธิ์เป็นกรด มีผลทำลายสมบัติด้ายความแข็งแรงของผ้าได้โดยตรง การที่ความแข็งแรงของผ้าฝ้ายลดลงแสดงว่าโครงสร้างของผ้าได้ถูกทำลาย และมีผลสืบเนื่องต่อไปถึงความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้าฝ้าย โดยสรุปเมื่อมีการใช้ไกลออกซอลหรือตัวเร่งในปริมาณที่สูงขึ้น หรืออุณหภูมิในการอบผืนที่สูงขึ้น มีผลทำให้ดัชนีความขาวของผ้าลดลงทุกตัวแปรที่ศึกษา

4.5.4 ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อระดับการยับของผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วย

ไกลออกซอลอย่างเดียว

โดยทั่วไป ผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารกันยับมีสมบัติการคืนตัวต่อการยับ และระดับการยับของผ้าไปในแนวทิศทางเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ คือ ถ้าองศาการคืนตัวต่อการยับดี ระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรดที่สูง คือ มีรอยยับน้อย จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 สรุปได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ตกแต่งลงบนผ้ามากขึ้น มีผลทำให้ระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรดที่ดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืนให้สูงขึ้น หรือการใช้ปริมาณตัวเร่งมากขึ้น แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% และ 2% ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า พบว่าการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% มีผลทำให้ระดับการยับของผ้าที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้ไม่ว่าปริมาณการใช้ไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผืนที่ให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณตัวเร่ง 2% มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาของไกลออกซอลกับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้า ค่อนข้างมีประสิทธิภาพที่ดี ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบผืนและปริมาณไกลออกซอลที่ใช้ ไม่มีผลต่อระดับการยับของผ้ามากนัก แต่สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1% พบว่าปริมาณการใช้ของไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืน มีผลต่อระดับการยับมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% โดยสรุปตัวแปรที่ศึกษา คือ ปริมาณตัวเร่งปริมาณไกลออกซอล และอุณหภูมิในการอบผืนก็มีผลต่อระดับการยับของผ้า และองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าปริมาณตัวเร่งที่ใช้ 2% ผลของปริมาณ ไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืนก็มีผลต่อสมบัติดังกล่าวน้อยมาก นอกจากนี้ จำนวนครั้งในการซักมีผลต่อระดับการยับของผ้าน้อยมาก และถ้าใช้ตัวเร่งที่ 2% ในการตกแต่ง จำนวนครั้งในการซักยังมีผลน้อยเมื่อเทียบกับผลที่เกิดขึ้นจากภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 1%

โดยสรุปจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 ภาวะการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า พบว่าเมื่อปริมาณการใช้ไกลออกซอลมากขึ้น ผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับมีองศาการคืนตัวต่อการยับ และระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่ดัชนีความขาวและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งใกล้เคียงกัน ส่วนอุณหภูมิในการอบผืน เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นไปมีผลทำให้องศาการคืนตัวต่อการยับและระดับการยับของผ้าดีขึ้น แต่มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวของผ้าลดลง สำหรับภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 2% พบว่าการเพิ่มไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผืนไม่มีผลต่อองศาการคืนตัวต่อการยับและระดับการยับของผ้ามากนัก แต่การเพิ่มอุณหภูมิในการอบผืนมีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวของผ้าลดลง ส่วนการเพิ่มของไกลออกซอลไม่มีผลต่อสมบัติทั้งสอง โดยทั่วไปการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% มีผลต่อความแข็งแรงและดัชนีความขาวของผ้าค่อนข้างมาก ดังนั้นในการศึกษาผลของตัวแปรต่อ

สมบัติกันยับ ความแข็งแรง ความขาว และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล และไคโทซานแบบขึ้นตอนเดียวจึงตัดการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 2% ออกไป

4.5.5 ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว

นำผ้ามาตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามภาวะในการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่แตกต่างกัน 18 ภาวะ หลังจากนั้นนำมาผ้าที่ตกแต่งทั้ง 18 ผืน มาทดสอบความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method และวิธีที่เรียกว่า Clear zone ตามมาตรฐานของ AATCC 147-1988 ซึ่งบริเวณที่ปรากฏว่ามี Clear zone แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์ถูกยับยั้งไว้ไม่ให้เกิดการเจริญเติบโต ทำให้เกิดเป็นบริเวณที่ว่างขึ้น ระหว่างผ้ากับเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ถูกขีดลากไปบนผ้าก่อนการทดสอบ ผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีทดสอบแบบ Shake flask method ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลได้สรุปไว้ในตารางที่ 8 ส่วนผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีทดสอบแบบ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลได้สรุปไว้ในตารางที่ 9 ส่วนการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของการทดสอบแบบวิธี Clear zone แสดงไว้ในรูปที่ 12-14

จากผลการทดลองในตารางที่ 8 สรุปได้ว่า เพอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ที่ภาวะต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อใกล้เคียงกันมาก ถ้าดูจากผลการทดลองในตารางที่ 4 การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลนั้น พบว่าไกลออกซอลไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ แต่จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 8 แสดงผลการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ประมาณ 20-40% ซึ่งผลการยับยั้งเชื้อดังกล่าวอาจเป็นเพราะตัวเร่งที่ใช้ จากผลที่ได้พบว่าถ้าปริมาณของตัวเร่งมากขึ้น จะให้ผลการยับยั้งของเชื้อ *C. albicans* ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้ตัวเร่งที่ 1% นอกจากตัวเร่งมีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* แล้ว อาจเกิดจากไกลออกซอลเอง เพราะไกลออกซอลเมื่อตกแต่งลงไปบนผ้าแล้วมีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้แตกต่างไปจากโครงสร้างของไกลออกซอลเริ่มต้นได้ โครงสร้างของไกลออกซอลที่เปลี่ยนไปอาจมีผลต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าว จากผลที่ได้ในตารางที่ 8 พบว่า ถ้าปริมาณการใช้ตัวเร่งมากขึ้น มีแนวโน้มที่จะยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ดีขึ้น ส่วนอนุภูมิภาคที่ใช้ในการอบผนึกและไกลออกซอลไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าว อย่างไรก็ตาม เพอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อดังกล่าวในแต่ละการทดลองมีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรที่ศึกษาตัวใด มีผลต่อการยับยั้งของเชื้อดังกล่าวได้ดีกว่ากัน ในแต่ละการทดลองความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C. albicans* ก็มีบ้างเล็กน้อย แต่การยับยั้งของเชื้อดังกล่าวที่ดีที่สุดก็ยังไม่เกิน 40% แสดงว่าภาวะที่ศึกษาสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้มากที่สุดได้ประมาณ

40% เท่านั้น หมายความว่า เชื้อนี้มีความต้านต่อภาวะที่ศึกษาได้ค่อนข้างดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ S.aureus และเชื้อ K.pneumoniae เพราะเชื้อทั้งสองมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ที่มากกว่า

ตารางที่ 8 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวย
แบบวิธี Shake flask method

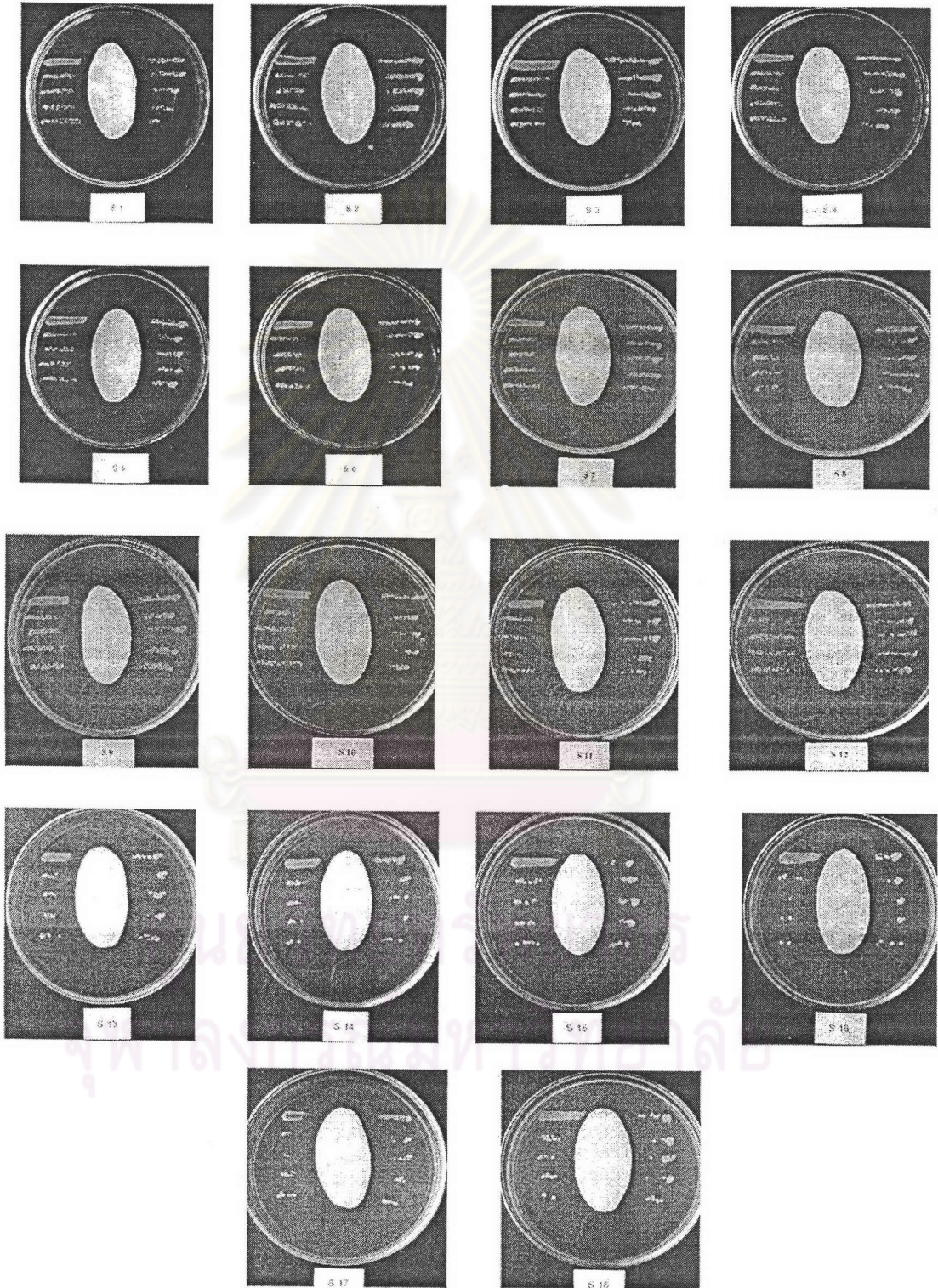
| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า | | | | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------|---------------------|--|---------------|-----------|
| No. | ไกลออกซอล % | ตัวเร่ง % | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | C. albicans | 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 |

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* บนผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล พบว่า เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้เพิ่มขึ้นเป็น 2% การยับยั้งของเชื้อดังกล่าวลดลง ทั้งนี้เพราะการเพิ่มตัวเร่ง จะมีผลในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอล และ หมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายได้ดีขึ้น มีผลทำให้ปริมาณไกลออกซอลเกิดพันธะกับผ้าได้ค่อนข้างดีกว่า พันธะที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% อาจมีผลทำให้ปริมาณไกลออกซอลซึมผ่านออกมาจากผ้าระหว่างการทดสอบการยับยั้งของเชื้อได้ค่อนข้างน้อยหรือซ้ำ มีผลทำให้ไม่สามารถไปยับยั้ง การเจริญเติบโตของเชื้อได้ทัน และอีกประการหนึ่งเชื้อ *K.pneumoniae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ อาจจะมีการเจริญเติบโตของเชื้อได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญเติบโตของเชื้อ *S.aureus* ที่เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เพราะฉะนั้นเมื่อสารซึมผ่านออกมาซ้ำ แต่การเจริญเติบโตของเชื้อค่อนข้างไวหรือเร็ว จะมีผลทำให้การยับยั้งของเชื้อ *K.pneumoniae* น้อยลง เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณไกลออกซอลหรืออุณหภูมิในการอบผนึกไม่ได้ มีผลทำให้การยับยั้งของเชื้อนี้แตกต่างกันมากนัก แต่การยับยั้งของเชื้อ *K.pneumoniae* น้อยลง เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลบนผ้ามากขึ้น

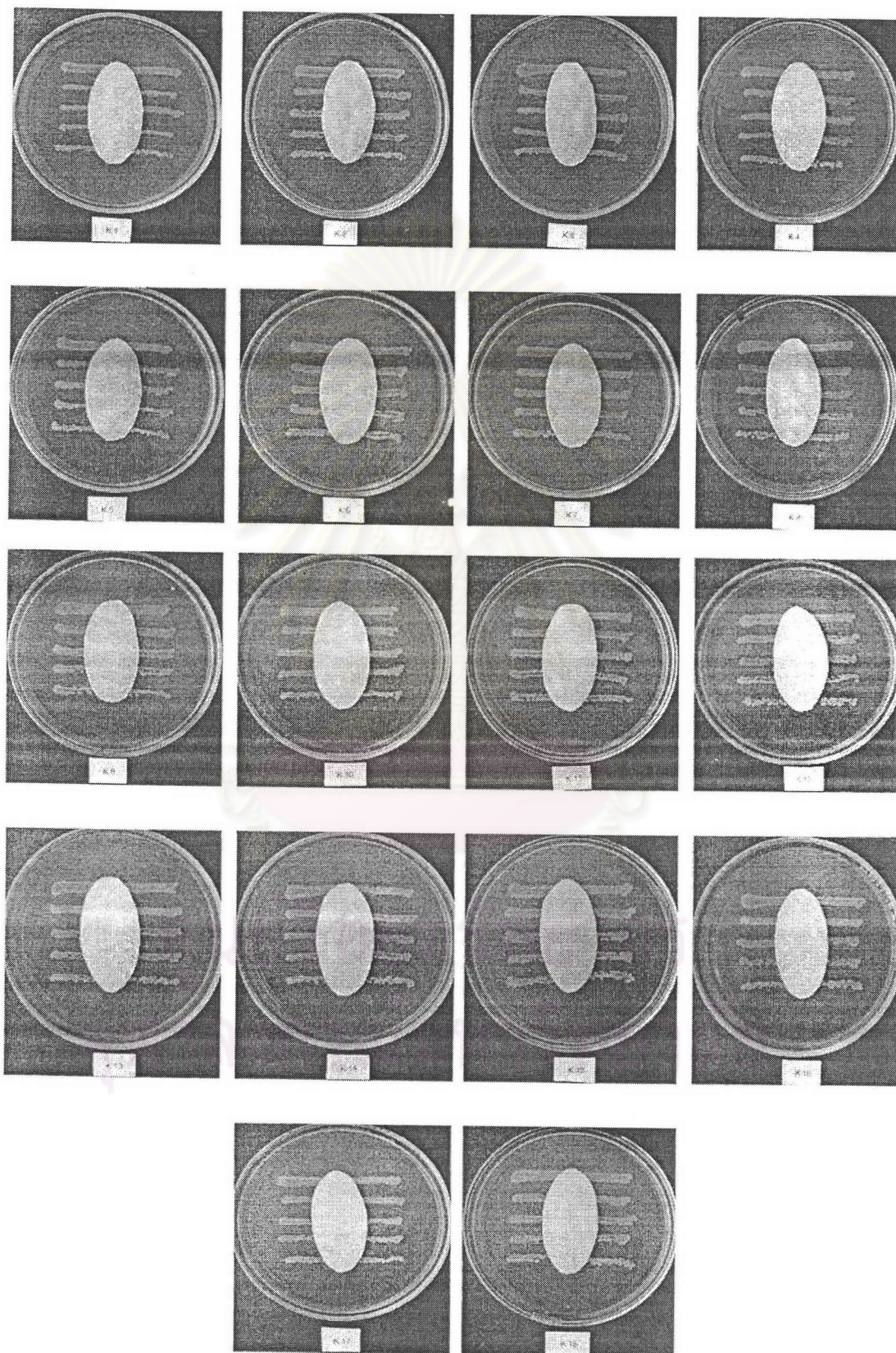
ส่วนการทดสอบการยับยั้งของเชื้อ *S. aureus* บนผ้าทดสอบที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล พบว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *S.aureus* ค่อนข้างสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *C.albicans* แสดงว่าเชื้อ *S. aureus* มีความต้านต่อไกลออกซอลได้น้อยกว่าเชื้อ *C. albicans* จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า ที่ภาวะการใช้ตัวเร่ง 1% ไกลออกซอลที่ 8% สามารถยับยั้งเชื้อ *S.aureus* ได้ดีกว่า เมื่อปริมาณไกลออกซอลที่ใช้อยู่ที่ 4% และ 6% การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอบผนึกไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* เพราะเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อใกล้เคียงกันมาก ส่วนปริมาณตัวเร่งที่ใช้ 2% ให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* ในแนวโน้มที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้ปริมาณตัวเร่งที่ 1% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเพิ่มตัวเร่งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของไกลออกซอลในการเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้าย มีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยสารกันยับ มีปริมาณไกลออกซอลมากขึ้นเป็นการเพิ่มโอกาสให้สารซึมผ่านออกมาจากผ้าได้มากขึ้นเพื่อมายับยั้งเชื้อดังกล่าว แต่ที่ภาวะการใช้ตัวเร่งที่ 2% ไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผนึกไม่มีผลต่อการยับยั้งของเชื้อ *S.aureus*

โดยสรุปจากผลการทดลองในตารางที่ 8 ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าการยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และ *C. albicans* ตามลำดับ การเพิ่มปริมาณตัวเร่งมีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ดีขึ้นบ้างเล็กน้อย แต่มีแนวโน้มการยับยั้งเชื้อ *K.pneumoniae* ได้น้อยลง การเพิ่มตัวเร่งสำหรับเชื้อ *C.albicans* มีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อดังกล่าวบ้างแต่ไม่มาก การเพิ่มปริมาณของไกลออกซอลและอุณหภูมิในการอบผนึกไม่มีผลกระทบต่อการยับยั้งของเชื้อทั้ง 3 ชนิด เพราะเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อทั้ง 3 ไม่แตกต่างกันมาก

รูปที่ 12 แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *S. aureus* บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล
อย่างเดียว



รูปที่ 13 แสดงลักษณะ Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล
อย่างเดียว



รูปที่ 14 แสดงลักษณะของ Clear zone ของเชื้อ *C. albicans* บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล
 อย่างเดียว



ตารางที่ 9 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลแบบวิธี Clear zone

| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลลงบนผ้า | | | | ความกว้างของระยะ Clear zone (mm) | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------|---------------------|----------------------------------|------------------|-----------|
| No. | ไกลออกซอล % | ตัวเร่ง % | อุณหภูมิอบแห้ง (°C) | C. albicans | K. pneumoniae | S. aureus |
| 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 |

จากผลการทดลองในตารางที่ 9 เป็นการสรุปความกว้างของระยะ Clear zone ที่ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล ถ้าความกว้างของ Clear zone มากขึ้น แสดงว่าผ้าที่ทดสอบชิ้นนั้นมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี จากผลการทดลองในตารางที่ 9 พบว่า ผ้าที่ใช้ทดสอบเชื้อ S.aureus จะแสดงระยะ Clear zone ที่เกิดขึ้นเท่านั้นดังรูปที่ 12

จากผลที่ได้ไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าตัวแปรใดมีผลต่อความกว้างของ Clear zone ที่เกิดขึ้น ตัวแปรทั้ง 3 ต้องผสมผสานกันเพื่อทำให้ปฏิกริยาระหว่างไกลออกซอลและหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายเกิดได้ดีที่สุด เพื่อจะได้ยึดให้ไกลออกซอลติดลงบนผ้าให้มากที่สุด เมื่อมีปริมาณไกลออกซอลยึดติดบนผ้าได้มาก ก็อาจจะเพิ่มแนวโน้มการซึมผ่านสารออกมาจากผ้าได้มากขึ้น มีผลต่อการยับยั้งเชื้อได้ดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ความกว้างของ Clear zone ที่แตกต่างกันไม่กี่มิลลิเมตร จึงไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างกันได้มากนัก ทำให้ไม่สามารถสรุปผลของตัวแปรแต่ละตัวต่อความกว้างของ Clear zone ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

ผ้าที่ทดสอบเชื้อ *K. pneumoniae* ไม่แสดงระยะ Clear zone เช่นกันดังรูปที่ 13 ทั้งๆ ที่ประสิทธิภาพการยับยั้งของเชื้อ *K. pneumoniae* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งใกล้เคียงกับการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เมื่อปริมาณตัวเร่งที่ใช้อยู่ที่ 1% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเชื้อ *K. pneumoniae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบมีการเจริญเติบโตของเชื้อได้เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก เมื่อปริมาณสารที่ซึมออกมาจากผ้าเท่ากัน แต่อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อต่างกัน มีผลทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อไม่เท่าเทียมกันได้ เชื้อที่มีการเจริญเติบโตช้ากว่ามีผลทำให้การยับยั้งเชื้อสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าของเชื้อที่มีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่า จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นระยะ Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* แต่สามารถเห็นระยะ Clear zone ของเชื้อ *S. aureus* นอกจากนี้ชิ้นผ้าที่ใช้ทดสอบหา Clear zone ของเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ไม่พบว่า มีเชื้อเจริญเติบโตภายใต้ชิ้นผ้าทดสอบ ซึ่งแตกต่างจากที่พบในการทดสอบเชื้อ *C. albicans*

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 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การเจริญเติบโตของเชื้อ *C. albicans* ค่อนข้างเจริญเติบโตช้ากว่าของเชื้อ *S. aureus* และ *K. pneumoniae* ทำให้ปริมาณการเกิดเชื้อของ *C. albicans* ภายใน 24 ชั่วโมงค่อนข้างน้อย จึงไม่สามารถมองเห็นเส้นเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน แต่ผ้าที่ใช้ทดสอบเชื้อ *C. albicans* จะพบการเจริญเติบโตของเชื้อใต้ชิ้นผ้าทดสอบ

จากผลการทดลองในตารางที่ 7-9 ภาวะของการตกแต่งสารไกลออกซอลมีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้วมีสมบัติกันยับและสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีและมีผลต่อความแข็งแรง และดัชนีความขาวไม่มากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ 6% หรือ 8% ปริมาณตัวเร่ง 1% และอุณหภูมิในการอบผืนกอยู่ในช่วง 130-150°C

4.6 ศึกษาผลของตัวแปรต่อสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ความขาว และการต้าน

เชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน

ขั้นตอนนี้ ได้นำผ้ามาตกแต่งด้วยไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.5% และ 0.8% การเตรียมสารละลายของไคโทซานทำได้โดย ชั่งไคโทซานตามปริมาณที่กำหนด แล้วนำมาละลายในกรดแอซิดิกที่ความเข้มข้น 1% หลังจากนั้นทำการอบแห้งผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้น นำผ้าที่ตกแต่งแล้วมาทดสอบหาองศาการคืนตัวต่อการยับ ความแข็งแรง ดัชนีความขาว และระดับการยับของผ้า ผลการทดสอบของสมบัติดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 10 นอกจากนี้ นำผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียวมาทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method และวิธี Clear zone ตามมาตรฐานของ AATCC 147-1988 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน แสดงไว้ในตารางที่ 11

จากผลการทดลองในตารางที่ 10 สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานมีดัชนีความขาวของผ้าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่ง ส่วนสมบัติด้านความแข็งแรงและองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้า ที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งด้วยไคโทซานมีผลไม่แตกต่างกันมาก ส่วนระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานค่อนข้างดีกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไคโทซานเป็นสารที่ชอบน้ำ เมื่อนำไปเคลือบลงบนผ้าอาจช่วยป้องกันการแตกหักของพันธะไฮโดรเจนของผ้าฝ้ายให้เกิดการแตกหักน้อยลง ทำให้เกิดการสร้างพันธะขึ้นมาใหม่ได้น้อยลง มีผลทำให้รอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าน้อยลง ทั้งนี้เพราะผ้าฝ้ายดูดซับน้ำโดยตรงได้น้อยลงเมื่อผ้ามีการเคลือบด้วยไคโทซาน เพราะไคโทซานดูดซับน้ำไปบางส่วน

นอกจากนี้การตกแต่งไคโทซานในปริมาณที่มากขึ้น มีผลทำให้ผ้าแข็งกระด้างมากขึ้น เพราะฉะนั้นถ้าผ้ามีความกระด้างองศาการคืนตัวก็肯定不会ดี มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน 0.5% มีองศาการคืนตัวที่ดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน 0.8%

ตารางที่ 10 ผลของสมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว

| ความเข้มข้น ของไคโทซาน % | องศาการคืน ตัวต่อการยับ(°) (เย็น+ฟุ้ง) | ความแข็งแรงที่ คงเหลือ (%) | | ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ (%) | ระดับการยับของ ผ้าหลังผ้าผ่านการ ซัก | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|-------|---------------------------------------|--|---------|
| | | เย็น | ฟุ้ง | | 1 ครั้ง | 2 ครั้ง |
| 0.0 | 191 | 100.0 | 100.0 | 100 | 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 |

ผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Shake flask method ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานได้สรุปไว้ในตารางที่ 11 ส่วนผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการทดสอบแบบหา Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานนั้นไม่มีระยะของ Clear zone ปรากฏขึ้นทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าไคโทซานที่อยู่บนผ้าในขณะที่ทำการทดสอบนั้น ไม่สามารถซึมผ่านผ้าออกมาเพียงพอ เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ มีผลทำให้เชื้อสามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ดีขึ้น และมีผลทำให้เชื้อเจริญเติบโตได้มากขึ้น ทำให้ผลการทดสอบที่ได้ไม่ปรากฏระยะของ Clear zone ของเชื้อทั้ง 3 ลักษณะของ Clear zone ที่เกิดขึ้นของเชื้อแสดงไว้ในรูปที่ 15

ส่วนผลการทดลองในตารางที่ 11 สรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานสามารถยับยั้งเชื้อ K.pneumoniae และ S.aureus จากการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method ได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งการยับยั้งของเชื้อดังกล่าวจะน้อยกว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว เมื่อความเข้มข้นของไคโทซานมากขึ้นไม่มีผลต่อการยับยั้งของเชื้อ K.pneumoniae แต่มีผลต่อการยับยั้งของเชื้อ S.aureus เพียงเล็กน้อย ส่วนเชื้อ C. albicans ซึ่งเป็นเชื้อที่แข็งแรงมากที่สุดที่ใช้ในการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์การที่เชื้อดังกล่าวมีความแข็งแรงมากนั้น อาจหมายความว่า จะต้องใช้ปริมาณสารค่อนข้างมาก หรือมีความเข้มข้นสูงเพื่อที่จะยับยั้งเชื้อดังกล่าว แต่สำหรับภาวะที่ทำการทดสอบไม่สามารถทำให้สารหลุดออกมาสัมผัสกับเชื้อตัวนี้มากพอ หรืออาจจะยังไม่รุนแรงเพียงพอที่จะไปยับยั้งเชื้อ C. albicans ได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ C. albicans เป็นศูนย์

ตารางที่ 11 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว
แบบวิธี Shake flask method

| ผ้าถูกตกแต่งด้วยไคโทซาน 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 |

รูปที่ 15. แสดงลักษณะของ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว

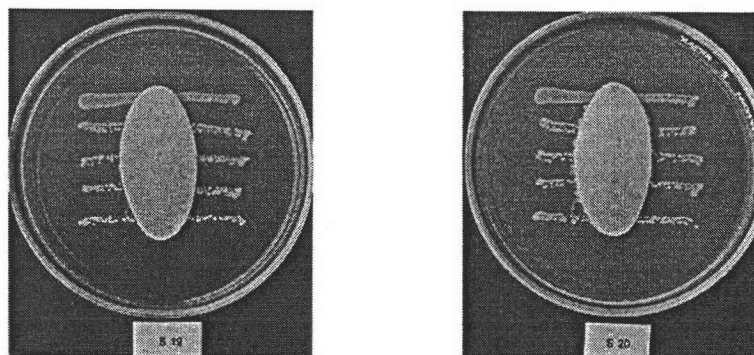
ผลการทดลองการต้านเชื้อ *C.albicans* แบบวิธี Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.5%(C19) และ 0.8%(C20)



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



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



4.7 ศึกษาผลของตัวแปรต่อสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ความขาว และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว

การทดลองในขั้นนี้เพื่อศึกษาผลของไคโทซานต่อสมบัติการเป็นสารกันยับของไกลออกซอล ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว แสดงสมบัติกันยับ ความแข็งแรง และความขาวแตกต่างกันอย่างไรบ้างกับสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว สมบัติที่ทดสอบของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานได้สรุปไว้ในตารางที่ 12 จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 7 และที่ 12 นำมาเปรียบเทียบผลด้วยกัน สรุปผลของไคโทซานต่อสมบัติการเป็นสารกันยับของไกลออกซอลได้ดังนี้

4.7.1 อองศาการคืนตัวต่อการยับ

อองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน แบบชั้นตอนเดียวมีความแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับอองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว การตกแต่งผ้าเมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 4% พบว่าไคโทซานมีผลทำให้อองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้าลดลงเพียงเล็กน้อย และความแตกต่างของอองศาการคืนตัวต่อการยับของผ้ายิ่งน้อยลง เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้ในการตกแต่งผ้ามากขึ้น จากผลที่ได้ อาจสามารถสรุปได้ว่าการใช้ไคโทซานในการตกแต่งผ้าร่วมกับไกลออกซอลไม่มีผลต่ออองศาการคืนตัวต่อการยับ ยกเว้นเมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 4% จะเห็นผลของไคโทซานต่อสมบัตินี้บ้างเล็กน้อย

4.7.2 ความแข็งแรงที่คงเหลือ

ความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว มีเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับสมบัติความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ไคโทซานช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว ทั้งนี้อาจเพราะไคโทซานที่ตกแต่งลงบนผ้าได้ไปเคลือบเส้นใยของผ้าฝ้ายทำให้เส้นใยแข็งแรงขึ้น หรืออาจเป็นเพราะว่าพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในโครงสร้างของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน แบบชั้นตอนเดียว เป็นร่างแหที่ยาวที่มีความยืดหยุ่นที่ดีกว่าของพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในโครงสร้างของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว พันธะร่างแหที่ยาวทำให้เกิดความเครียดที่น้อยกว่าพันธะร่างแหที่สั้น มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าดีขึ้น

ตารางที่ 12 ผลของสมบัติที่ทดสอบของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน
แบบขั้นตอนเดียว

| ไคโท ซาน % | ไกล ออก ซอล % | ตัวเร่ง % | อุณหภูมิ อบผืนก. (°C) | องศาการ คืนตัวต่อ การยับ (เย็น+พุง) | ความแข็งแรง ที่คงเหลือ (%) | | ดัชนี ความขาว ที่คงเหลือ | ระดับการยับของ ผ้าหลังการซัก | |
|------------------|------------------------|--------------|-----------------------------|--|----------------------------------|------|--------------------------------|---------------------------------|---------|
| | | | | | เย็น | 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 |

4.7.3 ดัชนีความขาว

ดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดียว มีความขาวของผ้าน้อยกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานที่ความเข้มข้นมาก ความขาวของผ้าที่ได้ยิ่งน้อยลง ทั้งนี้เพราะว่าไคโทซานมีแนวโน้มทำให้ผ้าเหลืองได้ด้วยตัวมันเอง เพราะสีของสารละลายไคโทซานเป็นสีเหลืองอ่อน ทำให้มีโอกาสที่ใช้ไคโทซาน

ตกแต่งลงบนผ้าแล้วมีผลทำให้ผ้าเหลือง ซึ่งถ้าดูจากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 9 ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานแล้วอบแห้งอย่างเดี่ยวที่ 100°C เป็นเวลา 2 นาที มีความขาวที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความขาวของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยอะไรเลย ความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอาจลดลงมากยิ่งขึ้น เมื่อผ้าผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น เพราะความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการทำลายโครงสร้างของผ้าได้ เพราะฉะนั้นผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดี่ยว มีดัชนีความขาวที่น้อยลงเมื่อใช้ไคโทซานที่ความเข้มข้นมากขึ้น และอุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น

4.7.4 ระดับการยับของผ้าหลังการซัก

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดี่ยว มีระดับการยับของผ้าที่ได้หลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้งและ 5 ครั้ง แตกต่างออกไปจากผลที่ได้โดยทั่วไปของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับอย่างเดี่ยวหลังผ้าผ่านการซัก 1 ครั้งและ 5 ครั้ง ทั้งนี้เพราะ โดยปกติผ้าที่ตกแต่งด้วยสารกันยับมีระดับการยับของผ้าอยู่ในเกรดที่น้อยลง เมื่อผ้าผ่านจำนวนครั้งที่ซักมากขึ้น แต่ระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดี่ยว มีระดับการยับที่ดีขึ้นเมื่อผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง เทียบกับผลที่ได้ของผ้าที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการซักมีผลทำให้สารบางชนิดหลุดออกไป จากการทดลองที่ได้นี้ สารที่หลุดออกปอนั้นน่าจะเป็นไคโทซาน เพราะไคโทซานที่ตกแต่งลงบนผ้ามีผลทำให้ผ้ากระด้างขึ้นหรือมีเนื้อมากขึ้น สังเกตได้จากการสัมผัสที่ผิวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดี่ยวมีความกระด้างหรือมีความเป็นเนื้อของผ้ามากกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดี่ยว ซึ่งลักษณะเช่นนี้อาจมีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าดีขึ้นได้เช่นกัน แต่เมื่อผ้าผ่านการซักมากกว่าหนึ่งครั้ง อาจมีผลทำให้ความกระด้างของผ้าที่ได้น้อยลง เพราะผ้ามีความนิ่มมากขึ้น การเกิดรอยยับบนผ้าที่นิ่มจะเป็นรอยยับที่ไม่ใหญ่เหมือนกับรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้ากระด้าง นอกจากนี้รอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่นิ่มอาจจะสังเกตเห็นไม่ชัดเจนเหมือนกับรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีความกระด้าง จากลักษณะรอยยับที่เกิดขึ้นบนผ้าที่มีผิวสัมผัสต่างกัน อาจมีผลต่อระดับการยับของผ้าได้ ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดี่ยวหลังผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง มีระดับการยับดีกว่าของผ้าที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง

4.7.5 การต้านเชื้อจุลินทรีย์

สารละลายผสมของไกลออกซอลและไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ทั้งที่มีตัวเร่งและไม่มีตัวเร่ง ได้นำมาทดสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method ผลการทดสอบการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายดังกล่าวที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 13 ผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าสารละลายผสมของไกลออกซอลและไคโทซาน ทุกความเข้มข้นที่ศึกษา (ทั้งที่มีตัวเร่งและไม่มี

ตัวเร่ง)สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ได้ 100% เพราะจากผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไกลออกซอลในตารางที่ 4 และผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายไคโทซานในตารางที่ 5 พบว่า เชื้อ *K. pneumoniae* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 100% เมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2% หรือ กรดแอสติคที่ 1% ขึ้นไป ทำให้ไคโทซานที่ละลายในกรดแอสติค 1% สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้โดยปริยาย ส่วนเชื้อ *S. aureus* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 100% เมื่อใช้ไกลออกซอลที่ความเข้มข้น 1% หรือ ไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.1% ขึ้นไป เพราะฉะนั้น สารละลายผสมของไกลออกซอลและไคโทซานที่ศึกษาในตารางที่ 13 มีความเข้มข้นที่มากพอ จึงมีผลทำให้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองได้ 100% ส่วนเชื้อ *C. albicans* สามารถถูกยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 100% เมื่อใช้ไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.5% ขึ้นไป แต่ความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้ในการวิจัยนี้ ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *C. albicans* ได้เลย และเมื่อนำสารละลายไกลออกซอลและไคโทซานมาผสมกับในภาวะที่ไม่มีตัวเร่งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. albicans* ได้หมด แต่สำหรับสารละลายผสมไกลออกซอลและไคโทซานที่มีตัวเร่งให้ผลการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้แตกต่างกันออกไปดังนี้

สารละลายผสมที่มีไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.5% กับไกลออกซอลทุกความเข้มข้นให้ผลการยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้ 100% หรือเกือบ 100% (92.7%) แต่เมื่อใช้สารละลายผสมที่มีไคโทซานเข้มข้น 0.8% กับไกลออกซอลทุกความเข้มข้นที่ศึกษา ให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 50% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในสารละลายผสมที่มีความเข้มข้นมาก อาจมีความเป็นกรดมาก ซึ่งเชื้อ *C. albicans* สามารถต้านต่อภาวะที่เป็นกรดได้เป็นอย่างดี ทำให้การยับยั้งของเชื้อดังกล่าว ในสารละลายผสมที่มีความเข้มข้นมากลดลงมาประมาณ 50% หรืออาจเป็นเพราะสารละลายผสมที่มีตัวเร่ง เมื่อทิ้งไว้นานจะเกิดเป็นวุ้นขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างไกลออกซอลและไคโทซาน ทำให้ปริมาณไคโทซานซึ่งเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *C. albicans* มีปริมาณที่เหลืออยู่น้อย และไม่สามารถจะยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้น เวลาที่ใช้สำหรับการดูดเอาสารละลายไปทดสอบหาเชื้อจุลินทรีย์ในสารละลายที่มีตัวเร่ง เป็นตัวแปรที่สำคัญมาก เพราะถ้าสารละลายผสมที่เตรียมไว้ถูกทิ้งไว้นานก่อนที่จะทำการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ มีผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาระหว่างไกลออกซอลและไคโทซานเกิดได้มาก ทำให้ไคโทซานหรือไกลออกซอลที่เป็นโมเลกุลอิสระเหลือน้อยลงไปเรื่อยๆ ซึ่งอาจมีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้การยับยั้งเชื้อ *C. albicans* อาจมีผลมาจากตัวเร่งเองก็ได้ ในสารละลายผสมที่มีความเข้มข้นของไคโทซานมากผสมอยู่กับไกลออกซอลและตัวเร่ง อาจมีผลทำให้การใช้ตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าในสารละลายผสมที่มีความเข้มข้นของไคโทซานน้อย ทำให้ในสารละลายผสมที่มีความเข้มข้นของไคโทซาน

น้อย อาจเหลือปริมาณตัวเร่งอยู่มากกว่า และอาจมีผลทำให้การยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ดีกว่า เหตุผลที่ให้เป็นคาดคะเนเท่านั้น เหตุผลดังกล่าวจะถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อมีการพิสูจน์ว่าตัวเร่งอย่างเดียวยังมีผลต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าวมาน้อยเท่าไร

ตารางที่ 13 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารละลายที่ประกอบด้วยไกลออกซอลและโคโทซาน ด้วยวิธี Shake flask method

| ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ทดสอบ | | | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | | |
|----------------------------------|------------------|----------------|--|----------------------|------------------|
| โคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | <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 | 51.1 | 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 | 50.2 | 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 | 50.8 | 100.0 | 100.0 |
| 0.5 | 8 | 0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 0.5 | 8 | 1 | 92.7 | 100.0 | 100.0 |

ส่วนการต้านเชื้อจุลินทรีย์บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโทซานแบบชั้นตอนเดียว ได้สรุปไว้ในตารางที่ 14 ซึ่งเป็นการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Shake flask method ส่วนในตารางที่ 15 เป็นผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Clear zone จากผลการทดลองในตารางที่ 14 สรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโทซานแบบชั้นตอนเดียว สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ได้พอสมควร ความเข้มข้นของโคโทซานที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่สามารถยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* ได้มากขึ้นเล็กน้อย แต่สำหรับเชื้อ *S. aureus* การเพิ่มขึ้นของโคโทซานหรือไกลออกซอลไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อดังกล่าวมากนัก แต่

การยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ยับยั้งได้น้อยมาก และความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ 8% ไม่สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เลย การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว ให้ผลของการยับยั้งเชื้อที่ทดสอบทั้ง 3 ชนิดดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน แบบชั้นตอนเดียวเล็กน้อย เพราะเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อของ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ไม่แตกต่างกันมาก แต่สำหรับเชื้อ *C. albicans* แตกต่างกันมาก เมื่อไกลออกซอลที่ใช้เท่ากับ 8% เพราะผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวสามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้อยู่ที่ประมาณ 30-40% แต่สำหรับผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวที่มีทั้งไกลออกซอล 8% และไคโทซาน ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้เลย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เมื่อปริมาณไกลออกซอลมากมีโอกาสเข้าทำปฏิกิริยากับไคโทซาน และหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าได้มากขึ้น ทำให้ไคโทซานที่เหลือน้อยลง ผ้าที่ตกแต่งด้วยภาวะดังกล่าวจึงไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *C. albicans* ได้เลย

ผลการทดลองในตารางที่ 15 สรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียวสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Clear zone ระยะเวลาความกว้างของ Clear zone กว้างมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลที่ใช้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานให้ผลการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว ซึ่งไม่สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เลยเพราะไม่แสดงการเกิดระยะของ Clear zone ขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ซึ่งแสดงการเกิดระยะ Clear zone ของเชื้อ *S. aureus* ได้อย่างเดียวเช่นกัน จากการทดสอบหาเชื้อแบบวิธี Clear zone พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ในระยะเวลาความกว้างของ Clear zone ที่เกิดขึ้นดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาความกว้างของ Clear zone ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว

จากผลการทดลองในตารางที่ 12 ที่ 14 และที่ 15 สามารถสรุปได้ว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียวให้ความแข็งแรงที่คงเหลือ และระดับการยับยั้งของผ้าดีกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว องค์การคีนตัวต่อการยับยั้งของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว มีองค์การคีนตัวที่น้อยกว่าเล็กน้อย ส่วนดัชนีความขาวน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลของสมบัติทั้งสองของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียวต้านได้น้อยกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว แต่ดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว

ส่วนการตกแต่งไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดียว ที่มีผลทำให้ผ้าที่ตกแต่งแล้ว มีสมบัติกันยับ ความแข็งแรงที่คงเหลือ และสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ดี และมีผลต่อ ด้ชนีความขาวไม่มากนัก น่าจะเป็นการตกแต่งด้วยไกลออกซอลที่ 6% และไคโทซานที่ 0.5% หรือ 0.8% ปริมาณตัวเร่ง 1% และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบผนึกอยู่ในช่วง 130-150°C

ตารางที่ 14 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน แบบขั้นตอนเดียวด้วยวิธี Shake flask method

| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอล และไคโทซานลงบนผ้า | | | | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | | |
|--|---------------|-------------|---------------------|---|---------------|-----------|
| ไคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | อุณหภูมิอบผนึก (°C) | C. albicans | K. pneumoniae | S. aureus |
| 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 |

ตารางที่ 15 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน
แบบชั้นตอนเดียวด้วยวิธี Clear zone method

| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอล และไคโทซานลงบนผ้า | | | | ความกว้างของระยะ Clear zone (mm) | | |
|---|--------------------|--------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|-----------|
| ไคโทซาน % | ไกลออก ซอล % | ตัวเร่ง % | อุณหภูมิ อบแห้ง (°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 |

4.8 ศึกษาผลของตัวแปรต่อสมบัติกันยับ ความแข็งแรง ความขาว และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน

ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน ได้สรุปไว้ในตารางที่ 16 การศึกษาในส่วนนี้ ทำเพื่อเปรียบเทียบวิธีการตกแต่งไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว จะมีผลอย่างไรบ้างต่อสมบัติต่างๆที่ทดสอบ รวมทั้งเปรียบเทียบสมบัติดังกล่าวกับสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล หรือไคโทซานอย่างเดียว

ตารางที่ 16. ผลของสมบัติที่ทดสอบได้ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน

| ไคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | อุณหภูมิอบผืน ($^{\circ}\text{C}$) | องศาการคืนตัวต่อการยับ (ยีน+ฟุง) | ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%) | | ดัชนีความขาวที่คงเหลือ (%) | ระดับการยับของผ้าหลังการซัก | |
|-------------|---------------|-------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------|----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | | 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 |

| ไคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | อุณหภูมิอบผง (°C) | องศาการคืบตัวต่อการยับ (เย็น+พุ่ง) | ความแข็งแรงที่คงเหลือ (%) | | ดัชนีความขาวที่คงเหลือ, (%) | ระดับการยับของผ้าหลังการซัก | |
|-------------|---------------|-------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------|------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | | เย็น | พุ่ง | | 1 ครั้ง | 5 ครั้ง |
| 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 |

4.8.1 องศาการคืบตัวต่อการยับ

การใช้ไคโทซานที่ 0.5% จะให้องศาการคืบตัวต่อการยับที่ดีกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไคโทซานที่ 0.8% ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน มีองศาการคืบตัวต่อการยับที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัตินี้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว แต่เมื่อความเข้มข้นของไกลออกซอลเพิ่มมากขึ้นมาอยู่ที่ 8% องศาการคืบตัวต่อการยับมีค่าใกล้เคียงกันมากไม่ว่าผ้าจะตกแต่งสำเร็จแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอน เมื่อเปรียบเทียบองศาการคืบตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอนกับสมบัตินี้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวพบว่า แบบ 2 ชั้นตอนให้องศาการคืบตัวต่อการยับที่ดีกว่าและจะให้ผลที่ดีกว่ามากเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบผงอยู่ที่ 130°C และ 140°C แต่ที่อุณหภูมิในการอบผงที่ 150°C องศาการคืบตัวต่อการยับที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่แบบ 2 ชั้นตอนให้ผลที่ดีกว่าเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบองศาการคืบตัวต่อการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซานอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน แบบ 2 ชั้นตอนให้ผลขององศาการคืบตัวต่อการยับที่ดีกว่ามาก

4.8.2 ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้า

การใช้ไคโทซานที่ 0.8% จะให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบการใช้ไคโทซานที่ 0.5% ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน การตกแต่งสำเร็จแบบชั้นตอนเดียวของไกลออกซอลและไคโทซาน มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าดีขึ้นค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่

ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวและของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน การตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอนของไกลออกซอลและไคโทซานบนผ้าให้ ความแข็งแรงที่คงเหลือแตกต่างกันค่อนข้างมาก อาจจะเป็นเพราะพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในผ้าที่ ตกแต่งสำเร็จแตกต่างกัน พันธะร่างแหที่เกิดขึ้นของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซาน แบบชั้นตอนเดียวน่าจะเป็นพันธะที่ยาวและมีความยืดหยุ่นมากกว่าพันธะร่างแหที่เกิดขึ้นในผ้าที่ ตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอน มีผลทำให้ความแข็งแรงของผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวมีความเครียด น้อยกว่า มีผลทำให้ความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวดีกว่า

4.8.3 ดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้า

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอน หรือชั้นตอนเดียวให้ค่าดัชนี ความขาวค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความขาวที่ได้จะน้อยกว่าค่าดัชนีความ ขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว แสดงว่าไคโทซานมีผลทำให้เกิดความเหลืองบน ผ้ามากขึ้น และเมื่อปริมาณการใช้ไคโทซานเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการอบผืนที่สูงขึ้น มีผลทำให้ ความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้ามีมากขึ้น

4.8.4 ระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก

ระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ชั้นตอนนั้น ให้ผล ระดับการยับที่ดีกว่าระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และของผ้าที่ตกแต่ง ด้วยไคโทซานอย่างเดียว แต่เมื่อเปรียบเทียบระดับการยับของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและ ไคโทซานแบบชั้นตอน แบบชั้นตอนเดียวมีแนวโน้มที่จะให้ระดับการยับของผ้าดีกว่าเล็กน้อย

สรุปในภาพรวมของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว และ แบบ 2 ชั้นตอน พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียวมีค่าความ แข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าการตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอน ส่วนองศาการคืนตัวต่อการยับและระดับการยับ ของผ้าหลังซักรับการตกแต่งแบบ 2 ชั้นตอนจะให้ผลที่ดีกว่า ส่วนดัชนีความขาวมีผลใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะผ้าจะตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอน จากผลการทดลองที่ได้นี้สามารถตอบ ประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ในโครงการได้ว่า มีความเป็นไปได้สำหรับการตกแต่งผ้าฝ้ายด้วย ไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว และเมื่อเปรียบเทียบสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วย ไกลออกซอลอย่างเดียวกับสมบัติของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบชั้นตอนเดียว และแบบ 2 ชั้นตอน พบว่าผ้าที่ตกแต่งแบบชั้นตอนเดียวให้ระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก และ ความแข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนองศาการคืนตัวต่อ การยับใกล้เคียงกัน แต่ดัชนีความขาวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล อย่างเดียวดีกว่าแบบ

ขั้นตอนเดียว ส่วนผ้าที่ตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน ให้ระดับการยับหลังผ้าผ่านการซัก และองศาการคืนตัวต่อการยับดีกว่าสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือดีกว่าเล็กน้อยเมื่อใช้ไคโทซานที่ 0.8% ส่วนดัชนีความขาวผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียวยังมีค่าที่ดีกว่าการตกแต่งแบบ 2 ขั้นตอน เพราะฉะนั้น ถ้าต้องการตกแต่งผ้าให้มีสมบัติกันยับดีในระดับหนึ่ง และดัชนีความขาวของผ้าอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าไม่เป็นปัจจัยสำคัญมากนัก สามารถใช้ไกลออกซอลอย่างเดียวในการตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้ายได้ และถ้าต้องการผ้าที่มีทั้งสมบัติกันยับที่ดีและความแข็งแรงที่คงเหลือของผ้าค่อนข้างดีด้วย แต่ปัญหาด้วยความเหลืองไม่เป็นปัจจัยที่สำคัญ สามารถตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดียวได้ และถ้าต้องการผ้าที่มีสมบัติกันยับค่อนข้างดีมากๆ เป็นปัจจัยหลัก ไม่คำนึงถึงความแข็งแรงที่คงเหลือและปัญหาความเหลืองที่เกิดขึ้นบนผ้ามากนัก หลังผ้าผ่านการตกแต่งสำเร็จแล้วสามารถตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบสองขั้นตอนได้

4.8.5 การต้านเชื้อจุลินทรีย์

ผลของตัวแปรต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ขั้นตอนผลการทดลองในตารางที่ 17 เป็นผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโคซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การต้านเชื้อจุลินทรีย์กับผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแบบขั้นตอนเดียวในตารางที่ 15 พบว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์แบบวิธี Shake flask method ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนหรือแบบ 2 ขั้นตอน ไม่ได้ให้ผลการลดลงของจุลินทรีย์ที่ได้แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จึงไม่อาจสรุปได้ว่าการตกแต่งแบบขั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ขั้นตอน แบบใดจะให้ผลการยับยั้งเชื้อได้ดีกว่ากัน สรุปได้แต่เพียงว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานยับยั้งเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. aureus* ได้ดีตามลำดับ ส่วนการยับยั้งเชื้อ *C. albican* สามารถยับยั้งได้น้อยมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Shake flask method

| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลและไคโทซานลงบนผ้า | | | | เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | | |
|---|---------------|-------------|----------------------|--|---------------|-----------|
| ไคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | อุณหภูมิอบผืนิก (°C) | C. albicans | K. pneumoniae | S. aureus |
| 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 เป็นผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ขั้นตอนด้วยวิธี Clear zone ผลที่ได้ในตารางดังกล่าวเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยสารดังกล่าวแบบขั้นตอนเดียวใน

ตารางที่ 16 พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโทซานแบบชั้นตอนหรือแบบ 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 แสดงว่าวิธีการตกแต่งผ้าด้วยไกลออกซอลและโคโทซานแบบชั้นตอนเดียวหรือแบบ 2 ชั้นตอนนั้น ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของไกลออกซอลและโคโทซานมากนัก

ตารางที่ 18. ผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโทซานแบบ 2 ชั้นตอนด้วยวิธี Clear zone method

| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอลและโคโทซานลงบนผ้า | | | | ความกว้างของระยะ Clear zone (mm) | | |
|---|---------------|-------------|---------------------|----------------------------------|---------------|-----------|
| โคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | อุณหภูมิอบแห้ง (°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 |

| ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งไกลออกซอล และโคโทซานลงบนผ้า | | | | ความกว้างของระยะ Clear zone (mm) | | |
|---|------------------|----------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|
| โคโทซาน (%) | ไกลออกซอล (%) | ตัวเร่ง (%) | อุณหภูมิ อบแห้ง (°C) | C. albicans | K. pneumoniae | S. aureus |
| 0.8 | 8 | 1 | 150 | | | 6.8 |
| 0.5 | 8 | 1 | 150 | | | 10.0 |
| 0.5 | 8 | 1 | 140 | - | - | 9.9 |
| 0.5 | 8 | 1 | 150 | - | - | 7.8 |

เนื่องจากผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 6% ให้สมบัติต้านยับ และการต้านเชื้อจุลินทรีย์ค่อนข้างดี และไม่กระทบต่อความแข็งแรงที่คงเหลือและดัชนีความขาวที่คงเหลือของผ้ามากนัก จึงเลือกเอาผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 6% กับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอล 6% และโคโทซาน 0.5% และ 0.8% แบบขั้นตอนเดียวและแบบ 2 ขั้นตอนมาทดสอบความคงทนต่อการซักในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้า ซึ่งผลการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์จะทำการทดสอบเฉพาะเชื้อแบคทีเรียเท่านั้น เพราะเชื้อ *C. albicans* ไม่สามารถยับยั้งได้ดีนักจากการใช้ไกลออกซอลและหรือโคโทซาน จึงไม่นำมาทดสอบความคงทนต่อการซักในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ผลการทดสอบความคงทนต่อการซักในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ในวงเล็บเป็นค่าการต้านเชื้อจุลินทรีย์หลังผ้าผ่านการซัก 5 ครั้ง และอีกค่าเป็นค่าการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าก่อนการซัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19. การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จก่อนซักและหลังซัก

| | ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ | เปอร์เซ็นต์การลดลงของ เชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | |
|-----|--|---|-------------|
| | | K. pneumoniae | S. aureus |
| 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) |

| | ภาวะที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จ | เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction) | |
|-----|---|---|-------------|
| | | K. pneumoniae | S. aureus |
| 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 ชนิดของผ้าก่อนและหลังการซักอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบขั้นตอนเดียว พบว่าการยับยั้งเชื้อ K. pneumoniae ของผ้าหลังการซักจะดีกว่าเล็กน้อยเฉลี่ยประมาณ 10.9% เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อ K. pneumoniae ของผ้าก่อนการซัก ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นถือว่าน้อย ส่วนการยับยั้งของเชื้อ S. aureus ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน 0.8% ผ้าหลังผ่านการซักยับยั้งเชื้อ S. aureus ได้น้อยลงเฉลี่ยประมาณ 9.7% ส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน 0.5% ผ้าหลังผ่านการซักจะมีแนวโน้มการยับยั้งเชื้อ S. aureus ได้ดีขึ้นเล็กน้อยเฉลี่ยประมาณ 11%

ผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ขั้นตอน พบว่า ผ้าหลังผ่านการซักสามารถยับยั้งเชื้อ S. aureus ได้น้อยลงเฉลี่ยประมาณ 11.7% เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อ S. aureus ของผ้าก่อนการซัก ส่วนเชื้อ K. pneumoniae พบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน 0.5% สามารถยับยั้งเชื้อได้ดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อผ้าผ่านการซักเฉลี่ยประมาณ 6.4% แต่สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโทซาน 0.8% การยับยั้งเชื้อ K. pneumoniae ได้น้อยลงเมื่อผ้าผ่านการซักเฉลี่ยประมาณ 19.6% ซึ่งมีความแตกต่างกันมากที่สุด

ถึงแม้การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าก่อนและหลังการซัก จะแตกต่างกันบ้าง แต่ความสามารถในการยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว และการยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลกับไคโทซานแบบขั้นตอนเดียว มีแนวโน้มที่จะยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้ประมาณ 50% ทั้งผ้าก่อนซักและผ้าหลังซัก สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและไคโทซานแบบ 2 ขั้นตอน นั้นพบว่าผ้าก่อนการซักสามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองได้ประมาณ 50% ขึ้นไป แต่ผ้าหลังการซักสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้น้อยกว่า 50% ผลที่ได้จึงสรุปได้ว่า การซักมีผลต่อการ

ด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโชนแบบ 2 ชั้นตอ น มากกว่าผลที่มีต่อการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลและโคโชนแบบชั้นตอ น เดียว และผลที่มีต่อการด้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไกลออกซอลอย่างเดียว



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย