



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน)

ปริญญา

เกษตรเขตร้อน

เกษตรเขตร้อน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การยับยั้งแบคทีเรียของสีธรรมชาติบางชนิดบนผ้าฝ้าย

Antibacterial Activity of Selected Natural Dyes on Cotton Fabric

นามผู้วิจัย นางสาวเจลิษา หมัดอ้วน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขจีรัส ภิรมย์ธรรมศิริ, Ph.D)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ไพศาล คงกาญจนาย, Ph.D)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ ประภา ศรีพิจิตต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การยับยั้งแบคทีเรียของสีธรรมชาติบางชนิดบนผ้าฝ้าย

Antibacterial Activity of Selected Natural Dyes on Cotton Fabric

โดย

นางสาวเฉลียว หมดอิ้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจลิชว หมดอัว 2554: การยับยั้งแบคทีเรียของสิธรรมาดิบางชนิดบนผ้าฝ้าย ปริญาปรัญญาคุณิ
บัณฑิต (เกษตรเขตรอน) สาขาเกษตรเขตรอน โครงการสหวทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรัฐ ภิรมย์ธรรมศิริ, Ph.D. 120 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิธรรมาดิชนิด
ต่าง ๆ และศึกษาสิและความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิจากเปลือกมังคุด วิเคราะห์ข้อมูลโดย
ใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant
Difference

จากการทดลองการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายเชื่อมสิธรรมาดิชนิดต่าง ๆ พบว่า มีเพียงผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วย
สิจากเปลือกมังคุด และหมาก สามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้

จากการทดลองเชื่อมผ้าฝ้ายด้วยสิจากเปลือกมังคุด โดยใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน พบว่า
สัดส่วนวัสดุ:ต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดน้ำสีมีผลต่อค่าสิ และการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .01 สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 ให้ค่า L* ต่ำสุด และให้ค่า K/S สูงสุด สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 ให้ค่า a* b* C*
และ h* สูงสุด สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด

จากการทดลองเชื่อมผ้าฝ้ายด้วยสิจากส่วนต่างๆของเปลือกมังคุด พบว่า 1) ก่อนการซักและอบแสง ผ้า
ฝ้าย ที่เชื่อมด้วยสิจากเปลือกนอก เปลือกในและเปลือกรวม มีค่าสิ และขนาดบริเวณที่ยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus*
aureus แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิจากเปลือกรวม มีค่า L* ต่ำสุด มีค่า
a* b* C* h* K/S และขนาดบริเวณที่ยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* สูงสุด 2) หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่เชื่อม
ด้วยสิจากเปลือกนอก เปลือกในและเปลือกรวม มีค่าสิ และขนาดบริเวณที่ยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus*
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิจากเปลือกรวม มีค่า L* ต่ำสุด มีค่า a* b* C*
h* K/S และขนาดบริเวณที่ยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* สูงสุด 3) หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิ
จากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่าสิ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่เชื่อม
ด้วยสิจากเปลือกรวม มีค่า L* ต่ำสุด มีค่า a* b* C* h* และ K/S สูงสุด ไม่มีสิจากส่วนใดสามารถยับยั้งเชื้อ
Staphylococcus aureus ได้ 4) หลังการอบแสงผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิจากเปลือกนอก เปลือกในและเปลือกรวม มีค่า
สิแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสิจากเปลือกรวม มีค่า L* ต่ำสุด มีค่า a*
b* C* และ K/S สูงสุด ไม่มีสิจากส่วนใดสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้

Chaliew Maud-ew 2011: Antibacterial Activity of Selected Natural Dyes on Cotton Fabric.

Doctor of Philosophy (Tropical Agriculture), Major Field: Tropical Agriculture, Interdisciplinary

Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Kajjarus Piromthamsiri, Ph.D. 120 pages.

The objectives of this research were to study the antibacterial activity of cotton fabric dyed with various natural dyes, and to study the colours and antibacterial activity of cotton fabric dyed with the dye from mangosteen husk. Data were analyzed using one-way analysis of variance and Least Significant Difference.

From the experiment on antibacterial activity of cotton fabric dyed with various natural dyes, it was found that only the cotton dyed with the dyes from mangosteen husk and betel nut had antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*.

From the experimental dyeing cotton with the dye from mangosteen husk using different ratios of materials in the dye extraction, it was found that the colour values and antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* were significantly affected by the ratios of material: water used at .01 level. The 1:3 ratio yielded the highest K/S value. The 1:5 ratio yielded the highest a* b* C* and h* values. The 1:3 ratio yielded the highest antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*.

From the experimental dyeing cotton with the dyes from various parts of mangosteen husk, it was found that 1) before washing and light exposure, the cotton dyed with the dye from inner, outer, and mixed husk significantly had different colour values and antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* at .01 level. The cotton dyed with the dye from mixed husk had the lowest L* value but had the highest a* b* C* h* K/S values, and also showed the best result in antibacterial activity. 2) After 5 washes, the cotton dyed with the dye from outer, inner, and mixed husk significantly had different colour values and antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* at .01 level. The cotton dyed with the dye from mixed husk had the lowest L* value but had the highest a* b* C* h* K/S values and showed the best antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*. 3) After 10 washes, the cotton dyed with the dye from outer, inner, and mixed husk significantly had different colour values at .01 level. The cotton dyed with the dye from mixed husk had the lowest L* value but had the highest a* b* C* h* and K/S values. No dye from any part of mangosteen husk had antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*. 4) After the light exposure, the cotton dyed with the dye from outer, inner, and mixed husk significantly had different colour values at .01 level. The cotton dyed with the dye from the mixed husk had the lowest L* value but had the highest a* b* C* h* and K/S values. No dye from any part of mangosteen husk had antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจีรัส ภิรมย์ธรรมศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล คงคาอุบลยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธิลักษณ์ ไกรสุวรรณ ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.วันดี ไทยพานิช ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาแนะนำ ให้คำปรึกษา และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาต่อ เพื่อพัฒนาอาจารย์

ขอขอบคุณอาจารย์ณนุช ศศิธร และน้องๆ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการช่วยทดสอบคุณภาพสีในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ณัฐพันธ์ เลิศโอภาส คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทุกด้านจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกท่าน ที่กรุณาสันับสนุน ให้โอกาสในการศึกษาต่อและทำงานแทนในบางช่วงเวลา ขอขอบคุณทุกกำลังใจ ทุกความช่วยเหลือ และทุกแรงสนับสนุน จากคุณแม่และครอบครัว เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ตลอดจนเพื่อนร่วมงานจากคณะต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน และเป็นกำลังใจอย่างมาก จนการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

เจลิยา หมัดอิว

มิถุนายน 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	86
สรุป	86
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	100
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	120

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติชนิดต่าง ๆ	41
2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติชนิดต่าง ๆ	42
3	ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	44
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	46
5	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	49
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	50
7	ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการชักและอบแสง	51
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการชักและอบแสง	53
9	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการชักและอบแสง	56
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการชักและอบแสง	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ค่าเฉลี่ย $L^* a^* b^* C^* h^*$ และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง	58
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย $L^* a^* b^* C^* h^*$ และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง	63
13	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	66
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง	67
15	ค่าเฉลี่ย $L^* a^* b^* C^* h^*$ และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 10 ครั้ง	68
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย $L^* a^* b^* C^* h^*$ และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 10 ครั้ง	73
17	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	76
18	ค่าเฉลี่ย $L^* a^* b^* C^* h^*$ และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังอาบแสง	77
19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย $L^* a^* b^* C^* h^*$ และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังอาบแสง	82
20	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอาบแสง	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีธรรมชาติชนิดต่าง ๆ	102
2 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	103
3 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	103
4 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	104
5 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	104
6 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	105
7 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	105
8 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
9 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง	106
10 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง	107
11 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง	107
12 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง	108
13 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง	108
14 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง	109
15 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและอาบแสง	109
16 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
17	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	110
18	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	111
19	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	111
20	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	112
21	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	112
22	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง	113
23	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	113
24	ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
25 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	114
26 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	115
27 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	115
28 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง	116
29 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอาบแสง	116
30 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอาบแสง	117
31 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอาบแสง	117
32 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอาบแสง	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
33 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง	118
34 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง	119

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างทั่วไปของฟลาโวนอยด์	5
2	โครงสร้างของสารสีกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด	6
3	โครงสร้างของหน่วยไอโซเพนเทน	6
4	โครงสร้างของสารสีกลุ่มเทอร์ปีนอยด์บางชนิด	7
5	โครงสร้างทั่วไปของสารแอนทราควิโนน และแนพทราควิโนน	7
6	โครงสร้างของสารสีแอนทราควิโนน และแนพทราควิโนนบางชนิด	8
7	โครงสร้างของสารสีแอลคาลอยด์บางชนิด	8
8	โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส	23
9	ค่า L^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและ หลังการซัก 5 ครั้ง	59
10	ค่า a^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและ หลังการซัก 5 ครั้ง	59
11	ค่า b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและ หลังการซัก 5 ครั้ง	60
12	ค่า C^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและ หลังการซัก 5 ครั้ง	61
13	ค่า h^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและ หลังการซัก 5 ครั้ง	61
14	ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและ หลังการซัก 5 ครั้ง	62
15	ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด <i>Staphylococcus aureus</i> ของ ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง	67
16	ค่า L^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ค่า a^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง	69
18	ค่า b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง	70
19	ค่า C^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง	71
20	ค่า h^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง	71
21	ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง	72
22	ค่า L^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และหลังการอาบแสง	78
23	ค่า a^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และหลังการอาบแสง	78
24	ค่า b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และหลังการอาบแสง	79
25	ค่า C^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และหลังการอาบแสง	80
26	ค่า h^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และหลังการอาบแสง	80
27	ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และหลังการอาบแสง	81

การยับยั้งแบคทีเรียของสีธรรมชาติบางชนิดบนผ้าฝ้าย

Antibacterial Activity of Selected Natural Dyes on Cotton Fabric

คำนำ

การย้อมสีสิ่งทอ เป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตผ้าที่ทำให้ผืนผ้ามีความสวยงาม น่าใช้ สีที่ใช้ย้อมสิ่งทอ โดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ สีสังเคราะห์และสีธรรมชาติ สีสองกลุ่มนี้มีลักษณะและความสวยงามแตกต่างกัน สีสังเคราะห์เป็นสีที่ย้อมง่ายให้สีที่สดใส แต่ก่อให้เกิดมลภาวะ ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากวัตถุดิบสีย้อมหลายชนิดมีความเป็นพิษสูง (นันทยา, 2539) การใช้สีธรรมชาติ เป็นภูมิปัญญาของมนุษย์ที่สืบทอดมาแต่โบราณ สีธรรมชาติเป็นสีที่ไม่ฉูดฉาด เย็นตา สวยงามและมีเสน่ห์ ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิคการย้อมให้มีคุณภาพสูงขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค วัสดุที่ใช้ย้อมได้จากพืช สัตว์ และแร่ธาตุ (พินัย และ ชวนพิศ, 2548; Siva, 2007) สีที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากพืช ซึ่งได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก แก่น เปลือก ใบ ดอกและผล พืชที่นิยมนำมาย้อมและให้สีแตกต่างกัน ได้แก่ รากยอ รากเข็มและแก่นฝางให้สีแดง ขมิ้น ดอกคำฝอย แก่นแก่และดอกดาวเรืองให้สีเหลือง ต้นครามและฮ่อมให้สีน้ำเงิน ใบหูกวาง ใบย่านาง ใบขมิ้นและใบสักให้สีเขียว เปลือกมังคุดและเปลือกไม้โกงกาง ให้สีน้ำตาลมะเกลือและสมอให้สีดำ เป็นต้น (ศิริ, 2535; พิศศักดิ์และคณะ, 2544) พืชเหล่านี้นอกจากจะให้สีแล้ว ยังมีสารชนิดอื่นที่ทำให้เกิดคุณสมบัติพิเศษ เช่น เปลือกมังคุดและใบฝรั่ง มีสารแทนนิน (tannin) ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ (วันดี, 2541) ขมิ้นมีสารเซสควิเทอร์ปีนส์ (sesquiterpenes) และสารเซสควิเทอร์ปีนส์ คีโตน (sesquiterpenes ketones) มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ใบขมิ้นมีสารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สารประกอบเคมีในพืชเหล่านี้ สามารถช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อนำพืชมาย้อมผ้า นอกจากจะทำให้ผ้ามีความสวยงามแล้ว ยังส่งผลให้ผ้ามีสมบัติพิเศษ โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัย ซึ่งนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอในกลุ่มสิ่งทอเพื่อสุขภาพได้หลายชนิด

แบคทีเรีย (bacteria) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีทั้งชนิดที่ให้เป็นประโยชน์และให้โทษ คือ เป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ แบคทีเรียอาศัยอยู่ในทุกแห่งรวมทั้งในร่างกายและเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม หากเกิดการอักเสบหรือเปราะเปื้อนสิ่งสกปรกและไม่ได้รับการทำความสะอาดที่ถูกต้อง ก็จะทำให้เกิดการเจริญบนผ้าได้ และจะเกิดได้ดีในเสื้อผ้า

เครื่องนุ่งห่มที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติจากพืช เช่น ฝ้าย ลินิน เพราะเส้นใยเหล่านี้มีความสามารถในการดูดความชื้นดี มีองค์ประกอบทางเคมีที่รวมตัวกันเป็นสารอาหารของแบคทีเรีย จึงทำให้แบคทีเรียเจริญได้อย่างรวดเร็ว (Singh *et al.*, 2005) เชื้อแบคทีเรียที่มักพบบนผ้า ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* และ *Bacillus subtilis* เป็นต้น (Seitz, 2005) เชื้อเหล่านี้บางชนิดจะก่อให้เกิดการอักเสบของผิวหนัง เกิดโรคกลาก เกื้อื้อน และเชื้อราบนผิวหนัง รวมทั้งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์บนผ้าได้ ทำให้ต้องมีการป้องกันการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนผ้า การป้องกันไม่ให้เชื้อแบคทีเรียเจริญบนผ้ากระทำได้โดยการซักทำความสะอาดเสื้อผ้า การตกแต่งด้วยสารยับยั้งแบคทีเรีย และการใช้สีย้อมผ้าโดยเฉพาะสีย้อมธรรมชาติจากพืชที่มีสารยับยั้งแบคทีเรียได้ (Gupta and Laha, 2007; Dhandapani and Sarkar, 2007; Siva, 2007)

สีย้อมธรรมชาติจากพืชเป็นสีที่ใช้กันมานานจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นพืชให้สีที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ซึ่งมีหลากหลายชนิดตามฤดูกาล พืชที่ใช้เป็นสีย้อมเหล่านั้น บางชนิดมีสารประกอบเคมีที่มีสรรพคุณในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาชนิดของสีย้อมธรรมชาติที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้าย โดยผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทาง ในการผลิตเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มที่มีความปลอดภัยหรือสิ่งทอเพื่อสุขภาพ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาความเจ็บป่วยที่มีสาเหตุมาจากเชื้อแบคทีเรีย และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มของการใช้สีย้อมธรรมชาติที่เป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของไทยตามแนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติชนิดต่าง ๆ
2. ศึกษาสีและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังต่อไปนี้
 - 2.1 ศึกษาและเปรียบเทียบสีและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดสีต่างกัน
 - 2.2 ศึกษาและเปรียบเทียบสีและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด

การตรวจเอกสาร

สีธรรมชาติ

ความสำคัญของสีธรรมชาติ

สุริย์และคณะ (2548) ได้อธิบายว่า สีธรรมชาติ คือ รงควัตถุ (pigment) สังกะสีที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะอยู่ในรูปของเซลล์หรือปล่อยออกมานอกเซลล์ สามารถละลายน้ำ และให้สีกับเส้นใยได้ สีธรรมชาติอาจจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือไม่ละลายน้ำก็ได้ สีธรรมชาติที่อยู่ในรูปของสารละลายน้ำที่มีสีภายในพืช สามารถสกัดได้โดยการต้มหรือแช่น้ำ มีกระบวนการย้อมสีรวดเร็วและไม่ซับซ้อน ส่วนสีธรรมชาติที่อยู่ในรูปสารไม่ละลายน้ำต้องอาศัยการหมัก เพื่อเปลี่ยนเป็นสารที่ละลายได้ ซึ่งทำให้กระบวนการย้อมซับซ้อนต้องใช้เวลาานาน เช่น การย้อมสีคราม (indigo) (ผ่องศรี, 2540; Parrott, 1979)

มนุษย์รู้จักใช้สีธรรมชาติย้อมผ้ามาตั้งแต่โบราณ สีธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากพืชหรือสัตว์ และแร่ธาตุ (เทียนศักดิ์, 2539) การย้อมสีแต่ละครั้งจะได้สีไม่เหมือนเดิม ถึงแม้ว่าจะนำวัตถุดิบมาจากแหล่งเดียวกันก็ตาม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น ฤดูกาล อายุการเก็บ ความสด หรือความแห้งของวัตถุดิบ สีธรรมชาติที่ใช้ย้อมผ้า ส่วนใหญ่เป็นสีที่ได้จากพืช โดยได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น แก่น เปลือก ใบ ดอก และเมล็ด ซึ่งศิริและคณะ (2536) ได้รวบรวมไว้ดังนี้

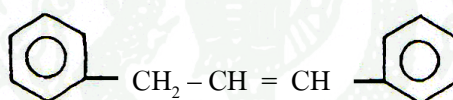
สีส้มแดง	จากทองกวาวและเทียนกิ่ง
สีแดง	จากคำแสด ฝาง และรากขยอ
สีม่วง	จากประดู่ และต้นสา
สีเขียว	จากใบหูกวาว ทับทิม เพกา ย่านาง สมอพิเภก แก้ว ส้มป่อย และสบู่เลือด
สีน้ำตาล	จากโกงกางใบเล็ก และประดู่ป่า
สีดำ	จากนนทรี ลูกกระเจา และมะเกลือ
สีน้ำเงิน	จาก คราม อัญชัน ช่อม และลูกหว้า
สีเหลือง	จากคำฝอย แก้ว ขมิ้น ดาวเรือง และตะเคียนหนู

สารให้สีในพืช

สีของธรรมชาติ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนประกอบด้วยธาตุคาร์บอนต่ออยู่กับอะตอมของธาตุอื่น ๆ ส่วนมากเป็นไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และกำมะถัน จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ (organic compound) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นวงและมีโครงสร้างหลักประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน (benzene ring) หรือเบนโซควิโนอยด์ ไฮโดรคาร์บอน (benzoquinoid hydrocarbon)

การที่พืชต่าง ๆ ให้สีที่ปรากฏให้เห็นต่างกัน มีผลมาจากในพืชเหล่านั้นมีสารให้สีที่ต่างกัน สารให้สีจากธรรมชาติแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างได้ดังนี้ (เทียนศักดิ์, 2536; Siva, 2007)

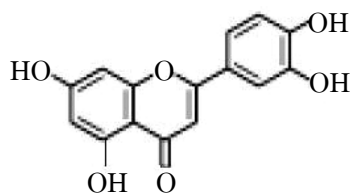
1. ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นกลุ่มสารให้สีที่ใช้เป็นสีผสมกันมาก มักมีสีเหลืองถึงส้ม เหลือง มีสูตรโครงสร้างทั่วไปดังแสดงในภาพที่ 1 ตัวอย่างเช่น ลูทีลิน (luteolin) จากต้นเวลด์ (weld) ซึ่งเป็นพืชในตระกูลเทียนกิ่ง (reseda luteola) ให้สีเหลือง เควอซิทิน (quercetin) จากเปลือกหอมหัวใหญ่ ให้สีเหลืองเข้ม มอร์ริน (morin) จากแก่นขนุน แก่นแกลเลให้สีเหลืองเข้ม มีสูตรโครงสร้าง ดังภาพที่ 2



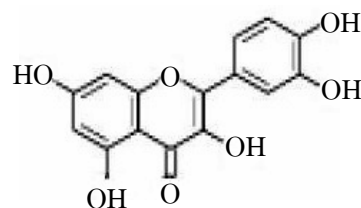
ฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

ภาพที่ 1 โครงสร้างทั่วไปของฟลาโวนอยด์

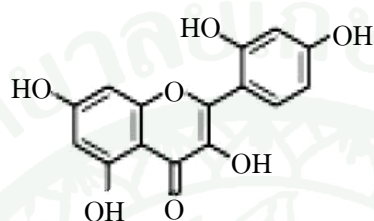
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)



ลูทีลีน (luteolin)



เควอซีทิน (quercetin)

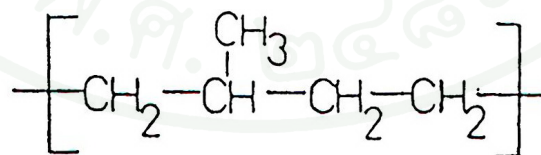


มอร์รีน (morin)

ภาพที่ 2 โครงสร้างของสารสีกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด

ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)

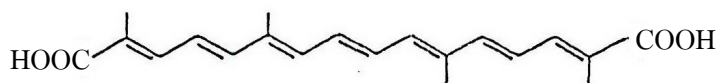
2. คาโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นสารประกอบลิพิดชนิดหนึ่งที่เรียกว่า เทอร์ปีน (terpene) เมื่อมีออกซิเจนในโมเลกุลด้วยเรียก เทอร์ปีนอยด์ (terpenoid) หรือ ไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid) สารในกลุ่มนี้มีชีวิตสังเคราะห์มาจากหน่วยไอโซเพนเทน (isopentane unit, C_5) ดังแสดงในภาพที่ 3 ตัวอย่างเช่น โครซีติน (crocetin) จากหญ้าฝรั่น (saffron) มีสีเหลือง บixin จากแมล็ดคำแสด ให้สีส้ม-แดง ก่อนข้างคงตัวต่อแสง ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน ต่อกรดและด่างรวมทั้งเชื้อจุลินทรีย์ สารในกลุ่มนี้จะผันผวนคู่สลับกับพันธะเดี่ยวมาก ดังแสดงในภาพที่ 4



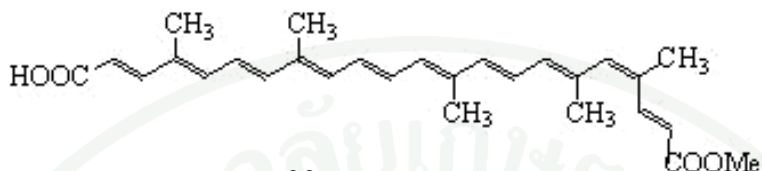
หน่วยไอโซเพนเทน (isopentane unit)

ภาพที่ 3 โครงสร้างของหน่วยไอโซเพนเทน

ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)



โครซีติน (crocetin)

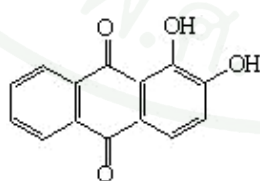
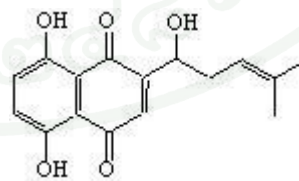


บิซิน (bixin)

ภาพที่ 4 โครงสร้างของสารสีกลุ่มเทอร์ปีนอยด์บางชนิด

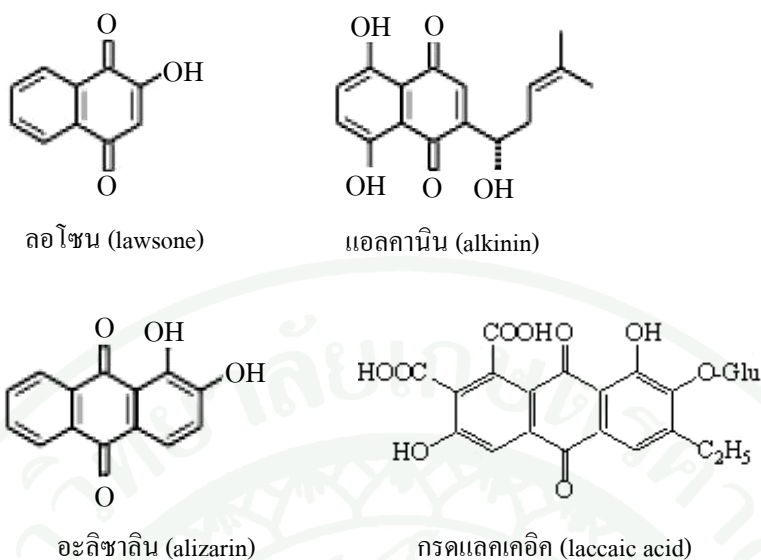
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)

3. แอนทราควิโนนและแนพทราควิโนน (anthraquinones and naphthraquinones) ซึ่งมีโครงสร้างทั่วไปดังในภาพที่ 5 เป็นสารให้สีแดง สารแอนทราควิโนนที่นำมาใช้เป็นสีย้อม ได้แก่ อะลิซาลิน (alizarin) จากรากต้นไม้จำพวกเข็ม (madder) และจากแก่นของต้นยอ กรดแลกเคอิก (laccic acid) จากครั่ง ส่วนแนพทราควิโนนจากเปลือกมันฮ่อให้สีเขียวถึงน้ำตาล ลอโซน (lawsone) จากใบเทียนกิ่งให้สีน้ำตาลปนแดงและ แอลคานิน (alkanin) จากต้นแอลคานेत (alkanet) ให้สีแดง สารสีเหล่านี้มีสูตรโครงสร้างดังในภาพที่ 6 สารกลุ่มแอนทราควิโนน เป็นสารที่มีสีแดง-ส้ม แต่อาจพบได้ตั้งแต่สีเหลือง-น้ำตาล แอนทราควิโนนละลายได้ดีในน้ำด่างให้สีชมพู-แดง ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เบนซีน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม สารแอนทราควิโนนเกือบทุกชนิดมีจุดหลอมเหลวสูง

แอนทราควิโนน
(anthraquinones)แนพทราควิโนน
(naphthraquinones)

ภาพที่ 5 โครงสร้างทั่วไปของแอนทราควิโนน และแนพทราควิโนน

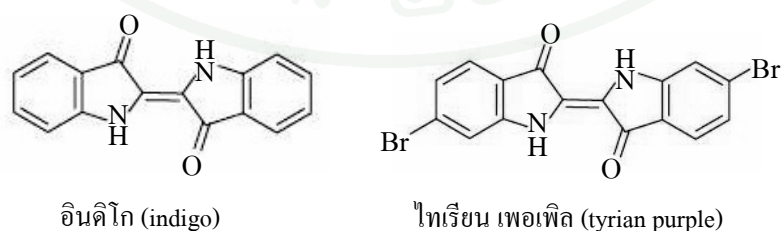
ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)



ภาพที่ 6 โครงสร้างของสารสีแอนทราควิโนนและแนพทราควิโนนบางชนิด

ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)

4. แอลคาลอยด์ (alkaloids) แอลคาลอยด์เป็นสารกลุ่มที่พบในพืชชั้นสูง พบบ้างในพืชชั้นต่ำ ในสัตว์และในจุลินทรีย์ เป็นกลุ่มสารที่นำมาใช้มากเพื่อเป็นยารักษาโรคและมีจำนวนไม่น้อยที่เป็นสารพิษ ปัจจุบันพบแอลคาลอยด์มากกว่า 5,000 ชนิด ตามปกติใน โมเลกุลของแอลคาลอยด์จะพบไนโตรเจนด้วย แอลคาลอยด์แต่ละชนิดจะมีความเป็นกรดต่างมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมของไนโตรเจนในโมเลกุล ประเภทของหมู่เอมีน ตลอดจนชนิดและจำนวนของหมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะที่มีอยู่ในโมเลกุลนั้น สารกลุ่มแอลคาลอยด์ที่ใช้เป็นสีย้อมได้แก่ อินดิโก (indigo) จากต้นคราม และส้อมซึ่งให้สีน้ำเงิน และไทเรียน (tyrian) ที่สกัดได้จากหอยสังข์หนาม (shellfish) อยู่ตามแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนซึ่งให้สีม่วงแดง มีสูตรโครงสร้าง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 โครงสร้างของสารสีแอลคาลอยด์บางชนิด

ที่มา: เทียนศักดิ์ (2536)

สารประกอบทางเคมีในพืช

พืชนอกจากจะมีสารที่ทำให้เกิดสีแล้ว ยังพบว่า มีสารประกอบทางเคมีอีก 2 ประเภท (วลัญช์, 2546) ได้แก่

1. สารประกอบที่เป็นสารอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่
2. สารประกอบไม่ใช่สารอาหาร ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่พืชสร้างขึ้น มีสมบัติเฉพาะตัว ปัจจุบันมีบทบาทในการป้องกันและรักษาโรคบางชนิดได้ สารประกอบทางเคมีเหล่านี้เรียกว่า สารสังเคราะห์จากพืชหรือพฤษเคมี (phytochemicals) ได้แก่
 - 2.1 น้ำมันหอมระเหย (volatile oil) พบมากในพืชเขตร้อน มีลักษณะเป็นน้ำมัน มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว ระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิปกติ เบากว่าน้ำ สามารถสกัดจากพืชได้ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ มีประโยชน์ด้านขับลม แก้ท้องอืด
 - 2.2 แอลคาลอยด์ (alkaloid) เป็นสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คุณสมบัติคือส่วนใหญ่มีรสขม ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในสารอินทรีย์ มีฤทธิ์เป็นด่าง มีประโยชน์ในการรักษาโรคอย่างกว้างขวาง เช่น เป็นยาชาเฉพาะที่ ยาแก้ไอ ยาแก้หอบหืด ฯลฯ
 - 2.3 ไกลโคไซด์ (glycosides) เป็นสารอินทรีย์ที่มีอะไกลคอน(aglycone) และน้ำตาลเป็นองค์ประกอบมีทั้งประโยชน์และพิษต่อร่างกาย คาร์ดิแอก ไกลโคไซด์ (cardiac glycosides) ในยี่โถ มีฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด แอนทราควิโนน ไกลโคไซด์ (anthraquinone glycosides) ในใบชุมเห็ดเทศ และว่านหางจระเข้ เป็นยาระบาย ยาฆ่าเชื้อ และสีย้อม ไชยาโนเจนเนติก ไกลโคไซด์ (cyanogenetic glycosides) ย่อยแล้วกลายเป็นไซยาไนด์ ซึ่งมีพิษ
 - 2.4 แทนนิน (tannin) เป็นกรดอ่อน มีรสฝาด ใช้เป็นยาฝาดสมาน ยาแก้ท้องเสีย รักษาแผลไฟไหม้ หากกินเป็นประจำ จะเป็นสารก่อมะเร็งได้ ตัวอย่างพืชที่มีสารชนิดนี้ ได้แก่ เปลือกมังคุด เปลือกทับทิม ใบฝรั่ง ใบชา เป็นต้น
 - 2.5 ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นสารประกอบคาร์บอน มีออกซิเจนอยู่ในโมเลกุลมาก มีฤทธิ์เป็นแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอื่นๆ เช่น ลดการอักเสบ ขยายหลอดเลือดทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว ฆ่าเชื้อแบคทีเรียตัวอย่าง เช่น ใบชาเขียว เป็นต้น

การสกัดสี

การสกัดสีจากพืช เป็นวิธีที่ทำมาแต่โบราณ ขวัญฤทัยและเดือนใจ (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาเรื่องสีธรรมชาติ และสรุปได้ว่าการสกัดสีจากพืช ทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. การโหลก ทูบหรือปั่น ได้น้ำสีและนำไปผสมกับน้ำกรอง จะได้สีที่ใสไม่มีกากและตะกอน
2. การต้ม ใช้เวลาในการต้มประมาณ 30-120 นาที ขึ้นอยู่กับลักษณะและส่วนต่างๆ ของพืชที่เป็นที่มาของสี

ปริมาณสารให้สีและความเข้มของสีที่ได้จากการสกัดจากพืชชนิดเดียวกันจะไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของการเจริญเติบโตของต้นไม้ แหล่งที่ปลูก อาหารในดิน สภาพภูมิอากาศและปริมาณแสงแดด (Lloyd, 1971)

การย้อมสีธรรมชาติ

สีธรรมชาติ อาจอยู่ในรูปที่มีสีหรือไม่มีสีก็ได้ สีย้อมที่อยู่ในรูปของสารละลายที่มีสีจะมีกระบวนการย้อมสีรวดเร็วและไม่สลับซับซ้อน ส่วนสีย้อมที่อยู่ในรูปสารไม่มีสีต้องอาศัยการหมักเพื่อให้เปลี่ยนเป็นสารที่ละลายได้หรืออยู่ในรูปไม่มีสี ทำให้กระบวนการย้อมซับซ้อนและต้องใช้เวลา การย้อมสีสิ่งทอทั่วไป มีองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการย้อมมีคุณภาพดี ขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใย สารให้สีที่ใช้เป็นสีย้อม และกรรมวิธีในการย้อม (สุริย์และคณะ, 2548; Parrott, 1979)

การย้อมสีธรรมชาติย้อมได้ทั้งการย้อมเย็น คือย้อมที่อุณหภูมิห้อง และการย้อมร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส สีธรรมชาติเป็นสีที่ตกตะกอนง่าย ระหว่างการย้อมต้องคนสม่ำเสมอ (เทียนศักดิ์, 2539)

เทียนศักดิ์ (2539) ได้อธิบายกรรมวิธีย้อมสีธรรมชาติไว้ว่ามีหลักการเหมือนกับการย้อมสีสังเคราะห์ คือ

1. การย้อมสีไดเรกต์ สีเบสิกและสีแอซิด (direct , basic and acid dyes dyeing) สีธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสีละลายน้ำและมีสมบัติพิเศษในการย้อมติดเส้นใยได้เองโดยเกิดพันธะเคมีกับเส้นใยได้โดยตรง ใยเซลลูโลส เช่น ฝ้าย และลินิน จะมีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลสีโดยตรง ส่วนเส้นใยที่เป็นชนิดโพลีเอสเตอร์ ได้แก่ ขนสัตว์และไหม จะมีหมู่กรดและหมู่เบส ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะเกิดปฏิกิริยากับส่วนที่เป็นหมู่เบสหรือกรดในโมเลกุลของสี เกิดเป็นเกลือขึ้น ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันแบบพันธะไอออนิก ซึ่งการยึดเหนี่ยวแบบนี้ไม่ค่อยแข็งแรง การย้อมแบบนี้จึงเป็นวิธีที่ติดสีง่าย แต่สีก็หลุดง่าย ความคงทนค่อนข้างต่ำ

2. การย้อมสีแวต (vat dyes dyeing) สารให้สีของพืชบางชนิด เช่น คราม ไม่ละลายน้ำต้องทำการรีดิวซ์ให้เป็นสารที่ละลายน้ำได้ แล้วจึงนำผ้าลงย้อมในสารละลายนั้น เมื่อย้อมแล้วนำไปผึ่งให้สัมผัสกับอากาศจะทำให้โมเลกุลของสีเกิดการออกซิไดส์กลับไปอยู่ในรูปเดิมที่ไม่ละลายน้ำ โมเลกุลของสีจึงถูกกักอยู่ในเส้นใย สีที่ได้จะมีความคงทนดี

3. การย้อมสีมอร์แดนต์ (mordant dyes dyeing) การย้อมวิธีนี้เป็นการย้อมที่ใช้สารช่วยติด เพื่อช่วยให้การยึดติดระหว่างตัวสีกับเส้นใยดีขึ้น ทำให้สีมีความคงทน สีไม่ซีดหรือตกง่ายการย้อมวิธีนี้ต้องย้อมที่อุณหภูมิสูง เพราะสีธรรมชาติจะติดเส้นใยได้ดีที่อุณหภูมิตั้งแต่ 60-100 องศาเซลเซียส สารช่วยติดที่นิยมใช้คือสารละลายเกลือโลหะ เช่น เกลือของโครเมียม ทองแดง อลูมิเนียม ดีบุก เหล็ก และสารประกอบแทนนินจากพืชหลายชนิด ทั้งนี้การใช้สารช่วยติดในการย้อมสีมอร์แดนต์ทำได้ 3 ลักษณะ คือ (Lob, 1972)

3.1 การใช้สารช่วยติดก่อนการย้อมสี (premordant method) เป็นการนำผ้าหรือเส้นใยชุบในสารช่วยติดก่อนนำไปย้อมสี

3.2 การใช้สารช่วยติดขณะย้อมสี (metamordant method) เป็นการใส่สารช่วยติดลงในน้ำย้อม แล้วจึงนำผ้าลงย้อม

3.3 การใช้สารช่วยติดหลังการย้อมสี (aftermordant method) เป็นการนำผ้าหรือเส้นใยที่ย้อมสีแล้ว มาชุบสารช่วยติด

ข้อดีและข้อจำกัดของสิทธิธรรมชาติ

การข้อมสิทธิธรรมชาติเป็นภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ แต่ถูกหลงลืมไปเป็นเวลาหลายสิบปีเนื่องจากสิทธิสังเคราะห์เข้ามามีบทบาทแทนที่ ถึงแม้ว่าสิทธิสังเคราะห์จะใช้มากในปัจจุบันแต่ก็มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้ใช้ ซ้ำยังเป็นส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย นับว่าเป็นภัยที่ร้ายแรง ตรงข้ามกับสิทธิธรรมชาติที่ส่วนใหญ่เป็นสิทธิที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม (Ali, 1993; Lomas, 1993)

ข้อดีของสิทธิธรรมชาติ สิทธิธรรมชาติเป็นสารประกอบที่พบตามธรรมชาติในพืช สัตว์และแร่ธาตุทั่วไป มีความปลอดภัยกว่าสิทธิสังเคราะห์ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ผ้าที่ข้อมด้วยสิทธิธรรมชาติจะมีสีสันทนสวยงามกลมกลืน มีชีวิตชีวา สีที่ข้อมได้ไม่ฉูดฉาด สีส่อนดูเย็นตากว่าสิทธิสังเคราะห์ นอกจากนี้ การใช้สิทธิธรรมชาติยังมีส่วนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้ข้อมและผู้บริโภคกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (วนิดา และคณะ, 2531; ถิ่นทม, 2535; Dalby, 1993)

ข้อจำกัดของสิทธิธรรมชาติ การข้อมสิทธิธรรมชาตินักประสบปัญหาต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนในการเตรียมน้ำสียุ่งยาก ต้องเสียเวลาในการเตรียมวัตถุดิบ การสกัดสีใช้เวลานานและสิ้นเปลืองพลังงาน ไม่มีสูตรการข้อมที่แน่นอน การข้อมแต่ละครั้งให้สีที่ไม่เหมือนเดิม สิทธิธรรมชาติที่สกัดได้มักเป็นสีที่ไม่บริสุทธิ์มีสารอื่นเจือปน โดยเฉพาะสารที่มีกลิ่น เมื่อนำไปข้อมจึงได้สีที่ไม่สดใสและอาจมีกลิ่นที่ไม่ต้องการ ผ้าข้อมสิทธิธรรมชาติบางสีเกิดปัญหาสีซีดจางง่าย มีความคงทนต่อแสงและการซักต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของสีมีความไวต่อปฏิกิริยาเคมี ปริมาณสีที่สกัดได้มีปริมาณน้อย ต้องใช้วัตถุดิบจำนวนมากในการสกัดสีทำให้ไม่สามารถข้อมสิ่งทอได้ในปริมาณมาก นอกจากนี้ สิทธิธรรมชาติยังมีสีสันทให้เลือกค่อนข้างจำกัดจึงไม่สามารถข้อมให้มีสีสันทตามที่ตลาดต้องการได้ (มณฑา, 2541; Glover and Pierce, 1993)

ระบบการวัดสี

สีที่ตาเรามองเห็นมีมากมายหลายสี จึงมีความจำเป็นต้องมีระบบจัดลำดับสีให้เป็นระเบียบเพื่อให้ผู้ใช้สีสามารถสื่อสารแล้วเข้าใจความหมายของสีได้ตรงกัน มีการกำหนดค่าสีเป็นปริมาณที่

วัดได้เพื่อให้ประเมินค่าเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ ระบบการวัดสีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมี 2 ระบบ (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2542) คือ

1. ระบบ Munsell เป็นระบบพื้นฐานในการจัดลำดับสีอย่างง่าย โดยอาศัยคุณสมบัติการมองเห็น 3 ประการ ดังนี้

- 1.1 Hue คือ สีที่ปรากฏให้เห็น เช่น สีแดง สีเขียว เป็นต้น
- 1.2 Value (Lightness) หมายถึง ความสว่างของสี
- 1.3 Chroma (Saturation) หมายถึง ความเข้ม ความบริสุทธิ์ของสี

2. ระบบ CIE (CIELAB) เป็นระบบการวัดสีที่คำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

- 2.1 Light Source คือ แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน เช่น A B C หรือ D 65
- 2.2 Color Object คือ วัตถุมีสี เมื่อแสงตกกระทบจะสะท้อนหรือกระจายแสงมาสู่ตาหรือเครื่องรับแสง
- 2.3 Observer คือ ผู้สังเกตการณ์

CIE L* a* b* (CIELAB) เป็นระบบการวัดสีที่บอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ โดย

L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (lightness)

ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง วัตถุมีสีดำ

ถ้า L* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง วัตถุมีสีขาว

a* ใช้กำหนดความเป็นสีแดงหรือสีเขียว

ถ้า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีออกแดง

ถ้า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน

ถ้า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีออกเหลือง

ถ้า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ได้มีการเชื่อมค่า a^* และ b^* เข้ากับ Hue และ Chroma โดยกำหนดค่าสีอีก 2 ค่า คือ Hue Angle (h^*) และ Chroma (C^*)

h^* เป็นตัวเลขที่ระบุว่า สีอยู่ในตำแหน่งใดใน Color Space มีหน่วยเป็นองศา โดย

ถ้า h^* เท่ากับ 0 องศา (360 องศา) แสดงว่าเป็นสีแดง

ถ้า h^* เท่ากับ 90 องศา แสดงว่าเป็นสีเหลือง

ถ้า h^* เท่ากับ 180 องศา แสดงว่าเป็นสีเขียว

ถ้า h^* เท่ากับ 270 องศา แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน

ส่วน C^* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่มีความสว่างหนึ่ง ๆ ซึ่งได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ $a^* = b^* = 0$ ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง

การระบุความเข้มของสี

ค่า K/S คือ ค่าที่คำนวณจากค่าการสะท้อนแสงตามทฤษฎีของ Kubelka-Munk โดยทฤษฎีดังกล่าวจะมีค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ค่า คือ K และ S (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2542)

K = ค่าการดูดกลืนแสงของชิ้นตัวอย่าง

S = ค่าการกระเจิงของแสงชิ้นตัวอย่าง

สำหรับวัสดุสิ่งทอจะถือว่าไม่มีการกระเจิงของแสงในวัสดุที่ย้อม เพราะสีที่ใช้ย้อมจะละลายและเข้าไปอยู่เป็นเนื้อเดียวกับวัสดุที่ใช้ย้อม ดังนั้น ค่า K และ S จะถือเป็นค่าเดียวกัน ค่า K/S ดังสมการ

$$K/S = \frac{(1 - R)^2}{2R}$$

เมื่อ R = ค่าการสะท้อนแสงของชิ้นตัวอย่างเป็นเปอร์เซ็นต์

จากค่าสะท้อนแสงที่ได้จากการวัดสีของชิ้นตัวอย่าง เราสามารถคำนวณค่า K/S ได้จากสมการดังกล่าว (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2542)

แบคทีเรีย

ความสำคัญของแบคทีเรีย

แบคทีเรีย คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มีกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป มีทั้งชนิดที่เป็นโทษคือทำให้เกิดโรค เล็บป่วยและชนิดที่ไม่เป็นโทษต่อร่างกาย หรือบางชนิดเป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในร่างกายของเรา เพื่อช่วยสร้างความสมดุล และคอยป้องกันเชื้อโรคที่เป็นอันตรายได้ระดับหนึ่ง แต่ในบางครั้งเมื่อร่างกายเกิดความอ่อนแอ เชื้อประจำถิ่นอาจเพิ่มจำนวนมากเกินไปจนทำให้เสียสมดุล และเกิดความผิดปกติได้ มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียมานานแล้ว ในอุตสาหกรรมอาหารใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารหมัก นมหมัก การผลิตเอนไซม์ ยาปฏิชีวนะ การบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียหลาย ๆ ชนิด ก่อให้เกิดโรค เช่น ปอดบวม วัณโรค บาดทะยักระบบทางเดินหายใจ แบคทีเรียบางชนิด เช่น *Staphylococcus aureus* *Klebsiella pneumoniae* *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* ก่อให้เกิดกลิ่นบนร่างกายมนุษย์ และบนเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม (นงลักษณ์, 2544, นิรนาม, 2554 และ Consumer and Food Economics Research Division, 1970)

ลักษณะทั่วไปของแบคทีเรีย

แบคทีเรีย เป็นเซลล์ชั้นต่ำ (prokaryotes) มีลักษณะไม่ซับซ้อน สารพันธุกรรมภายในเซลล์ไม่ได้บรรจุอยู่ในนิวเคลียส แบคทีเรียจะมีรูปร่างพื้นฐาน คือ ค็อกไค หรือสเฟียริคอล (cocci หรือ spherical) มีรูปร่างกลม บาซิลไล หรือ รอดส์ (bacilli หรือ rods) มีรูปร่างเป็นท่อน และสไปรัล (spiral) มีรูปร่างเป็นเกลียว (นงลักษณ์ และปรีชา, 2544)

โครงสร้างของเซลล์ รูปร่างของเซลล์แบคทีเรียถูกกำหนดโดยส่วนประกอบทางเคมีของโครงสร้างส่วนนอกสุด คือ ผนังเซลล์ ซึ่งล้อมรอบเซลล์แบคทีเรียส่วนใหญ่ ผนังเซลล์ที่แข็งแรง ช่วยในการปกป้องเซลล์ของแบคทีเรีย (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

ชั้นในถัดจากผนังเซลล์ คือ เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งควบคุมการผ่านของสารเข้าสู่เซลล์และออกจากเซลล์ บริเวณภายในเยื่อหุ้มเซลล์ เรียกว่า ไซโทพลาซึม (cytoplasm) ซึ่งประกอบด้วยสารคล้ายกับวุ้น ในไซโทพลาซึมมีโครงสร้างขนาดเล็กมากที่เรียกว่า ไรโบโซม (ribosome) ซึ่งเป็นแหล่งผลิตโปรตีน สารพันธุกรรมของเซลล์ซึ่งมีลักษณะคล้ายเส้นด้ายหนาพันกันไปมาอยู่ในไซโทพลาซึม ถ้าเราคลาย

สารพันธุกรรมนั้นนอกจากจะเห็นรูปร่างเป็นวงกลม สารพันธุกรรมบรรจุคำสั่งสำหรับการทำหน้าที่ทุกอย่างของเซลล์ เช่น วิธีการสร้างโปรตีนบนไรโบโซม เป็นต้น (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

โครงสร้างอีกชนิดหนึ่งที่มองเห็นได้ คือ แฟลเจลลัม (flagellum) ซึ่งเป็นโครงสร้างคล้ายเส้นยาวยื่นออกมาจากเยื่อหุ้มเซลล์และทะลุผ่านผนังเซลล์ออกมา แฟลเจลลัมช่วยให้เซลล์เคลื่อนที่ได้โดยหมุนในลักษณะคล้ายใบพัด เซลล์แบคทีเรียอาจมีแฟลเจลลัมอยู่เป็นจำนวนมาก หรือมีเพียงแฟลเจลลัมเดียวหรือไม่มีเลย แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่ไม่มีแฟลเจลลัมจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตนเอง ต้องอาศัยอากาศ กระแสน้ำ เลือ่ผ้า และวัตถุอื่น ๆ พาจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

การควบคุมหรือยับยั้งแบคทีเรีย

หลักในการควบคุมแบคทีเรีย ความหมายของคำว่า “ตาย” ในทางจุลชีววิทยา หมายถึง การที่แบคทีเรียไม่สามารถสืบพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ หลังจากนำเชื้อไปเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมแล้วไม่พบว่าเชื้อมีการเจริญ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมแบคทีเรีย การควบคุมแบคทีเรียให้ได้ผลดีจะต้องทราบสภาพหรือปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุม ปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

1. อุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจะช่วยเร่งการทำลายแบคทีเรียเมื่อใช้ร่วมกับสารเคมี ดังนั้น การใช้สารเคมีจำนวนน้อยที่อุณหภูมิสูงจะให้ผลเท่ากับการใช้สารเคมีจำนวนมากที่อุณหภูมิต่ำกว่า
2. ชนิดของแบคทีเรีย แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความทนทานต่อสภาพทางกายภาพและสารเคมีต่างกัน
3. สภาพของเซลล์ที่ต่างกัน มีผลต่อการถูกทำลายต่างกัน เซลล์ที่อายุน้อยจะถูกทำลายได้ง่ายกว่าเซลล์ที่แก่หรืออยู่ในระยะพักตัว

4. สภาพแวดล้อมอื่น ๆ มีผลที่ช่วยเร่งประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรีย เช่น การใช้ความร้อนจะให้ผลในการทำลายแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดได้ดีกว่าในสภาพที่เป็นด่าง เป็นต้น

กลไกการยับยั้งหรือทำลายแบคทีเรีย กระบวนการที่แบคทีเรียจะถูกยับยั้งหรือทำลาย เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วนั้น มีสาเหตุมาจากการทำลายที่ส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ของแบคทีเรียดังนี้ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

1. การทำลายที่ผนังเซลล์หรือการยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ สารเคมีบางชนิดอาจไปยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียที่กำลังเจริญเติบโต มีผลทำให้เกิดเป็นโปรโทพลาสต์ (protoplast) ซึ่งถ้าไม่เลี้ยงไว้ในสภาพที่เหมาะสม เซลล์จะแตกได้

2. เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ยอมให้สารผ่าน เยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติที่ยอมให้สารอาหารผ่านเข้าสู่เซลล์ ถ้าเยื่อหุ้มเซลล์นี้ถูกทำลายจะมีผลทำให้การเจริญของเซลล์ชะงัก และทำให้เซลล์ตายได้

3. เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก เซลล์ที่มีชีวิตจะต้องมีโปรตีนและกรดนิวคลีอิกอยู่ภายในเซลล์ในสภาพปกติหรือเป็นธรรมชาติ ถ้ามีสารเคมีหรือสภาพใด ๆ ที่มาทำให้โปรตีนและกรดนิวคลีอิกเปลี่ยนสภาพธรรมชาติ (denature) ก็จะทำลายเซลล์ได้

4. การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ เอนไซม์ต่าง ๆ จำเป็นในปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์ ดังนั้นถ้ามีตัวยับยั้งเอนไซม์ (enzyme inhibitor) ก็จะมีผลต่อปฏิกิริยาของกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์

5. การยับยั้งการสร้างเมแทบอไลต์ (antimetabolites) เมแทบอไลต์เป็นสารที่จำเป็นสำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรีย การใช้สารที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับสารเมแทบอไลต์เพื่อไปยับยั้งเมแทบอลิซึมของเซลล์จึงช่วยทำลายแบคทีเรียได้

6. การยับยั้งการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก สารบางอย่างมีผลในการยับยั้งการสังเคราะห์ DNA และ RNA โดยสารนั้นจะไปขัดขวางการสร้างหน่วยพื้นฐานของกรดนิวคลีอิก

การควบคุมแบคทีเรียทางกายภาพ มีวิธีการดังนี้ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

1. อุณหภูมิ (temperature) แบคทีเรียจะเจริญได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิที่เหมาะสมถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจากอุณหภูมิที่เหมาะสม จะมีผลทำให้เกิดการทำลายหรือยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้
2. ความแห้ง (desiccation) ความแห้งจะทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมหยุดชะงัก และทำให้เซลล์ตาย
3. แรงดันออสโมติก (osmotic pressure) สามารถนำมาใช้ในการควบคุมแบคทีเรียได้
4. รังสี (radiation) รังสีที่มีผลในการทำลายแบคทีเรียมี 2 ชนิดคือรังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet radiation) และรังสีที่ทำให้สารเกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionizing radiation) ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีแคโทด สามารถทำลายแบคทีเรียรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ
5. กระแสไฟฟ้า (electricity) การผ่านกระแสไฟฟ้าลงในสารละลายที่มีแบคทีเรียอยู่ อาจทำลายหรือยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ การใช้กระแสไฟฟ้าในปริมาณน้อยจะยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะฆ่าแบคทีเรียได้
6. แรงตึงผิว (surface tension) แรงตึงผิวมีบทบาทเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ของแบคทีเรีย การใช้สารบางอย่าง เช่น สบู่ สารซักฟอก ฟีนอล เพื่อไปลดแรงตึงผิวของของเหลวจะไปยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยมีผลเปลี่ยนแปลงที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สารต่าง ๆ ภายในเซลล์รั่วไหลออกมา
7. คลื่นเสียง คลื่นเสียงที่มีความถี่มากกว่า 9,000 รอบต่อวินาที สามารถทำลายแบคทีเรียได้โดยทำให้ผนังเซลล์แตกออก แบคทีเรียแต่ละชนิดมีความทนทานต่อคลื่นเสียงต่างกัน
8. การแยกแบคทีเรีย-การกรอง การแยกแบคทีเรียจากสารละลายใด ๆ เพื่อให้ปราศจากเชื้อนั้น อาจทำได้โดยการกรอง (filtration)

9. การใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เครื่องหมุนเหวี่ยงเป็นเครื่องมือที่ใช้แยกสารหรือเซลล์ออกจากของเหลวโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งความเร็วที่ใช้จะต้องมากพอจนทำให้แบคทีเรียตกตะกอนและแยกออกจากของเหลวได้

การควบคุมแบคทีเรียด้วยสารเคมี มีวิธีการดังนี้ (นงลักษณ์ และปรีชา, 2544)

1. ฟีนอลและสารประกอบฟีนอล สารประกอบฟีนอลอาจใช้เป็นยาฆ่าเชื้อหรือยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ สารประกอบฟีนอลจะทำให้เซลล์แตกทำให้โปรตีนในเซลล์ตกตะกอน ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทำให้กรดอะมิโนรั่วไหลออกจากเซลล์ และทำลายโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้การผ่านเข้าออกของสารในเซลล์ผิดปกติ มีผลทำให้เซลล์ตายได้

2. แอลกอฮอล์ (alcohol) นิยมใช้แอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อตามผิวหนัง และฆ่าเชื้อโรคในอุปกรณ์การแพทย์ แอลกอฮอล์ทำให้โปรตีนและเอนไซม์เสียสภาพ และละลายเอาไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์ออก จึงทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย นอกจากนี้ยังเป็นตัวดึงน้ำออกจากเซลล์ ทำให้กิจกรรมของเซลล์หยุดชะงักจึงสามารถยับยั้งการเจริญหรือทำลายเซลล์ได้

3. ฮาโลเจน (halogen) ไอโอดีน (iodine) เป็นยาฆ่าเชื้อที่ใช้ได้ผลดีที่สุดชนิดหนึ่ง โดยอยู่ในรูปของทิงเจอร์ไอโอดีน ไอโอดีนทำหน้าที่ป็นสารออกซิไดซ์ และไปยับยั้งสารประกอบพวกโปรตีนที่มีหมู่ซัลไฟไฮดริล นอกจากนี้ยังอาจรวมตัวกับกรดอะมิโนไทโรซีนในเอนไซม์และโปรตีนอื่น ๆ ทำให้กิจกรรมของเซลล์ผิดปกติ มีผลให้เซลล์ถูกทำลาย

คลอรีนและสารประกอบคลอรีน (chlorine and chlorine compound) นิยมใช้ฆ่าเชื้อในน้ำประปาหรือน้ำดื่ม ส่วนใหญ่ที่เติมในน้ำอยู่ในรูปของเกล็ดไฮโปคลอไรต์ คลอรีนและสารประกอบคลอรีนทำให้เกิดการออกซิไดซ์อย่างรุนแรงกับส่วนประกอบของเซลล์ จึงทำลายแบคทีเรียได้

4. โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนัก (heavy metals and their compounds) โลหะหนักที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือทำลายแบคทีเรีย ได้แก่ปรอท เงิน และทองแดง ทั้งนี้ขึ้นกับความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนของโลหะนั้น เช่น สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate) สามารถทำลายเชื้อในซิเรีย โกโนเรีย (neisseria gonorrhoeae)

คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate) ทำลายพวกสาหร่ายและเชื้อราได้ดีกว่าแบคทีเรีย จึงนิยมใช้ฆ่าเชื้อตามสระว่ายน้ำ นอกจากนี้ สารประกอบโลหะหนักที่ความเข้มข้นสูง ๆ ยังทำให้โปรตีนในเซลล์ตกตะกอน มีผลทำให้เซลล์ตายได้

5. สีย้อม (dyes) สีย้อมที่ใช้ในการทำลายหรือยับยั้งแบคทีเรีย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ สีย้อมไตรฟีนิลมีเทน (triphenyl methane dyes) และสีย้อมอะคริดีน (acridine dyes) สีย้อมสามารถทำลายแบคทีเรียโดยไปรบกวนกระบวนการออกซิเดชันภายในเซลล์ หรือไปรวมตัวกับองค์ประกอบภายในเซลล์ เช่น กรดนิวคลีอิก ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมของเซลล์ผิดปกติ

6. สบู่และสารซักฟอก (soap and detergent) สบู่สามารถยับยั้งและทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น นิวโมค็อกคัส สเตรปโตค็อกคัสบางชนิด และสบู่ยังทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การนำสารเข้าออกจากเซลล์ผิดปกติ เซลล์จึงตายในที่สุด สารซักฟอก เป็นสารที่ช่วยลดแรงตึงผิว สารซักฟอกจะทำให้โปรตีนในเซลล์เสียสภาพ และทำอันตรายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์ฉีกขาด สารประกอบในเซลล์จึงรั่วไหลออกมานอกเซลล์ และเซลล์ตายในที่สุด

7. ก๊าซ (gases) การฆ่าเชื้อโดยใช้ก๊าซ นิยมใช้กับภาชนะหรือเครื่องมือบางอย่างที่ไม่ทนความร้อน เช่น เครื่องมือทางการแพทย์ หรือเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ก๊าซที่ใช้ได้แก่ ฟอर्मัลดีไฮด์ และเอทิลีนออกไซด์

8. กรดและเบส กรดและเบสใช้ยับยั้งและทำลายแบคทีเรีย โดยแตกตัวเป็นไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกไซด์ไอออน กรดอินทรีย์มีสมบัติทำลายแบคทีเรียได้ดีกว่ากรดอินทรีย์ เพราะแตกตัวให้ H^+ มากกว่า จุลินทรีย์แต่ละชนิดทนต่อกรดและเบสได้แตกต่างกัน กรดแก่และเบสแก่ทำลายแบคทีเรียโดยทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สมบัติการยอมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น เซลล์จึงถูกทำลาย

การควบคุมแบคทีเรียด้วยสารปฏิชีวนะและยารักษาโรค สารปฏิชีวนะ (antibiotics) เป็นยารักษาโรคที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ซึ่งหมายถึงผลผลิต ที่ได้จากเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียชนิดหนึ่ง และมีผลในการทำลาย หรือยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่น โดยใช้ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

ประสิทธิภาพของสารปฏิชีวนะในการยับยั้งหรือทำลายแบคทีเรีย มีดังนี้ (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2544)

1. ยับยั้งการสังเคราะห์ผนังเซลล์ สารปฏิชีวนะกลุ่มนี้ ได้แก่ เพนิซิลลิน (penicillin) เซฟาโลสปอริน (cephalosporin) ไซโคลสปอริน (cyclosporin) แวนโคไมซิน (vancomycin) และบาซิตราซิน (bacitracin)
2. สารปฏิชีวนะที่มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ ได้แก่ โพลีมิกซิน (polymyxin) แกรมิจิดิน (gramicidins) และไทโรซิไดน (tyrocidin) ยาเหล่านี้จะฆ่าแบคทีเรียโดยทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์รั่วไหลออกมา แต่ยามีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ การใช้ยากลุ่มนี้จึงอยู่ในวงจำกัด
3. สารปฏิชีวนะที่มีผลยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีน ได้แก่ สเตรปโตไมซิน (streptomycin) ใช้ยับยั้งแบคทีเรียที่ดื้อยาซัลโฟนาไมด์ (sulfonamide) และ เพนิซิลลิน
4. การยับยั้งหรือขัดขวางหน้าที่ของกรดนิวคลีอิก ได้แก่ ไรเฟมพิซิน (rifampicin), แอคติโนไมซิน (actinomycin), ไมโตไมซิน (mitomycin), กริสซีโอฟูลวิน (griseofulvin) เป็นยาที่ใช้ทำลายแบคทีเรียโดยมีผลต่อเอนไซม์ที่จำเพาะ

ปัญหาแบคทีเรียในผ้า

การเกิดแบคทีเรียในผ้าหรือผลิตภัณฑ์สิ่งทอสามารถเกิดขึ้นได้กับผ้าทุกชนิด เนื่องจากโครงสร้างภายในประกอบด้วยธาตุ และสารประกอบทางเคมีที่เป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรีย การเกิดแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ที่ทำมาจากเส้นใยธรรมชาติเกิดได้ง่ายกว่าในสิ่งทอที่ทำจากเส้นใยสังเคราะห์ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีโครงสร้างทางเคมีที่ชอบน้ำ มีผลทำให้สามารถดูดความชื้น และกักเก็บน้ำ ออกซิเจน และสารอาหารที่เป็นสารอินทรีย์หรือสารที่มีองค์ประกอบของธาตุ C, O, N และ S ได้ดี ปัจจัยเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ของแบคทีเรีย บวกกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมทำให้แบคทีเรียเจริญได้ดี (สิริวรรณ, 2547)

การเกิดแบคทีเรียในสิ่งทอมีผลทำให้เกิดกลิ่นเหม็นในผลิตภัณฑ์สิ่งทอนั้น ซึ่งกลิ่นอับที่ไม่พึงปรารถนาเกิดจากการที่แบคทีเรียเข้าไปทำปฏิกิริยากับเหงื่อ มีผลทำให้เหงื่อถูกเปลี่ยนสภาพไป

เป็นสารเคมีพวกกรดคาร์บอกซิลิก แอลดีไฮด์ หรือ อะมีน ที่มีกลิ่นเหม็น ตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น เช่น *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก จะมีกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ที่สามารถเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงาน ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดกลิ่นของกรดเมทิลอีซิโนอิก ที่มีกลิ่นคล้ายกลิ่นตัว ส่วนเชื้อ *Proteus vulgaris* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมลบ จะมีกระบวนการเมแทบอลิซึม ที่สามารถเปลี่ยนยูเรียเป็นแอมโมเนียได้ (สิริวรรณ, 2547)

นอกจากกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาเกิดขึ้นจากการทำงานของแบคทีเรียแล้ว ยังมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของสิ่งทอ เช่น ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นค่อยลง หรืออาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเจดสีของผลิตภัณฑ์สิ่งทอด้วย และถ้าเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรค อาจมีผลทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อและเกิดการติดเชื้อโรค ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับความเจ็บป่วยได้ (เสนห์, 2553)

Seitz (2005) พบว่า แบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีในสิ่งทอ จากการศึกษาพบแบคทีเรียในถุงเท้าฝ้ายเป็นจำนวนมากและในผ้าขนสัตว์ โดยเฉพาะผ้าที่มีความชื้นจะพบแบคทีเรียเจริญได้รวดเร็วกว่าผืนผ้าแห้ง

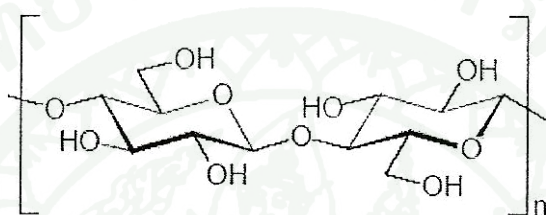
Sattar *et al.* (2001) ศึกษาการถ่ายโอนของแบคทีเรียจากผืนผ้าไปสู่ร่างกายและจากร่างกายไปสู่ผืนผ้าอื่น ๆ พบว่า แบคทีเรียสามารถถ่ายโอนจากผ้าชนิดหนึ่งไปสู่ผืนผ้าอีกชนิดได้โดยตรง โดยเฉพาะผืนผ้าที่มีความชื้นจะเกิดการถ่ายโอนได้ดีกว่าผ้าแห้ง

Neely and Maley (2000) ศึกษาเกี่ยวกับการดำรงชีพของแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Enterococci* และ *Staphylococci* บนผลิตภัณฑ์ผ้าและพลาสติกที่ใช้ในโรงพยาบาล 5 ชนิด ได้แก่ เสื้อผ้าที่ทำจากฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ผ้าขนหนูฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ชุดคลุมห้องปฏิบัติการใช้ผ้าใยผสมฝ้าย 60 เปอร์เซ็นต์ และโพลีเอสเตอร์ 40 เปอร์เซ็นต์ ผ้า màn โพลีเอสเตอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ และผ้ากันเปื้อนทำจากโพลีพรอพิลีน 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า *Staphylococci* สามารถดำรงชีพบนผ้าได้ทั้ง 5 ชนิด ได้อย่างน้อยที่สุด 1 วัน สามารถมีชีวิตอยู่บนผ้าทำจากใยโพลีเอสเตอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ ได้ 22-90 วัน ส่วนเชื้อ *Enterococci* ที่ทดสอบบนผ้าทั้ง 5 ชนิด พบว่า เชื้อจะสามารถอยู่ได้อย่างน้อยที่สุด 11 วัน นอกจากนี้ ยังพบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด สามารถมีชีวิตหรือดำรงชีพบนผ้าโพลีเอสเตอร์และโพลีพรอพิลีนได้นานกว่าผ้าอื่น ๆ และพบว่า เชื้อ *Enterococci* มีชีวิตหรือดำรงชีพบนผ้าและพลาสติกที่ใช้ทดลองได้ดีกว่าเชื้อ *Staphylococci*

ฝ้าย

โครงสร้างเส้นใย

ผ้าฝ้ายเป็นผ้าที่ได้จากเส้นใยธรรมชาติประเภทเซลลูโลส ที่มีโครงสร้างประกอบด้วยหน่วย $C_6H_{10}O_5$ ต่อกันเป็นลูกโซ่โพลิเมอร์ยาว ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

ที่มา: Gordon and Hsieh (2007)

โมเลกุลของเส้นใยฝ้ายประกอบด้วยส่วนที่มีโครงสร้างแบบผลึก (crystalline structure) 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรง และส่วนที่มีโครงสร้างแบบอสัณฐาน (amorphous structure) 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่น มีหมู่ธาตุที่สำคัญ คือหมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญที่ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของเส้นใย ส่งผลให้เส้นใยมีความแข็งแรง นอกจากนี้ยังทำให้เส้นใยมีความสามารถในการดูดซับความชื้นที่ดี (Gohl and Vilensky, 1983; Collier and Tortora, 2001; Gordon and Hsieh, 2007)

สมบัติของใยฝ้าย

เส้นใยฝ้ายมีสมบัติทางกายภาพ ดังนี้ ฝ้ายมีความละเอียด มีขนาดของเส้นใยประมาณ 14-24 ไมโครเมตร ใยยาว 0.35-5.50 เซนติเมตร สีของใยมีสีครีม เทาหรือน้ำตาล เส้นใยจะมีความเหนียวประมาณ 3.0-5.5 กรัมต่อดีเนียร์ และเมื่ออยู่ในสภาวะเปียกความเหนียวจะเพิ่มขึ้นประมาณ 25-40 เปอร์เซ็นต์ เป็นใยที่มีความคงรูป ยับง่าย และคลายยับได้ยาก มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.54 กรัมต่อ

ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเส้นใยที่ดูดความชื้นได้ 8.5 เปอร์เซ็นต์ มีความยืดหยุ่นต่ำประมาณ 3-7 เปอร์เซ็นต์ (Joseph, 1972; Gohl and Vilensky, 1983)

นอกจากสมบัติกายภาพแล้ว ฝ้ายมีสมบัติทางเคมี ดังนี้ ใยฝ้ายเป็นใยที่ทนต่อสารเคมีที่เป็นด่างได้ดีกว่ากรด กรดเข้มข้นจำพวกกรดของโลหะจะทำลายเส้นใย ดังนั้น ฝ้ายจึงทนต่อการชักทำความสะอาดทั่วไปได้ดี เนื่องจากผงซักฟอกที่ใช้ทั่วไป รวมทั้งสารฟอกขาวล้วนมีส่วนประกอบของด่างทั้งสิ้น ฝ้ายจะไม่ทนต่อแสงแดดจัด ถ้าตากแดดนานฝ้ายจะเหลือง และเสื่อมคุณภาพลง นอกจากนี้ ไม่ควรเก็บฝ้ายในที่อับชื้น เพราะเชื้อราจะเกิดขึ้นได้ง่ายทำให้ฝ้ายมีความเหนียวความแข็งแรงลดลงได้ (Joseph, 1972; Gohl and Vilensky, 1983; Gordon and Hsieh, 2007)

การย้อมสีฝ้าย

ฝ้ายสามารถย้อมสีได้ดีทั้งสีธรรมชาติและสีสังเคราะห์ เช่น สีโคเร็ก สีรีแอคทีฟ และสีแวต เป็นต้น (Shore, 1995) ในสีธรรมชาติ เช่น สีจากพืช จากสัตว์และสีจากแร่ธาตุ สามารถย้อมติดฝ้ายได้ง่าย

การเตรียมฝ้ายดิบที่ใช้ย้อม จำเป็นต้องกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากฝ้ายก่อนที่จะนำไปย้อม การทำความสะอาดฝ้ายดิบ (scouring) เป็นกรรมวิธีการกำจัดสิ่งสกปรกจำพวกไขมัน จี๊ฟฟ์ เพคติน และโปรตีน ที่เคลือบอยู่บนเส้นใย เพื่อให้เส้นใยสามารถเปียกน้ำและดูดซับสีย้อมได้ (Chung *et al.*, 2004) การเตรียมฝ้ายให้สะอาดสามารถทำได้โดยการต้มฝ้ายกับสารเคมีต่าง ๆ เช่น โซเดียมคาร์บอเนต ผงซักฟอก และสบู่ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การนำสารเคมีมาใช้ในการทำความสะอาดฝ้ายได้ทำกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสะดวกและหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด แต่การใช้สารเคมีในกรรมวิธีดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรงและก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษทางน้ำ จึงเป็นปัญหาหลักต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ดังนั้น การทำความสะอาดฝ้ายหรือเส้นใยต่าง ๆ โดยใช้สารธรรมชาติ จึงได้รับความนิยมและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ตัวอย่างเช่น การใช้เอนไซม์ในการทำทำความสะอาดฝ้าย เช่น ไลเปส โปรตีเอส และเซลลูเลส (Hartzell & Hsieh, 1998) หรือการต้มฝ้ายในน้ำที่มีฤทธิ์เป็นด่างด้วยเหง้ากล้วย (นิรนาม, 2548) เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศทิพย์ (2544) ศึกษาผลของสารสกัดจากใบพลูต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* V. Tiegh. และ *Aspergillus japonicus* Saito บนผ้าฝ้ายและผ้าใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์ พบว่าผ้าทั้ง 2 ชนิด ที่ชุบสารสกัดจากใบพลูที่มีความเข้มข้น 200,000 ส่วนในล้านส่วน สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้ดี โดยไม่พบโคโรเนียของเชื้อราบนผ้าฝ้าย สำหรับผ้าใยผสมฝ้ายพอลิเอสเตอร์พบโคโรเนียของเชื้อ *Aspergillus niger* V. Tiegh. บ้างเล็กน้อย

พจมาน และคณะ (2551) ศึกษาฤทธิ์ของสมุนไพรในการยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้างเอนไซม์ Extended-Spectrum β -lactamase (ESBL) ใช้พืช 11 ชนิด คือ มะกรูด เหนือกลาหมอบ ขลุ้ มังคุด แก่นฝาง พริกไทยดำ บอระเพ็ด ฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน มะปราง และกระเทียม วิธีการสกัด 2 วิธี คือ สกัดแบบคั้นสด และสกัดด้วยเมทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สารสกัดสดจากกระเทียมมีความสามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ได้ดีที่สุด ส่วนสมุนไพรชนิดอื่น ๆ ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ได้

สายพิน (2552) ศึกษาสีจากเปลือกมังคุด โดยใช้เปลือกนอกของมังคุดปั่นละเอียด ใช้สารละลายเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ในการสกัดสี พบว่า คุณภาพทางกายภาพของน้ำสีที่ได้มีค่า L^* 23.36 ค่า a^* 0.07 และ ค่า b^* -0.23 คุณภาพทางเคมี พบว่า น้ำสีที่สกัดได้จากเปลือกนอกของมังคุดมีสารแซนโทนน้อยกว่า 0.002 มิลลิกรัม/กรัม สารแอนโทไซยานิน 80.65 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีสารประกอบฟีนอลิก 977.20 มิลลิกรัม/100 กรัม

นุสวดี และ สมใจ (2553) ศึกษาการทดสอบการยับยั้งเชื้อ *Propioni-bacterium acnes* และ *Staphylococcus aureus* ที่ก่อให้เกิดสิว โดยใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชัน และใบบัวบก โดยนำสารที่สกัดไว้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ด้วยเทคนิค HPLC พบว่า มีสารแซนโทนในเปลือกมังคุด สารเคอร์คูมินในขมิ้นชัน และสารเอเชียดิโคไซด์กับกรดเอเชียดิลในใบบัวบก และเมื่อนำสารเหล่านั้นไปทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย พบว่า แซนโทนซึ่งเป็นสารสกัดจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด ได้ดีที่สุด

Han and Yang (2005) ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าขนสัตว์ที่ชุบเคลือบด้วยขมิ้นที่ความเข้มข้น 0.001 0.005 0.05 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ความเข้มข้นของขมิ้นที่ใช้ชุบเคลือบผ้าขนสัตว์ที่ 0.2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ได้ 95 เปอร์เซ็นต์

Singh et al. (2005) ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรีย 5 ชนิด คือ *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* and *Pseudomonas aeruginosa* ของผ้าขนสัตว์ย้อมด้วยสีธรรมชาติ 5 ชนิด คือ สีเสียด (*Acacia catechu*) ครั่ง (*Kerria lacca*) เบญจกานี (*Quercus infectoria*) *Rubia cordifolia* และ *Rumex maritimus* ที่ความเข้มข้นของสีในระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแตกต่างกันที่ 5 10 20 และ 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร พบว่า ผ้าขนสัตว์ที่ย้อมสีจาก เบญจกานี ทุกความเข้มข้น สามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 5 ชนิดได้ดี ส่วนผ้าที่ย้อมด้วยสีเสียด สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีเกือบทุกชนิด ยกเว้น *Pseudomonas aeruginosa* เพียงชนิดเดียวที่ไม่สามารถยับยั้งได้ ผ้าย้อม *Rumex maritimus* ทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Klebsiella pneumoniae* ได้เพียงชนิดเดียว ผ้าย้อม *Rubia Cordifolia* ที่ความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อมิลลิเมตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Klebsiella pneumoniae* ได้เพียงชนิดเดียวเท่านั้น

Dedhia (2007) ศึกษาการย้อมผ้าและไหมด้วยใบกระเพรา (tulsi leaves) โดยในการสกัดสี ย้อมใช้สารสกัด 3 ชนิด คือ อะซิโตน เมทานอล และปิโตรเลียม อีเธอร์ การย้อมใช้สารช่วยติด 2 ชนิด คือ สารส้ม และกรดแทนนิก การทดสอบด้านสี ทดสอบค่า L* a* b* C* h* และ K/S และทดสอบความคงทนของสี ในการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย ใช้แบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia Coli* ผลการศึกษาพบว่า การใช้เมทานอลสามารถสกัดสีได้ดีที่สุด ผ้าที่ย้อมได้มีสีเหลืองซีด และมีความคงทนของสีในระดับดี ถึง ดีมาก การยับยั้งแบคทีเรียพบว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีจากใบกระเพราสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดได้ โดยลดการเจริญเติบโตของ *Escherichia Coli* ได้ 73.41 เปอร์เซ็นต์ และ *Staphylococcus aureus* ได้ 72.22 เปอร์เซ็นต์

Dhandapani and Sarkar (2007) ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรีย และการป้องกันรังสียูวีของผ้าไหมที่ย้อมด้วย *Shikonin* โดยทดสอบด้วยแบคทีเรียสองชนิด คือ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* พบว่า ผ้าที่ย้อมสีด้วย *Shikonin* สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดีกว่า *Escherichia coli* โดยวัดจากขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้ง

แบคทีเรีย โดยพบว่ามีความใหญ่กว่า และผลต่อการป้องกันรังสีของผ้า พบว่า ผ้าย้อมสี *Skikonin* สามารถป้องกันรังสีอยู่ในระดับดี ถึง ดีมาก

Gupta and Laha (2007) ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายด้วย เบญจกานี (*Quercus infectoria*) ใช้ความเข้มข้น 6 และ 12 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สารส้ม คอปเปอร์ซัลเฟต และ เพอร์รัสซัลเฟต ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารช่วยติด ทดสอบด้วยเชื้อ แบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Escherichial coli* และ *Bacillus subtilis* พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยเบญจกานี ความเข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ 45-60 เปอร์เซ็นต์ และการใช้สารส้มและคอปเปอร์ซัลเฟต เป็นสารช่วยติดทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นถึง 70-90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำไปทดสอบการซัก 5 ครั้ง พบว่า การยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า เบญจกานีที่ใช้ในการทดลองกับผ้าฝ้ายร่วมกับสารช่วยติด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

Lee et al. (2009) ศึกษาการติดสีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้าย ไหม และผ้าขนสัตว์ที่ ย้อมด้วยสีธรรมชาติ 5 ชนิด คือ ดอกโบตั๋น (*Peony*) ทับทิม (*Pomegranate*) กานพลู (*Clove*) *Coptis Chinensis* และ สมอ (*Gallnut*) พบว่า การติดสีของผ้าขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสีที่ใช้กับชนิดของผ้า ค่า h^* ของผ้าอยู่ระหว่าง 6.05 YR – 1.95 ค่า C^* ของผ้าทดลองทุกผืนมีค่าต่ำมาก การยับยั้ง แบคทีเรียบนผ้าทุกชนิดที่ย้อมสีทั้ง 5 ชนิด พบว่าสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ดี สามารถลดปริมาณของแบคทีเรียได้ถึง 96.8-99.9 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติชนิดต่างๆ และศึกษาสีและประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองดังนี้ 1) การยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ 2) สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน และ 3) สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ซึ่งใช้วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ

วัสดุและอุปกรณ์

ผ้าทดลอง ผ้าที่ใช้ในการทดลองเป็นผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างการทอลายขัด ผ่านการทำความสะอาดและฟอกขาวแล้ว

สีย้อมธรรมชาติ ในการวิจัยนี้ใช้เฉพาะวัสดุสีย้อมที่ได้จากพืช ที่จากการตรวจเอกสารพบว่า มีสรรพคุณในการยับยั้งแบคทีเรีย ได้แก่ ขมิ้นชัน สีเสียด ใบชะพลู ใบบัวบก เปลือกมังคุด หมากแห้ง ใบพลู และใบยูคาลิปตัส

เชื้อแบคทีเรีย เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบมี 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นชนิด *gram-positive bacterium* และ *Klebsiella pneumoniae* ซึ่งเป็นชนิด *gram-negative bacterium*

อุปกรณ์สำหรับการย้อมสี ประกอบด้วย

1. เครื่องย้อมสี LA-650 Infrared Dyer
2. เครื่องวัดสี (spectrophotometer)
3. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
4. บีกเกอร์ขนาด 50 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวงขนาด 100 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย ประกอบด้วย

1. จานเพาะเลี้ยงเชื้อ
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ
3. ขวดรูปชมพู่
4. หม้อนึ่งอัดความดัน
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. ตู้บ่มเชื้อ

วิธีการ

แผนการทดลอง การทดลองเพื่อคัดเลือกสีย้อมธรรมชาติที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้าย ดำเนินการตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) โดยปัจจัยในการทดลอง คือชนิดของสีย้อม 8 ชนิด คือ ขมิ้นชัน สีเสียด ใบชะพลู ใบบัวบก เปลือกมังคุด หมากแห้ง ใบพลู และใบยูคาลิปตัส ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

การเตรียมน้ำย้อม ในการศึกษาครั้งนี้ทำการสกัดน้ำสี โดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:5 ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วกรองน้ำสีด้วยผ้าขาวบาง

การย้อมสี ในการทดลองย้อมสี ใช้ผ้าทดลองที่ต้มทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกแล้ว ใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1 : 30 ควบคุมอุณหภูมิการย้อมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที เมื่อครบเวลา นำผ้าที่ย้อมสีแล้ว แช่ในน้ำสารส้มที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เป็นสารช่วยติดโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:50 เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง โดยใช้ผ้าต่อน้ำ 1:200 จากนั้นนำผ้าตากในที่ร่มจนแห้ง

การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย ดำเนินการตามวิธีทดสอบมาตรฐาน AATCC Test Method 147-2004 “Antibacterial Activity” “Assessment of Textile Material : Parallel Streak Method” (AATCC, 2006) โดยตัดผ้าทดสอบขนาด 2.5 x 5 เซนติเมตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งอัดความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จากนั้นนำผ้าทดสอบไปวางบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ นำเข้าตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง บันทึกผล โดยการวัดขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (inhibition zone)

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษาผลของสีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบนผ้าฝ้าย วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียโดยใช้ค่าเฉลี่ยขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย วิธี Least Significant Difference (อนันต์ชัย, 2542)

สมมติฐานการวิจัย

1. สีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* บนผ้าฝ้ายไม่แตกต่างกัน
2. สีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Klebsiella pneumoniae* บนผ้าฝ้ายไม่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 2 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้ สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน

การทดลองนี้เป็นการศึกษา สีและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ซึ่งจากผลการทดลองที่ 1 พบว่าเปลือกมังคุดเป็นสีย้อมที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายได้ดีที่สุด และเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณมาก ดังนั้น จึงเลือกเปลือกมังคุดมาศึกษาต่อในเชิงลึก โดยทำการศึกษเปรียบเทียบการใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดสีต่างกัน (น้ำสีที่มีความเข้มข้นต่างกัน)

วัสดุและอุปกรณ์

ผ้าทดลอง ผ้าที่ใช้ในการทดลองเป็นผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างการทอ ลายขัดผ่านการทำความสะอาด และฟอกขาวแล้ว

สีย้อมธรรมชาติใช้เพียงชนิดเดียว ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียที่ดีที่สุด คือ เปลือกมังคุด

เชื้อแบคทีเรีย ในการทดลองนี้ใช้เชื้อแบคทีเรียเพียงหนึ่งชนิด คือ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นชนิด *gram-positive bacterium*

อุปกรณ์สำหรับการย้อมสี

1. เครื่องย้อมสี LA-650 Infrared Dyer
2. เครื่องสกัดสี ใช้เครื่องย้อมเส้นด้าย มก.3
3. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
4. บีกเกอร์ขนาด 50 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวงขนาด 100 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

อุปกรณ์สำหรับวัดค่าสี

1. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer)

อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย

1. จานเพาะเลี้ยงเชื้อ
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ
3. ขวดรูปชมพู่
4. หม้อนึ่งอัดความดัน
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. ตูบ่มเชื้อ

วิธีการ

แผนการทดลอง การศึกษาความสามารถการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากของเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน ดำเนินการตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด มีปัจจัยในการทดลอง คือ สัดส่วนวัสดุที่ใช้ในการสกัดน้ำสีจากเปลือกมังคุด 3 ระดับ คือใช้วัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

การเตรียมน้ำย้อม นำเปลือกมังคุดมาปั่นให้ละเอียด เพื่อใช้ในการสกัดสี ใช้สัดส่วนการสกัด วัสดุต่อน้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ใช้เวลาในการต้ม 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

การย้อมสี นำผ้าทดลองซึ่งเป็นผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ต้มทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกแล้ว มาย้อมโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:30 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที เมื่อครบเวลา นำผ้าที่ย้อมสีแล้ว แช่ในน้ำสารส้มที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เป็นสารช่วยติด ใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:50 เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง โดยใช้ผ้าต่อน้ำ 1:200 นำผ้าตากในที่ร่มจนแห้ง

การวัดค่าสี นำผ้าฝ้ายที่ย้อมแล้วไปวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วัดค่า L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย นำผ้าที่ย้อมได้ ไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 147-2004 “Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials : Parallel Streak Method.” (AATCC, 2006) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบค่าสีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมได้ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S และขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของผ้าทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (อนันต์ชัย, 2542)

สมมติฐานการวิจัย

1. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน
2. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน
3. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

4. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สกัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า C* ไม่แตกต่างกัน

5. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สกัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า h* ไม่แตกต่างกัน

6. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สกัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

7. ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สกัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ไม่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 3 ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุด

การทดลองนี้เป็นการศึกษา สีและความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด

วัสดุและอุปกรณ์

ผ้าทดลอง ผ้าที่ใช้ในการทดลองเป็นผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างการทอลายขัดผ่านการทำความสะอาด และฟอกขาวแล้ว

สีย้อมธรรมชาติใช้เพียงชนิดเดียว ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียที่ดีที่สุด คือ เปลือกมังคุด โดยแยกเป็นเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม

เชื้อแบคทีเรีย ในการทดลองนี้ใช้เชื้อแบคทีเรียเพียงหนึ่งชนิด คือ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นชนิด gram-positive bacterium

ผงซักฟอกมาตรฐาน (standard reference detergent) ของ AATCC สำหรับทดสอบการซัก

ผ้ามาตรฐานสำหรับทดสอบซัก เป็นผ้าที่ประกอบด้วยเส้นใยหลายชนิด (multifiber fabric) ที่ใช้ทดสอบการซักตามมาตรฐานของ AATCC

ผ้ามาตรฐานสำหรับทดสอบแสง เป็นผ้าขนสัตว์สีน้ำเงิน (blue wool) ที่ใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐานของ AATCC

อุปกรณ์สำหรับการย้อมสี

1. เครื่องย้อมสี LA-650 Infrared Dyer
2. เครื่องสกัดสี ใช้เครื่องย้อมเส้นด้าย มก.3
3. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
4. บีกเกอร์ขนาด 50 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
5. กระบอกตวงขนาด 100 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

อุปกรณ์สำหรับวัดค่าสี

1. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer)

อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย

1. จานเพาะเลี้ยงเชื้อ
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ
3. ขวดรูปชมพู่
4. หม้อนึ่งอัดความดัน
5. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. ตู้บ่มเชื้อ

อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการซัก และการทดสอบแสง

1. เครื่องทดสอบการซัก (Launder – Ometer)
2. เครื่องทดสอบแสง (Light fastness)
3. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer)

วิธีการ

แผนการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ปัจจัยในการทดลอง คือ สีย้อมจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ได้แก่ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ทำการทดลอง 8 ซ้ำ

การเตรียมน้ำย้อม เปลือกมังคุดที่ใช้ในการสกัดน้ำสี แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ เปลือกนอก ใช้ส่วนที่เป็นผิวนอกสุดของเปลือกมังคุด ที่เหลือหลังจากขูดเอาส่วนที่เป็นเปลือกในออกให้หมด เปลือกใน ใช้ส่วนเปลือกด้านในของเปลือกมังคุด โดยแยกส่วนเปลือกนอกออก และเปลือกรวม ใช้ส่วนของเปลือกทั้งหมดนำมาปั่นให้ละเอียด และทำการสกัดน้ำสีโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:5 ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดกรองด้วยผ้าขาวบาง

การย้อมสี นำผ้าทดลองซึ่งเป็นผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ต้มทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกแล้ว มาย้อมโดยใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำย้อม 1:30 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที เมื่อครบเวลา นำผ้าที่ย้อมสีแล้ว แช่ในสารส้มที่มีความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เป็นสารช่วยติด ใช้อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:50 เป็นเวลา 30 นาที ล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง โดยใช้ผ้าต่อน้ำ 1:200 นำผ้าตากในที่ร่มจนแห้ง

การวัดค่าสี นำผ้าฝ้ายที่ย้อมแล้วไปวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วัดค่า L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ทั้งนี้วัดค่าสีทั้งก่อนการซักและอาบแสง หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง และหลังการอาบแสง

การทดสอบซัก ในการทดสอบการซักทำการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2003 วิธีที่ 1A (AATCC, 2006) ทำการทดสอบซัก 5 ครั้ง และซัก 10 ครั้ง โดยมีสภาวะการซัก ดังนี้ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สารละลายผงซักฟอก 200 มิลลิลิตร ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลูกบอลเหล็กไร้สนิม 10 ลูก และ ใช้เวลาซัก 45 นาที

การทดสอบแสง (light fastness) ในการทดสอบแสงทำการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 16 -2004 No.E Water – cooled Xenon arc Lamps Continuous light (AATCC, 2006) โดยมีวิธีการดังนี้ ตัดผ้าทดลองขนาด 4.5 X 10 เซนติเมตร ติดบนกระดาษแข็งที่ไม่มีสีสารเรืองแสง นำเข้าตู้อาบแสงพร้อมผ้ามาตรฐาน (blue wool) ที่มีความคงทนของสี 8 ระดับ ใช้หลอดไฟซีนอนอาร์ก

ที่มีอุณหภูมิ 5,500 – 6,500 องศาเซลวิน ใช้ความยาวคลื่นแสงประมาณ 350 นาโนเมตร อาบแสงนาน 20 ชั่วโมง

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ทำการทดสอบผ้าที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 147-2004 “Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials : Parallel Streak Method.” (AATCC, 2006) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ทั้งนี้ทดสอบทั้งตัวอย่างผ้าง่อนซักและอาบแสง หลังการซัก 5 ครั้งและ 10 ครั้ง และหลังการอาบแสง

การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบค่าสี และการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S และขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของผ้าทดลอง วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (อนันต์ชัย, 2542)

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานสำหรับการทดสอบผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและอาบแสง

1. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน
2. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน
3. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

4. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าC* ไม่แตกต่างกัน

5. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าh* ไม่แตกต่างกัน

6. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าK/S ไม่แตกต่างกัน

7. ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับการทดสอบผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง

1. หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าL* ไม่แตกต่างกัน

2. หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าa* ไม่แตกต่างกัน

3. หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าb* ไม่แตกต่างกัน

4. หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าC* ไม่แตกต่างกัน

5. หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าh* ไม่แตกต่างกัน

6. หลังการทดสอบชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าK/S ไม่แตกต่างกัน

7. หลังการทดสอบชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับการทดสอบผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง

1. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าL* ไม่แตกต่างกัน

2. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าa* ไม่แตกต่างกัน

3. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าb* ไม่แตกต่างกัน

4. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ค่าC* ไม่แตกต่างกัน

5. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าh* ไม่แตกต่างกัน

6. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าK/S ไม่แตกต่างกัน

7. หลังการทดสอบชัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานสำหรับการทดสอบผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการทดสอบแสง

1. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน

2. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน

3. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

4. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

5. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h^* ไม่แตกต่างกัน

6. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

7. หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน

สถานที่ทำการวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งทอ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร
2. ห้องปฏิบัติการสิ่งทอ สาขาวิชาสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
3. ห้องปฏิบัติการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
พระนคร
4. ห้องปฏิบัติการทดสอบจุลชีววิทยา สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ก้าวหน้าไท
กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลาการทําวิจัย

เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2552 ถึงเดือนตุลาคม 2553

ผลและวิจารณ์

การวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับชนิดของสีย้อมธรรมชาติที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในผ้าฝ้าย และศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของสีย้อมธรรมชาติที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงแบ่งการศึกษาเป็น 2 ตอน คือ 1) ศึกษาการยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ และ 2) ศึกษาสีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด

ตอนที่ 1 การยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ

จากการทดลองนำผ้าฝ้ายไปย้อมสีด้วยพืช 8 ชนิด คือ เปลือกมังคุด ใบบัวบก หมากรูด ใบพลู ใบยูคาลิปตัส ใบชะพลู ขมิ้น และสีเสียด แล้วนำผ้าที่ย้อมได้ไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* และ *Klebsiella pneumoniae* ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติชนิดต่างๆ

ชนิดของสีย้อมธรรมชาติที่ใช้ย้อม	ขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (มม.)	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
เปลือกมังคุด	1.2	0.0
ใบบัวบก	0.0	0.0
หมากรูด	1.0	0.0
ใบพลู	0.0	0.0
ใบยูคาลิปตัส	0.0	0.0
ใบชะพลู	0.0	0.0
ขมิ้น	0.0	0.0
สีเสียด	0.0	0.0

จากตารางที่ 1 ซึ่งแสดงผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* และ *Klebsiella pneumoniae* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยพืชให้สี 8

ชนิด คือ เปลือกมังคุด ใบบัวบก หอมก ใบบลู ใบยูคาลิปตัส ใบชะพลู ขมิ้น และเสีเสียด จะเห็นว่ามีเพียงฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากเปลือกมังคุด และหอมก ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ และจะเห็นได้ว่า ฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากหอมก โดยมีขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (inhibition zone) ใหญ่กว่าฝ้ายข้อมสิจากหอมก อย่างไรก็ตามฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากเปลือกมังคุดและหอมกไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Klebsiella pneumoniae* ส่วนฝ้ายข้อมด้วยสิจากใบบัวบก ใบพลู ใบยูคาลิปตัส ใบชะพลู ขมิ้น และเสีเสียด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดได้เลย ผลที่ได้สอดคล้องกับ ผลการวิจัยของพจนาน และคณะ (2551) ศึกษาสมุนไพรที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้างเอนไซม์ Extended-Spectrum β -lactamase (ESBL) โดยใช้สมุนไพร 11 ชนิด พบว่า มังคุดและขมิ้น ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Klebsiella pneumoniae* ได้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจาธรรมชาติชนิดต่าง ๆ

SOV	df	SS	MS	F
Between groups	7	9.175	1.311	415.276**
Within groups	32	0101	0.003	
Total	39	9.276		

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากพืช 8 ชนิด คือ เปลือกมังคุด ใบบัวบก หอมก ใบพลู ใบยูคาลิปตัส ใบชะพลู ขมิ้น และเสีเสียด มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า สิจาธรรมชาติชนิดต่าง ๆ มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* บนฝ้ายไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากเปลือกมังคุด มีความสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ดีกว่าฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากหอมก และฝ้ายที่ข้อมด้วยสิจากเปลือกมังคุดและหอมกมีความสามารถ

ยับยั้งแบคทีเรียชนิดนี้ได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากใบบวบก ใบพลู ใบยูคาลิปตัส ใบชะพลู ขมิ้น และสีเสียด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 1)

ส่วนการยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* พบว่าไม่มีสีชนิดใดที่ใช้ย้อมสามารถยับยั้งได้ จึงยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า สีธรรมชาติชนิดต่าง ๆ มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Klebsiella pneumoniae* บนผ้าฝ้ายไม่แตกต่างกัน

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดและหมาก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* ได้

ตอนที่ 2 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด

จากผลการศึกษาตอนที่ 1 พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย นอกจากนี้ ยังพบว่า เปลือกมังคุดเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งและมีปริมาณมาก จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า มังคุด 1 กิโลกรัม จะมีส่วนเนื้อมังคุดที่ใช้รับประทานเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ (60 เปอร์เซ็นต์) เป็นเปลือก เปลือกมังคุดจึงเหมาะที่จะใช้ย้อมผ้าเพื่อให้มีคุณสมบัติพิเศษนี้ จึงทำการศึกษาต่อในเรื่องสีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน และ เรื่องสีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ได้ผลดังต่อไปนี้

สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน

จากการศึกษาในเบื้องต้น ผ้าที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ดีที่สุด จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนวัสดุน้ำ ที่ใช้ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด โดยทดลองใช้สัดส่วนวัสดุน้ำ 1:3 (ความเข้มข้นสูงสุด) 1:5 (ความเข้มข้นปานกลาง) และ 1:7 (ความเข้มข้นต่ำ) แล้วนำไปย้อมผ้าฝ้าย วัดค่าสีที่ได้และทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ผลดังต่อไปนี้

ค่าสี จากการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยใช้สีที่สกัดโดยใช้สัดส่วน วัสดุ:น้ำ ต่างกัน คือ 1:3 1:5 และ 1:7 พบว่า จากการมองด้วยสายตา ผ้าที่ย้อมได้มีสีใกล้เคียงกัน และ เมื่อนำผ้าที่ย้อมได้ไปวัดค่า L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สกัด โดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนวัสดุ: น้ำ	ค่าสี					
	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	K/S
1:3	69.642	8.040	21.128	22.604	69.184	.649
1:5	69.274	8.230	22.154	23.640	69.628	.607
1:7	70.723	7.886	19.018	20.586	67.472	.543

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่า ค่า L^* ซึ่งเป็นค่าแสดงควมมืดความสว่างของสี มีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดเหล่านี้มีความสว่างค่อนข้างมาก (สีค่อนข้างอ่อน) โดยเฉพาะผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีที่ใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:7 จะมีความสว่างมากที่สุดหรือมีสีอ่อนที่สุด

ค่า a^* หมายถึง ความเป็นสีเขียว-แดง ถ้าค่า a^* เป็นบวกแสดงถึงความเป็นสีแดง ถ้า a^* เป็นลบ แสดงถึงความเป็นสีเขียว พบว่า สีผ้าที่ย้อมได้ทุกความเข้มข้น มีค่า a^* เป็นบวก แสดงว่าผ้าที่ย้อมได้มีสีออกแดง

ค่า b^* หมายถึง ความเป็นสีเหลือง-สีน้ำเงิน ถ้าค่า b^* เป็นบวก แสดงถึงความเป็นสีเหลือง ถ้า b^* เป็นลบ แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน จะเห็นว่าสีผ้าที่ย้อมได้ทุกความเข้มข้น มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่า ผ้าที่ย้อมได้มีสีออกสีเหลือง

ค่า C^* เป็นค่าแสดงความสดใสของสี พบว่า สีผ้าที่ย้อมได้ทุกความเข้มข้น มีค่า C^* ไม่สูงนัก แสดงว่าสีผ้าที่ย้อมได้มีความสดใสน้อย

ค่า h^* หรือค่า hue angle เป็นตัวเลขที่ใช้ระบุว่ามีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ มีหน่วยเป็น องศา ถ้า h^* เท่ากับ 0 องศา แสดงว่าเป็นสีแดง ถ้า h^* เท่ากับ 90 องศา แสดงว่าเป็นสีเหลือง พบว่า สีฟ้าที่ข้อมได้ มีค่า h^* อยู่ระหว่าง 67.472-69.628 แสดงว่าสีฟ้าที่ข้อมได้เป็นสีเหลืองอมแดง ซึ่งจากการมองด้วยสายตา จะเห็นสีฟ้าที่ข้อมได้เป็นสีน้ำตาล

ค่า K/S เป็นค่าแสดงความเข้มของสี พบว่า ผ้าที่ข้อมได้มีค่า K/S อยู่ระหว่าง .543 - .649 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่ามีความเข้มของสีใกล้เคียงกัน

จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ น้ำ 1:5 มีค่าเฉลี่ย a^* b^* C^* และ h^* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุ น้ำ 1:3 อาจเกิดจากการทดลองสกัดน้ำสีใช้เปลือกมังคุดปั่นละเอียด ซึ่งจะได้น้ำได้ดีและการสกัดที่ใช้สัดส่วนวัสดุ น้ำ 1:3 มีปริมาณน้ำน้อย กรอบกับขณะต้มสกัดใช้อุณหภูมิสูงทำให้น้ำบางส่วนระเหยทำให้สีไม่สามารถละลายน้ำได้เต็มที่ ส่งผลให้ผ้าที่ข้อมได้มีค่าสีทุกค่าต่ำกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนวัสดุ น้ำ 1:5

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่
ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

		df	SS	MS	F
L*	Between groups	2	5.749	2.874	111.239**
	Within groups	12	.310	.026	
	Total	14	6.053		
a*	Between groups	2	.297	.148	69.266**
	Within groups	12	.026	.002	
	Total	14	.323		
b*	Between groups	2	25.565	12.783	106.903**
	Within groups	12	1.435	.120	
	Total	14	27.000		
C*	Between groups	2	24.121	12.060	106.225**
	Within groups	12	1.362	.114	
	Total	14	24.483		
h*	Between groups	2	12.961	6.480	135.412**
	Within groups	12	.574	.048	
	Total	14	13.535		
K/S	Between groups	2	.029	.014	13.756**
	Within groups	12	.012	.001	
	Total	14	.041		

จากตารางที่ 4 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่มีความเข้มข้นต่างกัน พบว่า ระดับความเข้มข้นของน้ำย้อมมีผลต่อค่า L* a* b* C* h* และ K/S อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า L* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:7 มีค่า L^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้อัตราส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:5 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ล้วนมีค่าความสว่าง (L^*) ของสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 2)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 มีค่า a^* สูงสุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ล้วนมีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 3)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 มีค่า b^* สูงสุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ล้วนมีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 4)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 มีค่า C* สูงสุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ล้วนมีค่าความสดใส (C*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 5)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่า h* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า h* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 มีค่า h* สูงสุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ล้วนมีค่า h* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 6)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 มีค่า K/S สูงสุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 และ 1:7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:5 มีค่า K/S สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:7 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 7)

ผลการทดลองนี้ สรุปได้ว่า ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด การใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 ซึ่งให้ค่า L* ต่ำสุด (สีเข้มที่สุด) ให้ค่า a* (ความเป็นสีแดง) ค่า b* (ความเป็นสีเหลือง) และ ค่า C* (ความสดใส) สูงสุด เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด

การยับยั้งแบคทีเรีย จากการทดลองย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสี ต่างกัน 3 ระดับ คือใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 จากนั้นนำผ้าที่ย้อมได้ไปทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนวัสดุ:น้ำ	ขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (มม.)
1:3	1.4
1:5	1.2
1:7	1.0

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ทั้ง 3 ระดับ สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ โดยสีย้อมที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 (น้ำสีมีความเข้มข้นสูงสุด) มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้มากที่สุด ส่วนสีย้อมที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:7 (น้ำสีมีความเข้มข้นต่ำสุด) มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียได้น้อยที่สุด

เปลือกมังคุดมีสารประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ แทนนิน (tannins) และ แซนโทน (xanthone) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (วันดี, 2541) ดังนั้น เมื่อนำเปลือกมังคุดมาสกัดน้ำสีเพื่อใช้ย้อมผ้า ผ้าที่ย้อมได้จึงสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นุสวดีและสมใจ (2553) ที่ได้ทำการศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดสิวของสารสกัดพืชสมุนไพร และ พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่สำคัญ คือ แซนโทน สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ดี จึงสรุปได้ว่าสารจากเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ทั้งบนพื้นผ้าและบนผิวหนัง

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำต่างกัน

SOV	df	SS	MS	F
Between groups	2	.400	.200	10.000**
Within groups	12	.240	.020	
Total	14	.640		

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัด โดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำต่างกัน 3 ระดับ คือ 1:3 (ความเข้มข้นสูง) 1:5 (ความเข้มข้นปานกลาง) และ 1:7 (ความเข้มข้นต่ำ) มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ไม่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนการสกัดสีต่างกัน ล้วนมีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแตกต่างกัน ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 กับ 1:7 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 กับ 1:5 และ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 กับ 1:7 มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ 8)

แสดงให้เห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่มีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าแต่การสกัดน้ำสีในอัตราส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 (ความเข้มข้นสูง) ปริมาณน้ำน้อย และขณะต้มสกัดซึ่งใช้อุณหภูมิสูงทำให้น้ำแห้ง ดังนั้น ในการทดลองและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดจึงเลือกใช้สัดส่วนการสกัดน้ำสีวัสดุ:น้ำ 1:5

สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด

จากการทดลองเบื้องต้นซึ่ง พบว่า สีจากเปลือกมังคุดมีความสามารถยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายได้ จึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด โดยทดลองสกัดน้ำสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม โดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 แล้วนำไปย้อมผ้าฝ้าย วัดค่าสีของผ้าที่ย้อมได้ และทดสอบความสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ทั้งก่อนการซักและอบแสง หลังการซัก 5 ครั้ง หลังการซัก 10 ครั้ง และหลังการอบแสง ได้ผลดังต่อไปนี้

สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าก่อนการซักและอบแสง

ค่าสี จากการวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด คือ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ก่อนการซักและการอบแสง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
เปลือกนอก	77.828	5.113	10.866	12.014	64.759	0.248
เปลือกใน	80.368	4.015	11.543	12.225	70.701	0.203
เปลือกรวม	75.615	6.063	15.356	16.515	68.445	0.338

จากตารางที่ 7 จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ของมังคุด มีค่า L* ก่อนข้างสูง แสดงว่า ผ้าที่ย้อมได้มีสีอ่อน โดยเฉพาะผ้าที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุดจะมีสีอ่อนที่สุด เนื่องจากมีค่า L* สูงสุด

ค่า a* หมายถึง ค่าความเป็นสีเขียว-แดง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า a* เป็นบวก ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง แสดงว่าผ้าที่ย้อมได้จะมีสีออกแดง ผ้าฝ้ายที่ย้อมจากเปลือกรวมของมังคุด ให้ค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด

ค่า b^* หมายถึง ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมได้มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีสีออกเป็นสีเหลือง และพบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรมของมังคุดให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงสุด

ค่า C^* หมายถึง ความสดใสของสี จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมได้ มีค่าความสดใสของสีอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรมของมังคุดมีค่าความสดใสของสีสูงสุด

ค่า h^* แสดงค่าตำแหน่งของสี จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรรมของมังคุด มีค่าอยู่ระหว่าง 64.759-68.445 แสดงว่า สีของผ้าที่ข้อมได้อยู่ในช่วงของสีเหลือง โดยเฉพาะผ้าฝ้ายที่ข้อมสีจากเปลือกในของมังคุด เป็นสีเหลืองมากที่สุด

ค่า K/S แสดงความเข้มของสี จากการทดลอง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดมีค่า K/S อยู่ระหว่าง 0.203-0.338 ซึ่งผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรรมของมังคุด มีค่า K/S ใกล้เคียงกัน ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรมมีค่า K/S สูงสุด แสดงว่ามีสีเข้มที่สุด

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและอบแสง

	SOV	df	SS	MS	F
L*	Between groups	2	90.488	45.244	65.792**
	Within groups	21	14.441	.688	
	Total	23	104.929		
a*	Between groups	2	16.798	8.399	79.468**
	Within groups	21	2.220	.106	
	Total	23	19.018		
b*	Between groups	2	93.766	46.883	52.361**
	Within groups	21	18.803	.895	
	Total	23	112.569		
C*	Between groups	2	103.227	51.613	59.688**
	Within groups	21	18.159	.865	
	Total	23	121.386		
h*	Between groups	2	143.980	71.990	26.217**
	Within groups	21	57.664	2.746	
	Total	23	201.643		
K/S	Between groups	2	.076	.038	71.471**
	Within groups	21	.011	.001	
	Total	23	.087		

จากตารางที่ 8 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมมีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอบแสงผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุด มีค่า L^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมจากเปลือกนอก และเปลือกรวมอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่า ผ้าที่ย้อมได้มีสีอ่อนกว่า ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีค่าความสว่าง (L^*) ของสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 9)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า a^* สูงสุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน มีค่า a^* ต่ำสุด แสดงว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีความเป็นสีแดงมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 10)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า b^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีความเป็นสีเหลืองมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า b^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 11)

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรมของมังคุด มีค่า C* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรม มีค่า C* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 12)

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรรมของมังคุด มีค่า h* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอบแสงผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุด มีค่า h* สูงกว่าผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรม ส่วนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุด มีค่า h* ต่ำสุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ล้วนมีค่า h* แตกต่างกัน ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก และเปลือกกรรม มีค่า h* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในและเปลือกกรรม มีค่า h* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ 13)

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรรมของมังคุด มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอบแสงผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรมของมังคุดมีความเข้มของสี สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรรมของมังคุด ล้วนมีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 14)

สรุปแล้วผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรรมมีความเข้ม ความสดใส ความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลืองสูงสุด

การยับยั้งแบคทีเรีย จากการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* บนผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยลีสจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด คือ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ก่อนการซักและอบแสง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยลีสจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (มม.)
เปลือกนอก	0.5
เปลือกใน	0.8
เปลือกรวม	1.0

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยลีสจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ไม่ว่าจะเป็นเปลือกนอก เปลือกใน หรือเปลือกรวม สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ทั้งหมด และพบว่า ผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยลีสจากเปลือกรวม สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยมีขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียใหญ่สุด ส่วนผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยลีสจากเปลือกนอกสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้น้อยที่สุด

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยลีสจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนการซักและอบแสง

SOV	df	SS	MS	F
Between groups	2	1.013	.507	88.667**
Within groups	21	.120	.006	
Total	23	1.133		

จากตารางที่ 10 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ก่อนการซักและอาบแสงผ้าฝ้ายย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีที่สุด มีขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียใหญ่ที่สุด รองลงมา คือ ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกใน ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียต่ำที่สุด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 15)

การที่ผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีที่สุด อาจเนื่องมาจากในเปลือกรวมนั้นมีสารประกอบทางเคมีที่สำคัญทั้ง 2 ชนิด คือ แชนโทน และ แทนนิน อยู่ในปริมาณมาก แต่ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในของมังคุด มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียต่ำกว่า อาจเนื่องจากในเปลือกนอกของมังคุดมีปริมาณแชนโทนน้อย และในเปลือกในมีปริมาณแทนนินน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสายพิน (2552) ที่ทำการศึกษาสีจากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกนอกสุดของเปลือกมังคุดมาทำการสกัดและพบว่า มีแชนโทนในปริมาณน้อยมาก

สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าหลังการซัก 5 ครั้ง

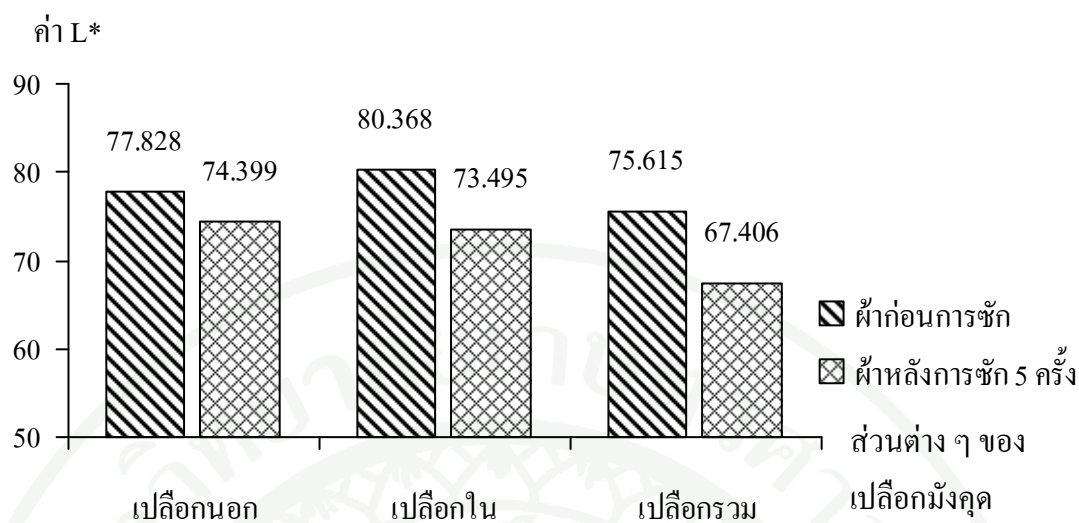
การทดสอบซักผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ดำเนินการตามมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2003 วิธีที่ 1A ทำการทดสอบซัก 5 ครั้ง ซึ่งเทียบเท่าการซักด้วยมือ 25 ครั้ง ได้ผลดังต่อไปนี้

ค่าสี จากการวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง

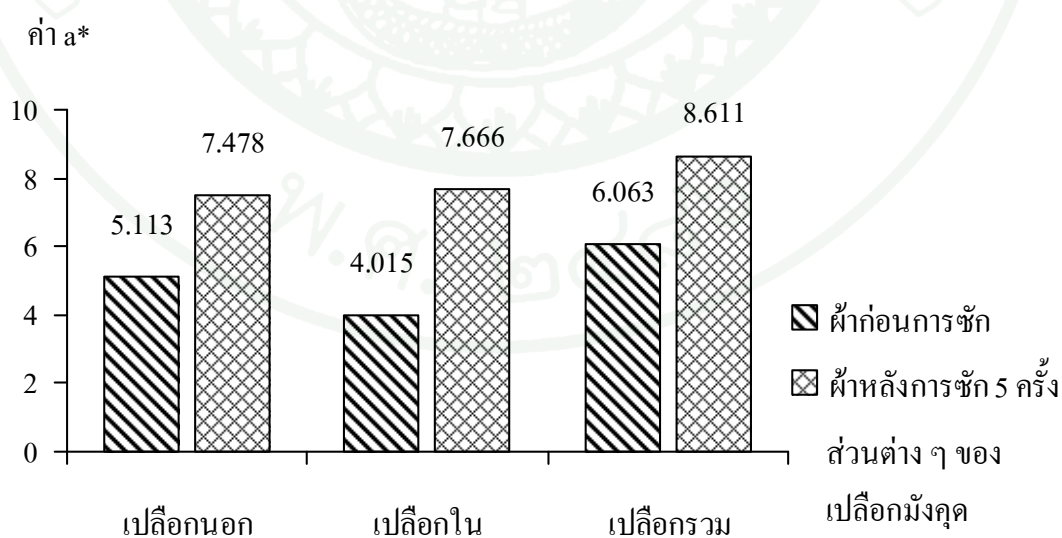
ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
เปลือกนอก	74.399	7.478	4.564	8.774	31.251	0.347
เปลือกใน	73.495	7.666	6.821	10.293	41.308	0.380
เปลือกรวม	67.406	8.611	12.114	14.865	54.595	0.642

จากตารางที่ 11 จะเห็นว่าหลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L* ก่อนข้างสูง แสดงว่าสีผ้ามีความสว่าง (สีอ่อน) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง สีผ้ามีค่าความสว่างลดลง หรือมีสีเข้มขึ้น ดังภาพที่ 9



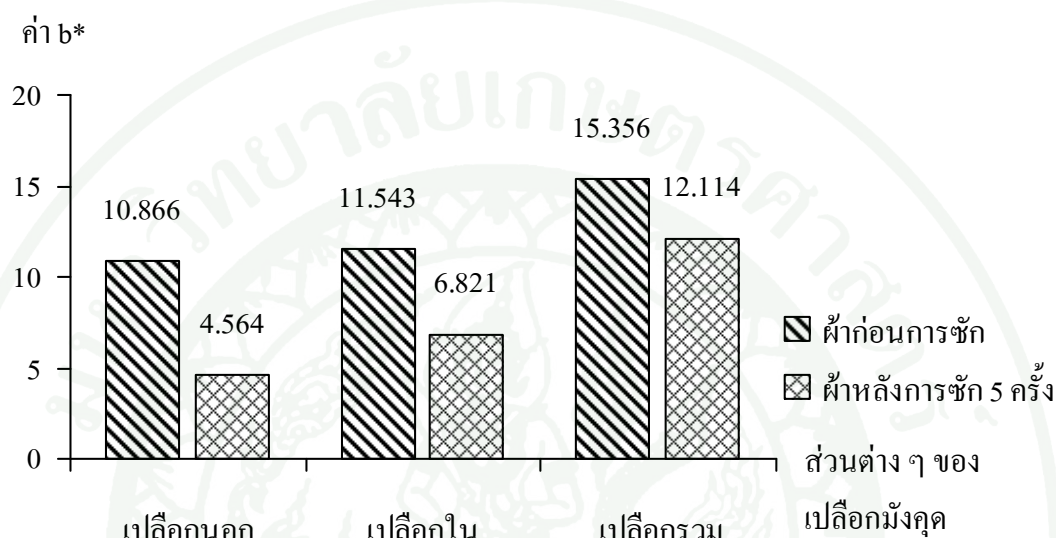
ภาพที่ 9 ค่า L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

ค่า a* หมายถึง ค่าความเป็นสีแดง-เขียว พบว่า ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง มีค่า a* เป็นบวก แสดงว่า ผ้ามีสีออกแดง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง สีผ้ามีค่า a* สูงขึ้น แสดงว่าการซักทำให้ผ้ามีความเป็นสีแดงเข้มมากขึ้น ดังภาพที่ 10



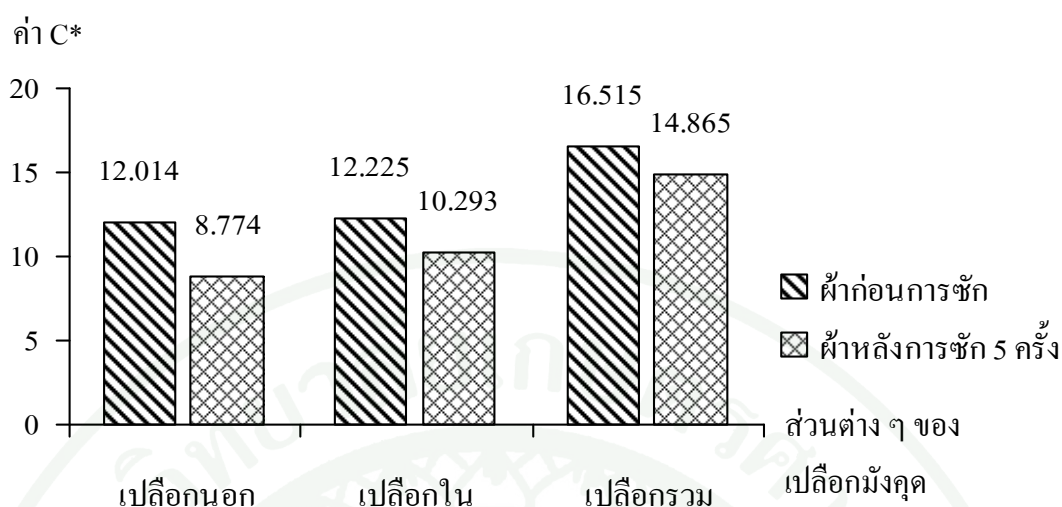
ภาพที่ 10 ค่า a* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

ค่า b^* หมายถึง ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีสีออกเหลือง และเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง สีผ้ามีค่า b^* ลดลง แสดงว่าการซักทำให้ผ้ามีความเป็นสีเหลืองลดลง ดังภาพที่ 11



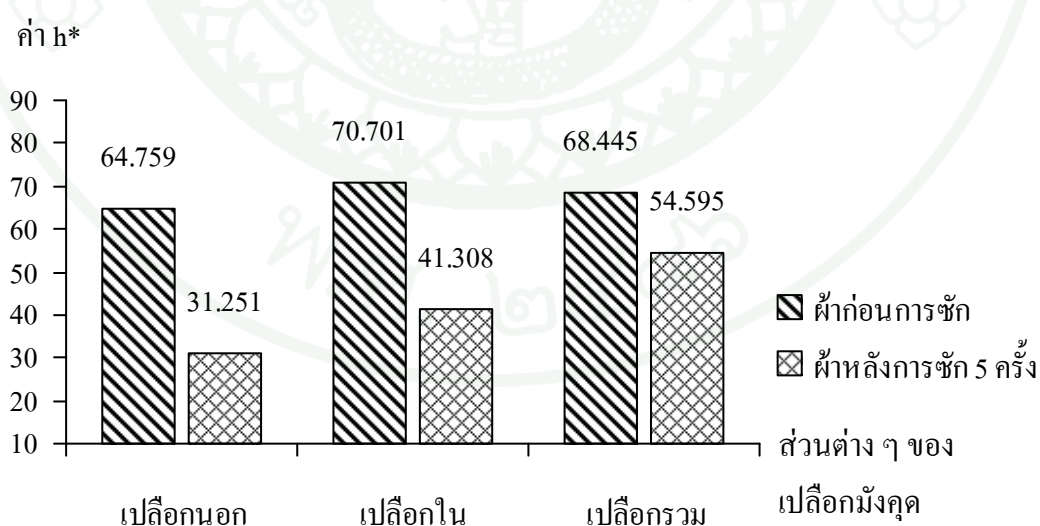
ภาพที่ 11 ค่า b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

ค่า C^* หมายถึงค่าความสดใของสี พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง มีค่าความสดใของสีค่อนข้างต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง สีผ้ามีค่า C^* ลดลง แสดงว่าการซักทำให้ผ้ามีความสดใลดลง ดังภาพที่ 12



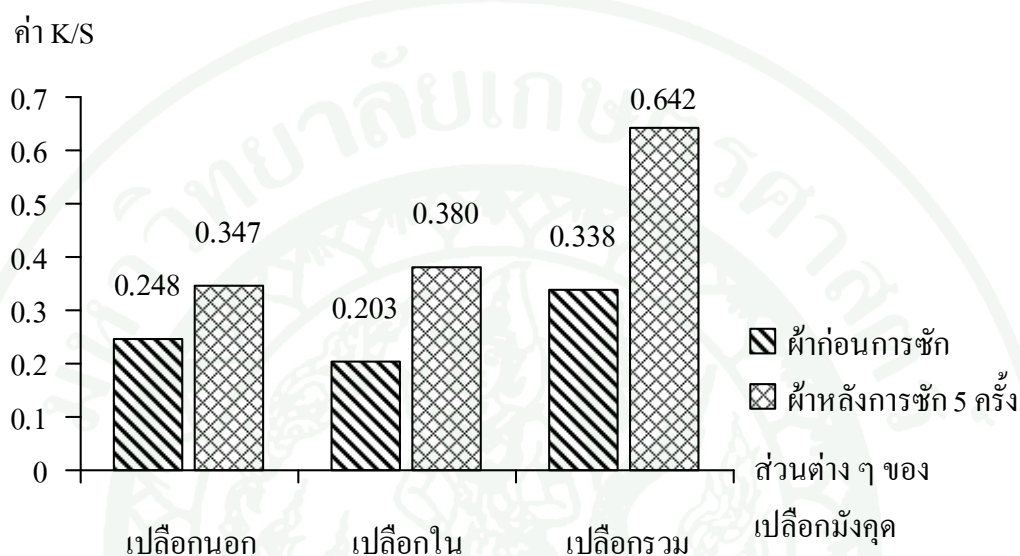
ภาพที่ 12 ค่า C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

ค่า h* แสดงตำแหน่งของสี จะเห็นว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 31.251-54.595 แสดงว่าผ้ามีสีออกเหลืองส้ม และเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง สีผ้ามีค่า h* ลดลง แสดงว่า การซักทำให้ผ้ามีความเป็นสีส้มมากขึ้น ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ค่า h* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

ค่า K/S แสดงค่าความเข้มของสี พบว่า ผ้าฝ้ายย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง มีค่า K/S อยู่ระหว่าง 0.347-0.642 แสดงว่าสีผ้าหลังจากการซักมีความเข้มของสีไม่มากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง สีผ้ามีค่า K/S เพิ่มขึ้น แสดงว่าการซักทำให้ผ้ามีสีเข้มขึ้น ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

จากการประเมินด้วยตา พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีสีเข้มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสีที่วัดได้ แสดงว่า การซักมีผลทำให้ผ้าที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดมีสีเข้มขึ้น

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าของเฉลี่ยค่า L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้าย
ที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง

	SOV	df	SS	MS	F
L*	Between groups	2	231.426	115.713	109.868**
	Within groups	21	22.117	1.053	
	Total	23	253.543		
a*	Between groups	2	5.904	2.952	45.940**
	Within groups	21	1.349	.064	
	Total	23	7.254		
b*	Between groups	2	240.292	120.146	183.100**
	Within groups	21	13.780	.656	
	Total	23	254.071		
C*	Between groups	2	160.071	80.424	226.608**
	Within groups	21	7.453	.355	
	Total	23	168.300		
h*	Between groups	2	2193.644	1096.822	85.352**
	Within groups	21	269.861	12.851	
	Total	23	2463.505		
K/S	Between groups	2	.419	.209	157.307**
	Within groups	21	.028	.001	
	Total	23	.447		

จากตารางที่ 12 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสี
จากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือก
นอก และเปลือกรวม มีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

หลังการชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม มีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในของมังคุดมีค่า L^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกรวมของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า L^* ต่ำกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 16)

หลังการชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า a^* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า a^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 17)

หลังการชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม มีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า b^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอกของมังคุด อย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการชัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม ล้วนมีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 18)

หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม มีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า C^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอกของมังคุด อย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม ล้วนมีความสดสีของสี (C^*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 19)

หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า h^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม ล้วนมีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 20)

หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน เปลือกนอก และเปลือกรวม มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีความเข้มของสีสูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่าความเข้มของสี (K/S) สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในของมังคุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 21)

การยับยั้งแบคทีเรีย จากการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุด คือ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม หลังการซัก 5 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 13

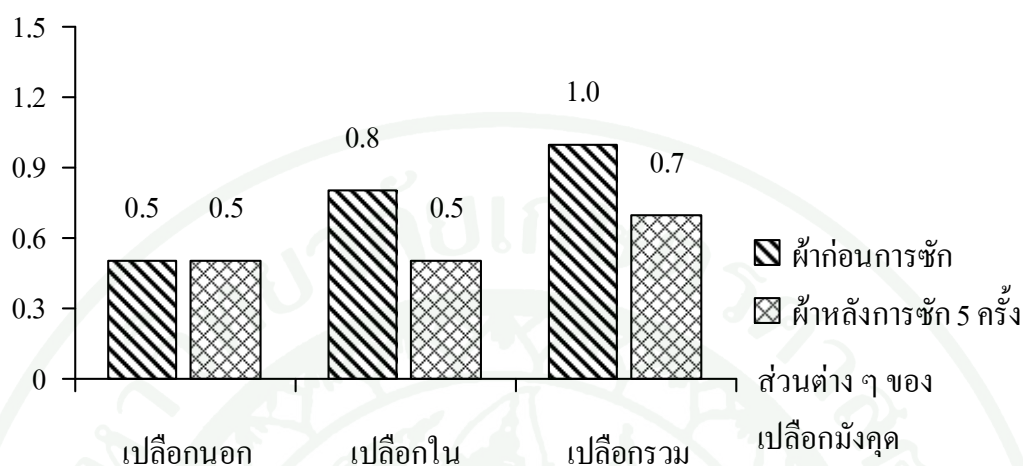
ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (มม.)
เปลือกนอก	0.5
เปลือกใน	0.5
เปลือกรวม	0.7

จากตารางที่ 13 จะเห็นว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดไม่ว่าจะเป็นสีจากเปลือกนอก เปลือกใน หรือเปลือกรวม สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ทั้งหมด ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยมีขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียใหญ่สุด ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก และเปลือกใน สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้เท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซัก พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกไม่ลดลง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในมีความสามารถยับยั้งแบคทีเรีย ลดลง 37.5 เปอร์เซ็นต์ และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม ลดลง 30 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 15

ขนาดบริเวณที่ยับยั้ง

แบคทีเรีย (มม.)



ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก 5 ครั้ง

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง

SOV	df	SS	MS	F
Between groups	2	.213	.107	37.333**
Within groups	21	.060	.003	
Total	23	.273		

จากตารางที่ 14 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน

หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรวม มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในและเปลือกนอก ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรวมของมังคุด มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียสูงกว่าจากผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในของมังคุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 22)

สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าหลังการซัก 10 ครั้ง

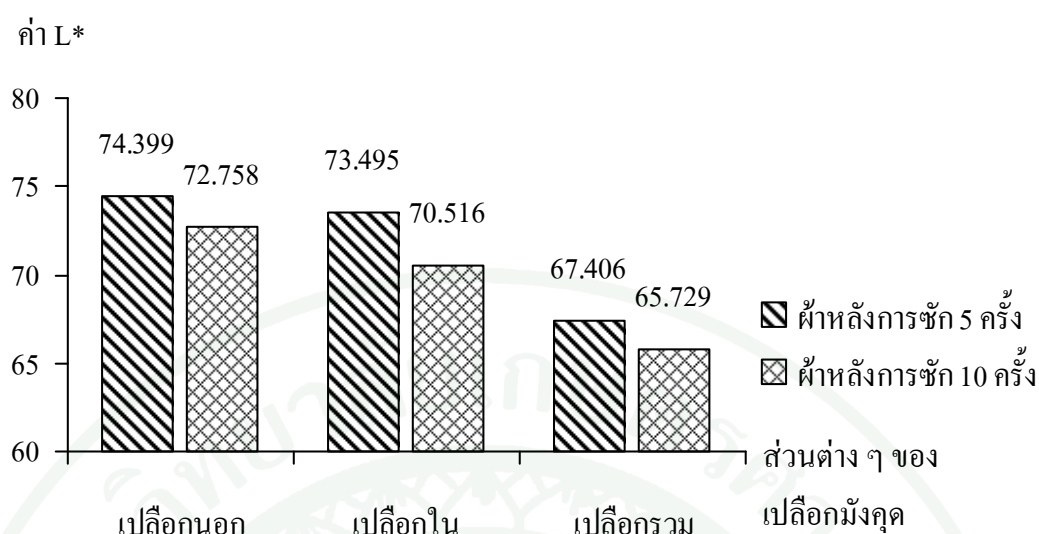
การทดสอบซักผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ดำเนินการตามมาตรฐาน AATCC Test Method 61-2003 วิธีที่ 1A ทำการทดสอบซัก 10 ครั้งซึ่งเทียบเท่าการซักด้วยมือ 50 ครั้ง ได้ผลดังต่อไปนี้

ค่าสี จากการวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 10 ครั้ง

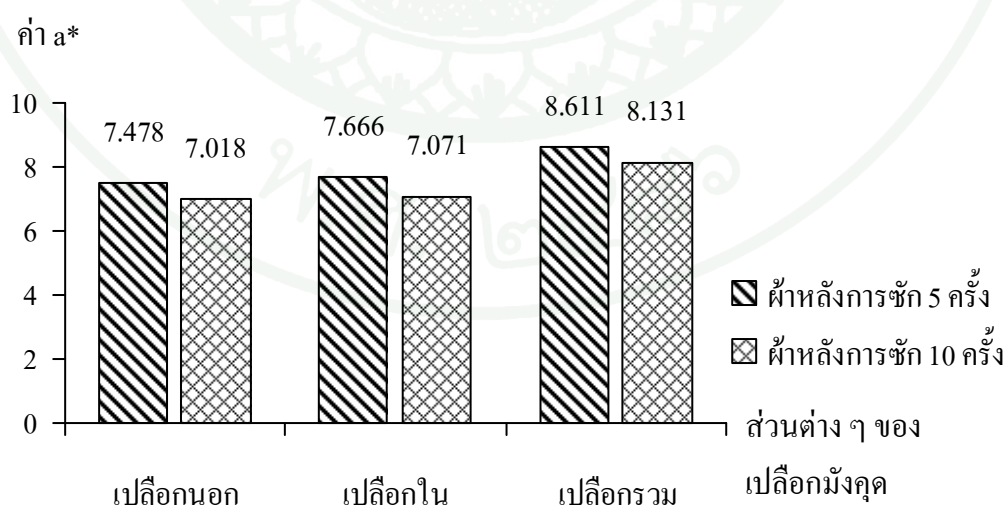
ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าสี					
	L*	a*	b*	C*	h*	K/S
เปลือกนอก	72.758	7.018	1.896	7.275	15.088	0.417
เปลือกใน	70.516	7.071	3.874	8.085	28.458	0.506
เปลือกกรวม	65.729	8.131	9.516	12.523	49.436	0.726

จากตารางที่ 15 จะเห็นว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรวมของเปลือกมังคุด มีค่า L* ค่อนข้างสูง แสดงว่าผ้ามีสีอ่อน ผ้าที่ข้อมจากเปลือกนอกของมังคุดมีสีอ่อนที่สุด เนื่องจากมีค่า L* สูงสุด แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกกรวมของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้ามีค่า L* ลดลงอีก แสดงว่า ผ้ามีสีเข้มขึ้น ดังภาพที่ 16



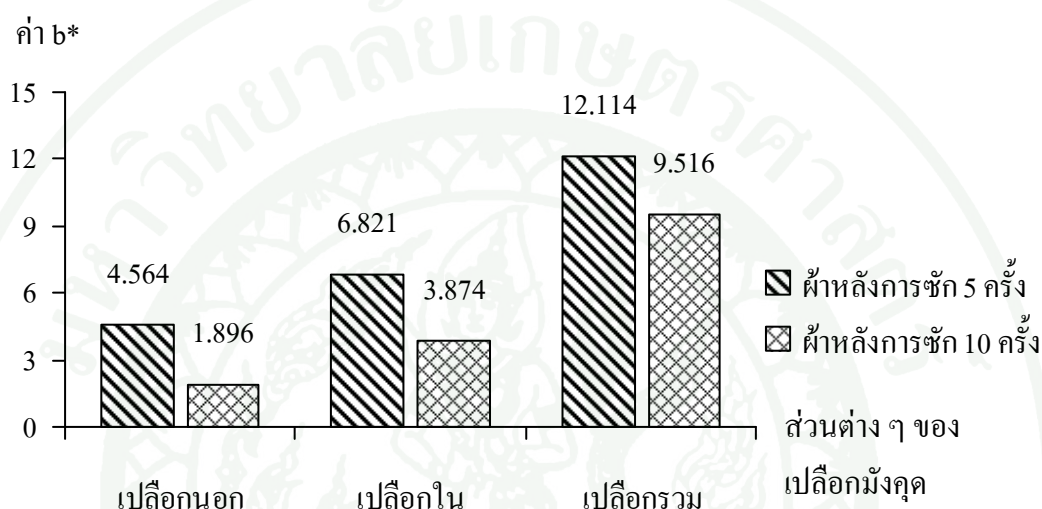
ภาพที่ 16 ค่า L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง

ค่า a* หมายถึงความเป็นสีแดง-เขียว พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า a* เป็นบวก ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง แสดงว่าผ้ามีสีออกแดง ผ้าที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุดมีความเป็นสีแดงมากที่สุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง จะพบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้ามีค่า a* ลดลงเล็กน้อย ดังภาพที่ 17



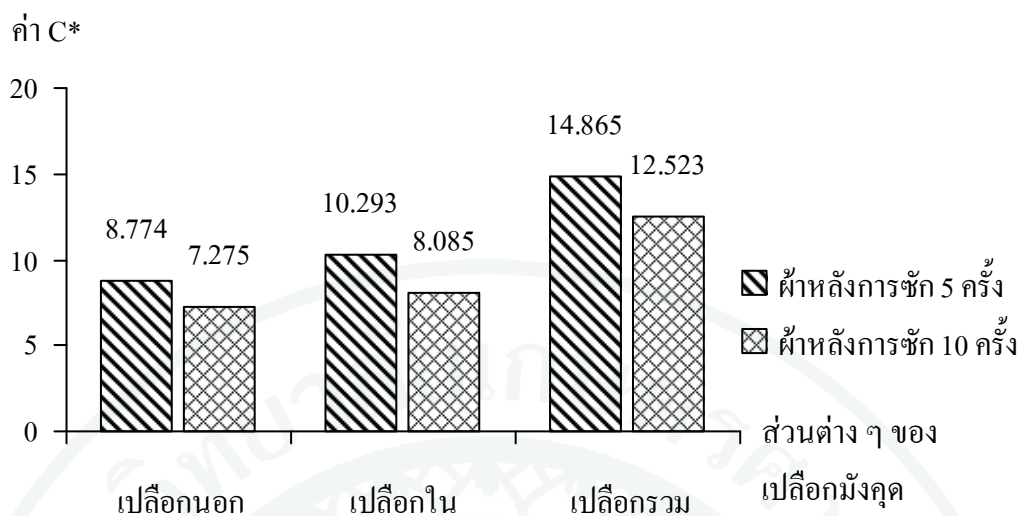
ภาพที่ 17 ค่า a* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง

ค่า b^* หมายถึง ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน จะเห็นว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า b^* เป็นบวก ซึ่งแสดงความเป็นสีเหลือง และพบว่า ผ้าที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุดมีค่าความเป็นสีเหลืองสูงสุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมมังคุด หลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้ามีค่า b^* ลดลงอีก ดังภาพที่ 18



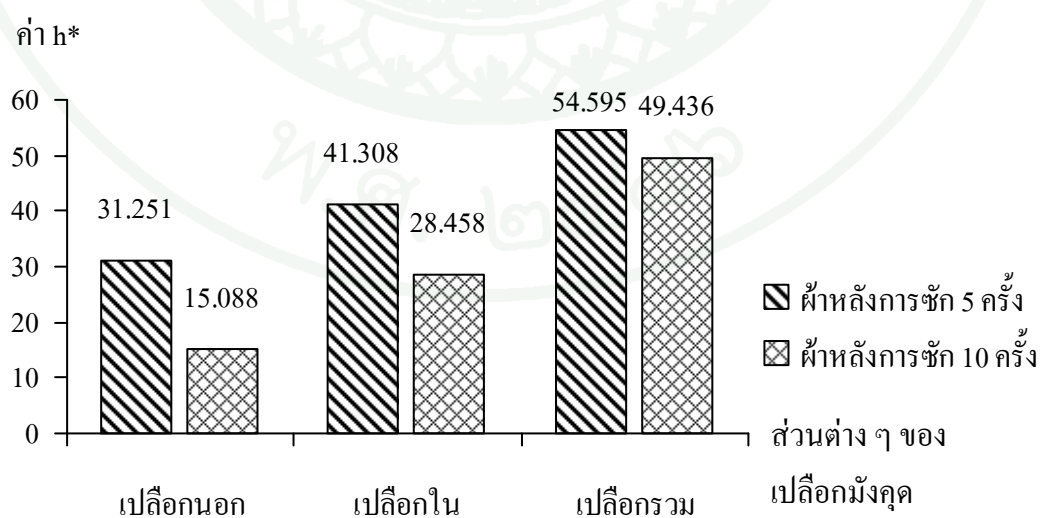
ภาพที่ 18 ค่า b^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง

ค่า C^* หมายถึง ค่าความสดใสของสี จะเห็นว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่าความสดใสของสีค่อนข้างต่ำ ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่าความสดใสของสีสูงสุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้ามีค่า C^* ลดลงอีก ดังภาพที่ 19



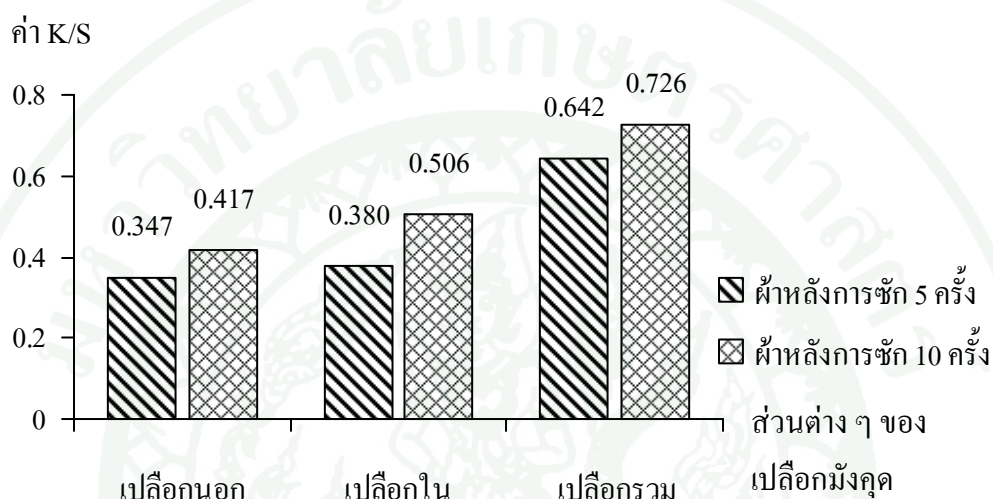
ภาพที่ 19 ค่า C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง

ค่า h^* แสดงค่าตำแหน่งของสี จะเห็นว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า h^* ระหว่าง 15.088-49.436 ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุด จะมีสีออกแดงมาก (ค่า h^* ต่ำ) แต่ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า h^* ค่อนข้างสูง ผ้ามีสีออกสีส้ม และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้ามีค่า h^* ลดลงอีก (มีสีออกแดงมากขึ้น) ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ค่า h^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง

ค่า K/S แสดงความเข้มของสี พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า K/S อยู่ระหว่าง 0.417-0.726 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้ามีค่า K/S เพิ่มขึ้น แสดงว่าจำนวนการซักที่มากขึ้นทำให้สีผ้าเข้มขึ้น ดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง และหลังการซัก 10 ครั้ง

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 10 ครั้ง

	SOV	df	SS	MS	F
L*	Between groups	2	206.258	103.129	32.947**
	Within groups	21	65.732	3.130	
	Total	23	271.990		
a*	Between groups	2	6.312	3.156	81.455**
	Within groups	21	.812	.039	
	Total	23	7.126		
b*	Between groups	2	250.167	125.084	331.562**
	Within groups	21	7.922	.377	
	Total	23	258.090		
C*	Between groups	2	127.690	63.845	315.335**
	Within groups	21	3.816	.182	
	Total	23	131.506		
h*	Between groups	2	4796.537	2398.268	209.263**
	Within groups	21	240.671	11.461	
	Total	23	5037.208		
K/S	Between groups	2	.406	.203	44.844**
	Within groups	21	.095	.005	
	Total	23	.502		

จากตารางที่ 16 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการซัก 10 ครั้ง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุดมีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก มีค่า L^* สูงที่สุด รองลงมาคือผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในและเปลือกรวมของมังคุด ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกรวม และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในกับเปลือกรวม มีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกใน มีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ 23)

หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า a^* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า a^* สูงกว่าผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในของมังคุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 24)

หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมมีค่า b^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ล้วนมีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 25)

หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า C^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ล้วนมีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 26)

หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า h^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของเปลือกมังคุด ล้วนมีค่า h^* แตกต่างกัน ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกใน มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผ้าฝ้ายที่ข้อมสีจากเปลือกนอกกับเปลือกรวม และผ้าฝ้ายที่ข้อมสีจากเปลือกในกับเปลือกรวม มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 27)

หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่าความเข้มของสี สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอกของมังคุด อย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของเปลือกมังคุด ล้วนมีค่า K/S แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกรวม และผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกในกับเปลือกรวม มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกใน มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ 28)

การยับยั้งแบคทีเรีย จากการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* บนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุด คือ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม หลังการซัก 10 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* บนผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ยขนาดของบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (มม.)
เปลือกนอก	0.00
เปลือกใน	0.00
เปลือกรวม	0.00

จากตารางที่ 17 จะเห็นได้ว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ไม่ว่าจะเป็นเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้เลย อาจเนื่องมาจากจำนวนการซักที่มากขึ้น ทำให้องค์ประกอบทางเคมี เช่น แทนนิน และแซนโทน สลายตัวจนไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ ซึ่งเป็นการยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ เปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ไม่แตกต่างกัน (ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้เหมือนกัน)

สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าหลังการอาบแสง

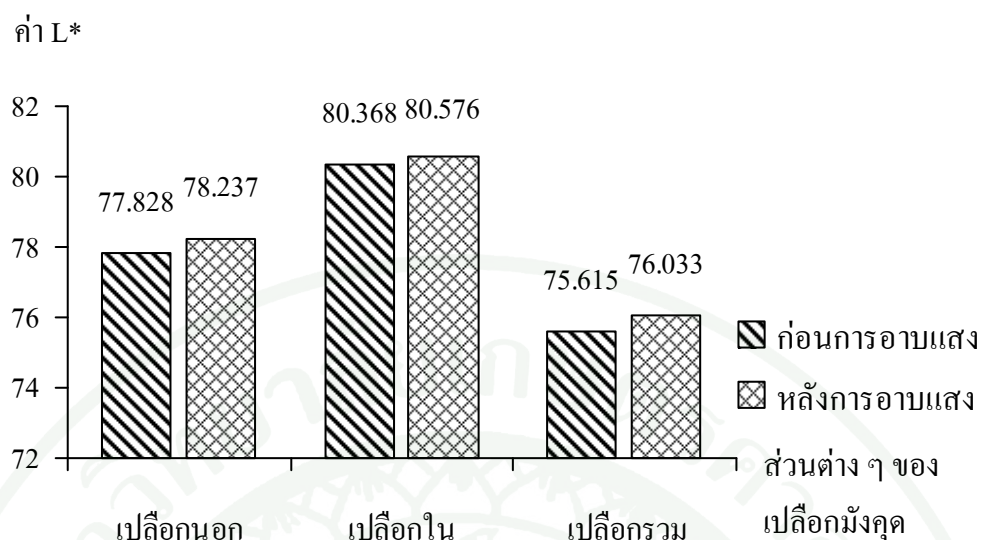
การอาบแสงของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ดำเนินการตามมาตรฐาน AATCC Test Method 16-2004 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

ค่าสี จากการวัดค่าสีของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการอาบแสงได้ผลดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังอาบแสง

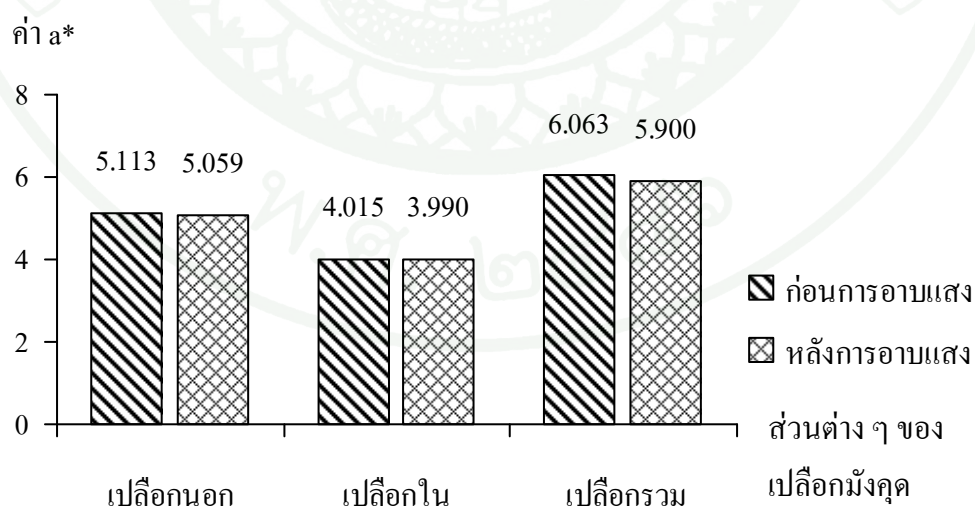
ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าสี					
	L^*	a^*	b^*	C^*	h^*	K/S
เปลือกนอก	78.237	5.059	10.311	11.487	63.807	0.237
เปลือกใน	80.576	3.990	11.395	12.080	70.671	0.199
เปลือกรวม	76.033	5.900	15.128	16.241	68.646	0.326

จากตารางที่ 18 จะเห็นว่าหลังการอาบแสง ผ้าฝ้ายที่เชื่อมด้วยสีจาก เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L^* ค่อนข้างสูง แสดงว่า ผ้ามีสีอ่อน โดยเฉพาะผ้าที่เชื่อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุดมีสีอ่อนที่สุด เนื่องจากมีค่า L^* สูงสุด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายเชื่อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนอาบแสง พบว่า มีค่า L^* เพิ่มขึ้น แสดงว่าสีผ้ามีความสว่างขึ้น (สีอ่อนลง) ดังภาพที่ 22



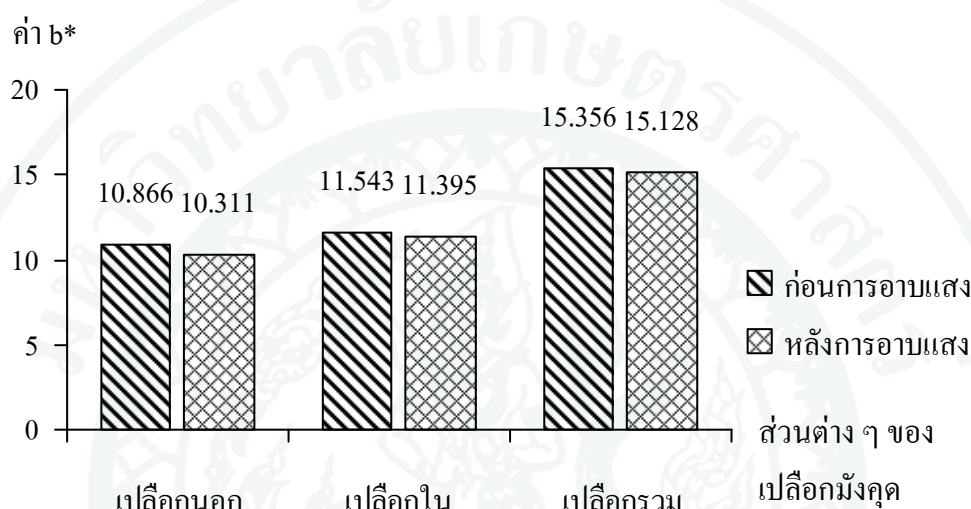
ภาพที่ 22 ค่า L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง และหลังการอบแสง

ค่า a* หมายถึงค่าความเป็นสีแดง-เขียว พบว่า หลังอบแสงผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจาก เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า a* เป็นบวก ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง ผ้าที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุดมีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง พบว่า ผ้ามีค่า a* ลดลงเล็กน้อย ดังภาพที่ 23



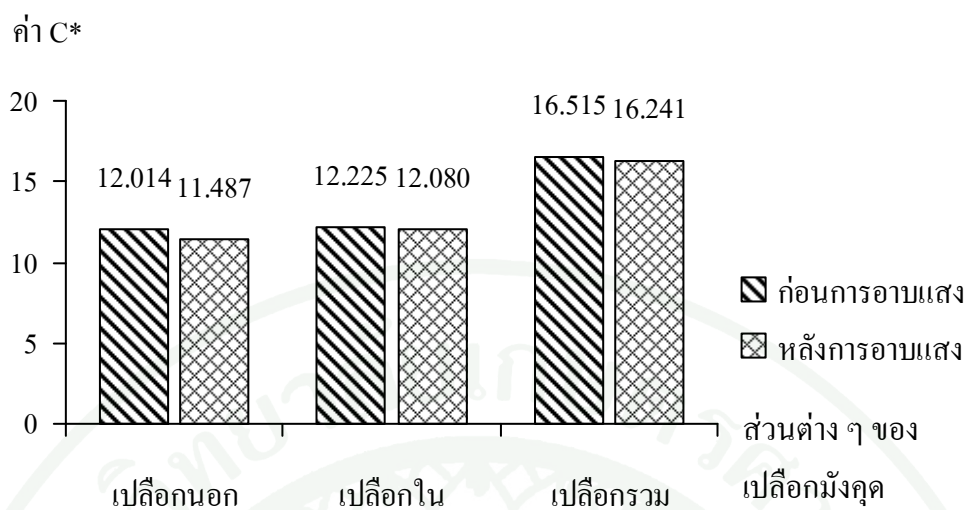
ภาพที่ 23 ค่า a* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง และหลังการอบแสง

ค่า b^* หมายถึง ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน จะเห็นว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ข้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าผ้ามีสีออกเหลือง และพบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกกรวมของมังคุด มีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง พบว่า ผ้ามีค่า b^* ลดลงเล็กน้อย ดังภาพที่ 24



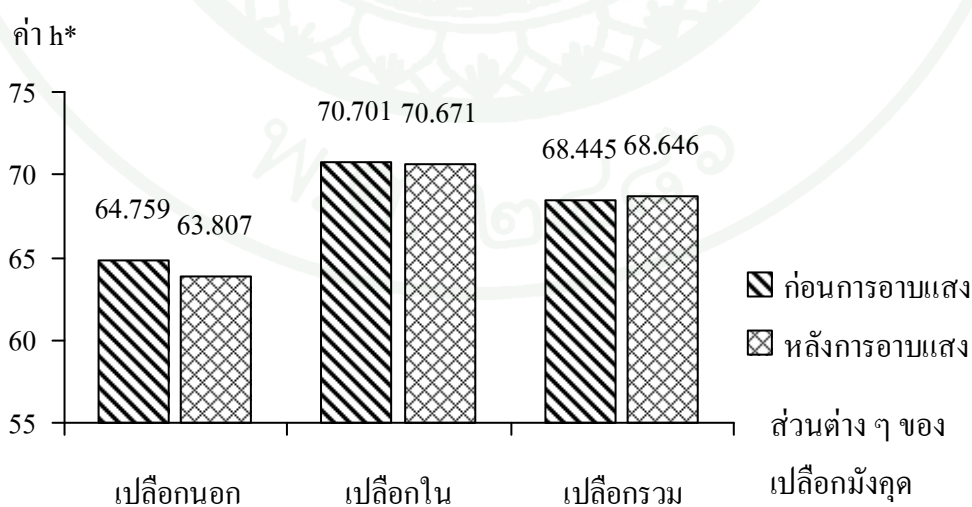
ภาพที่ 24 ค่า b^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง และหลังการอบแสง

ค่า C^* หมายถึง ความสดใสของสี จะเห็นว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่าความสดใสของสีค่อนข้างต่ำ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง พบว่า ผ้ามีค่า C^* ลดลง แสดงว่าหลังการอบแสง สีผ้ามีความสดใสลดลง ดังภาพที่ 25



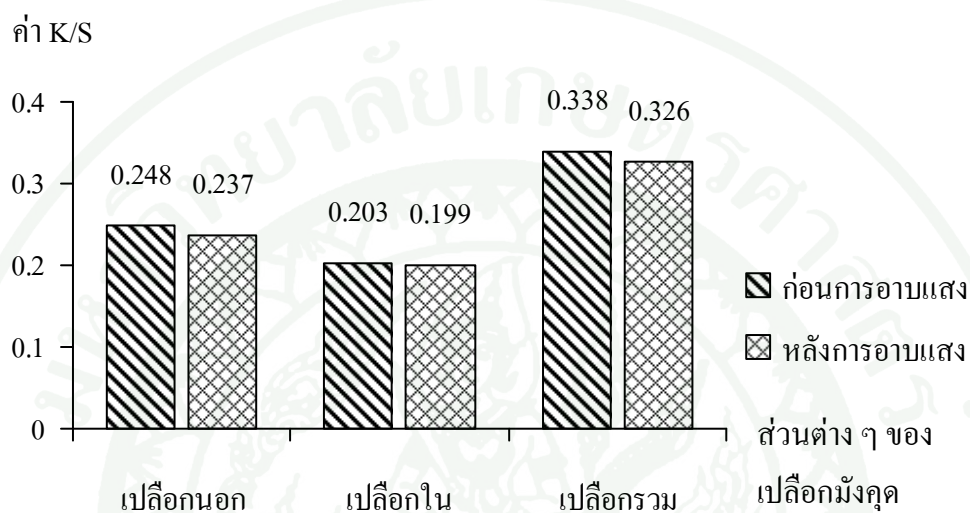
ภาพที่ 25 ค่า C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง และหลังการอบแสง

ค่า h* แสดงค่าตำแหน่งของสี จะเห็นว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h* อยู่ระหว่าง 63.807-70.671 องศา เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนอบแสง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน มีค่า h* ลดลง แต่ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า h* เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแสดงว่า หลังการอบแสงผ้าที่ข้อมด้วยเปลือกในและเปลือกนอกมีสีออกเหลืองมากขึ้น แต่ผ้าที่ข้อมด้วยเปลือกรวมมีสีออกแดงมากขึ้น ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 ค่า h* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอบแสง และหลังการอบแสง

ค่า K/S แสดงความเข้มของสี จากการทดลองพบว่า หลังการอาบแสง ผ้าที่ย้อมด้วยสีจาก ส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S อยู่ระหว่าง 0.199-0.326 ซึ่งค่อนข้างต่ำ เมื่อนำไป เปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง พบว่า มีค่า K/S ลดลง แสดงว่าการอาบแสงทำให้ความเข้มของสีลดลง ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการอาบแสง และ หลังการอาบแสง

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังอาบแสง

	SOV	df	SS	MS	F
L*	Between groups	2	82.607	41.303	37.805**
	Within groups	21	22.943	1.093	
	Total	23	105.550		
a*	Between groups	2	14.661	7.331	39.517**
	Within groups	21	0.896	0.186	
	Total	23	18.557		
b*	Between groups	2	102.140	51.070	37.961**
	Within groups	21	28.251	1.345	
	Total	23	130.391		
C*	Between groups	2	107.374	53.687	38.466**
	Within groups	21	29.309	1.396	
	Total	23	136.683		
h*	Between groups	2	199.001	99.500	35.385**
	Within groups	21	59.051	2.812	
	Total	23	258.052		
K/S	Between groups	2	.068	.034	49.894**
	Within groups	21	.014	.001	
	Total	23	.082		

จากตารางที่ 19 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสีของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการอาบแสง พบว่า หลังการอาบแสง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุด มีค่า L^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุด และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ล้วนมีค่า L^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 29)

หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า a^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมของมังคุด มีค่า a^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ล้วนมีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 30)

หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า b^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า b^* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า b^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในของมังคุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.01 (ตารางผนวกที่ 31)

หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า C^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกกรวม มีค่า C^* สูงกว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกกรวม มีค่า C^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 32)

หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า h^* ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน มีค่า h^* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกกรวม และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกของมังคุดอย่างเห็นได้ชัด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ล้วนมีค่า h^* แตกต่างกัน ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก กับเปลือกใน และผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกนอกกับเปลือกกรวม มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในกับเปลือกกรวม มีค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางผนวกที่ 33)

หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นการปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการทดสอบแสงผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีค่า K/S ไม่แตกต่างกัน

ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกกรวม มีค่า K/S สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในของมังคุด ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ล้วนมีค่า K/S แตกต่างกัน ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกกรวม มีค่า K/S ของสี

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกกับเปลือกรวม และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในกับเปลือกรวม มีค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (ตารางผนวกที่ 34)

การยับยั้งแบคทีเรีย จากการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* บนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุด คือ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม หลังการอบแสง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (มม.)
เปลือกนอก	0.00
เปลือกใน	0.00
เปลือกรวม	0.00

จากตารางที่ 20 จะเห็นได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ที่ผ่านการอบแสง ไม่ว่าจะเป็นผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ อาจจะเป็นเนื่องจากแสงที่ใช้ทดสอบผ้าทดลอง ทำให้ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียหมดไป ซึ่งเป็นการยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า หลังการอบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ เปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ไม่แตกต่างกัน (ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้เหมือนกัน)

ผลการวิจัยชี้แนะว่า ในการดูแลรักษาผ้าจะต้องระมัดระวังมิให้ผ้าถูกแสงแดด ซึ่งจะทำให้ความสามารถยับยั้งแบคทีเรียเสื่อมไปได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสิทธิธรรมชาติชนิดต่าง ๆ และ 2) ศึกษาสีและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสิทธิธรรมชาติชนิดต่าง ๆ 2) สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน และ 3) สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสิทธิธรรมชาติชนิดต่าง ๆ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยมีปัจจัยในการทดลองคือชนิดของสีข้อม 8 ชนิด คือ ขมิ้นชัน สีเสียด ใบชะพลู ใบบัวบก เปลือกมังคุด หมากแห้ง ใบพลู และใบยูคาลิปตัส แล้วนำผ้าที่ข้อมได้ไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* และ *Klebsiella pneumoniae* ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 147-2004

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสีและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยมีปัจจัยในการทดลองคือ สัดส่วนวัสดุ น้ำ ที่ใช้ในการสกัดสี คือ 1:3 1:5 และ 1:7 แล้วนำผ้าที่ข้อมได้ไปวัดค่าสี และทดสอบความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ชนิด *Staphylococcus aureus* ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 147-2004

การทดลองที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสีและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆของเปลือกมังคุด ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยมีปัจจัยในการทดลอง คือ ส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด คือ เปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม แล้วนำผ้าที่ข้อมได้ไปวัดค่าสีและทดสอบความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 147-2004 ทั้งก่อนการซักและอาบแสง หลังการซัก 5 ครั้ง หลังการซัก 10 ครั้ง และหลังการอาบแสง ทั้งนี้การซักดำเนินการตามมาตรฐาน

AATCC Test Method 61-2003 วิธีที่ 1A และการอาบแสง ดำเนินการตามมาตรฐาน AATCC Test Method 16-2004

ได้ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายของสีย้อมธรรมชาติชนิดต่าง ๆ

จากการทดลอง พบว่า มีเพียงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด และหมากที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Klebsiella pneumoniae* ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจาก ใบบวบ ใบพลู ใบยูคาลิปตัส ใบชะพลู ขมิ้น และสีเสียด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดได้เลย

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และ LSD (Least Significant Difference) พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากพืช 8 ชนิด มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากหมาก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ถ้าต้องการผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด ควรใช้สีย้อมจากเปลือกมังคุด

2. สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมสีจากเปลือกมังคุด

2.1 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่ใช้สัดส่วนวัสดุในการสกัดน้ำสีต่างกัน

พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีค่าเฉลี่ย L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันตามความเข้มข้นของน้ำสีที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ น้ำ ต่างกัน มีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า การสกัดน้ำสีโดยใช้สัดส่วนวัสดุ น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 ล้วนให้ค่า L*

a* b* C* h* ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่า การสกัดน้ำสีโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 และ 1:5 ให้ค่า K/S แตกต่างจากการใช้วัสดุ:น้ำ 1:7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:7 มีค่า L* สูงที่สุด ผ้าฝ้ายที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 มีค่า a* b* C* และ ค่า h* สูงที่สุด และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 มีค่า K/S สูงที่สุด

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การใช้สีย้อมจากเปลือกมังคุด ควรใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ในการสกัดสีที่ 1:5

ส่วนการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด ที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ: น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ทุกความเข้มข้น

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 1:5 และ 1:7 มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ชนิด *Staphylococcus aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดโดยใช้วัสดุ:น้ำ 1:7 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสี ที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:5 สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดนี้ได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:7 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากการวิจัยสรุปได้ว่า ถ้าต้องการผ้าฝ้ายย้อมสีที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด ต้องใช้น้ำสีจากเปลือกมังคุดที่ใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ 1:3 ในการสกัดสี

2.2 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุด

2.2.1 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ก่อนซักและอบแสง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L*

a* b* C* h* และ ค่า K/S แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ก่อนการซักและการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L* a* b* C* h* และ ค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีค่า L* a* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมมีค่า b* และ C* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในและเปลือกรวมมีค่า h* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกในมีค่า h* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีจากเปลือกรวมให้ค่า L* ต่ำที่สุด และให้ค่า a* b* C* และ K/S สูงที่สุด ผลการวิจัยสรุปว่า ในการใช้สีย้อมจากเปลือกมังคุด ควรใช้เปลือกรวมของมังคุด

ส่วนการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย พบว่า ก่อนการซักและการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้ทุกส่วน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ก่อนการซักและอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ล้วนมีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวมสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิดนี้ได้ดีที่สุด

จากการวิจัยสรุปได้ว่า ถ้าต้องการผ้าฝ้ายย้อมสีที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดีที่สุด ควรใช้น้ำสีที่สกัดจากเปลือกรวมของมังคุด

2.2.2 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L^* a^* b^* C^* h^* และ ค่า K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีค่า b^* C^* และ h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า L^* ต่ำกว่า แต่ค่า a^* และค่า K/S สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกนอก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมให้ค่า L^* ต่ำที่สุด และให้ค่า a^* b^* C^* h^* และค่า K/S สูงที่สุด ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ในการใช้ผ้าที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ต้องซักจำนวนหลายครั้ง ควรเลือกใช้ผ้าที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม

ส่วนการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หลังการซัก 5 ครั้ง ผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* สูงกว่าผ้าที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

2.2.3 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังซัก 10 ครั้ง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L^* a^* b^* c^* h^* และ K/S แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมของมังคุด มีค่า L^* a^* b^* C^* h^* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวมมีค่า L^* ต่ำกว่า และ ค่า K/S สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกในอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีค่า b^* C^* และ ค่า h^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่า ผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกรวม มีค่า a^*

สูงกว่าเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 การย้อมด้วยน้ำสีจากเปลือกรวม ให้ค่า L* ต่ำสุด และให้ค่า a* b* C* h* และ ค่า K/S สูงที่สุด ผลการวิจัยสรุปว่า การย้อมผ้าด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ต้องทำความสะอาดบ่อยครั้ง ควรเลือกใช้สีย้อมจากเปลือกรวม

ส่วนการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย พบว่า หลังการซัก 10 ครั้ง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้เลย

2.2.4 สีและการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด หลังการอบแสง พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวมมังคุด มีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม มีค่า L* a* b* C* h* และ K/S แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และผลจากการวิเคราะห์ LSD พบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก เปลือกใน และเปลือกรวม ล้วนมีค่า L* และ a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม ให้ค่า b* และ C* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน และเปลือกรวม ให้ค่า h* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน ให้ค่า h* สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม ให้ค่า K/S สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกและเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกนอกให้ค่า K/S สูงกว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกใน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หลังการอบแสงผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกรวม ให้ค่า L* ต่ำสุด และให้ค่า a* b* C* และค่า K/S สูงที่สุด ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การใช้ผ้าที่ย้อมสีจากเปลือกมังคุดที่ต้องสัมผัสกับแสงแดด ควรเลือกใช้ผ้าที่ย้อมจากเปลือกรวม

ส่วนการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย พบว่า หลังการอบแสง ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุด ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ได้เลย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยมีข้อเสนอแนะทั่วไป ดังนี้

1. การย้อมสีผ้าด้วยเปลือกมังคุด ควรเลือกใช้เปลือกรวมของมังคุด เนื่องจากเป็นส่วนที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดีที่สุด
2. ในการสกัดน้ำสีควรใช้วัสดุค่อน้ำ 1:5 เพราะระหว่างต้มสกัดน้ำสีจะไม่แห้ง และน้ำสีที่ได้เมื่อนำไปย้อมผ้า ผ้าที่ย้อมได้มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ดี
3. ผ้าที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดเมื่อผ่านการทดสอบซัก มากกว่า 5 ครั้ง (เทียบเท่ากับการซักด้วยมือที่อุณหภูมิห้อง 25 ครั้ง) พบว่า ผ้าไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ ดังนั้น หากนำผ้าไปใช้ ควรใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการการซักบ่อยครั้ง
4. ผ้าที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดเมื่อผ่านการอบแสง พบว่า ผ้าไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ ดังนั้นหากนำผ้าไปใช้ ควรใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สัมผัสกับแสงแดดมาก
5. ผลการวิจัย พบว่า ผ้าย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุด มีสีสั่นและความสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* ดี จึงควรมีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และความปลอดภัย เพื่อใช้แพร่หลายต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการทดลองพบว่าเปลือกมังคุดที่ใช้มีความหลากหลายตามแหล่งที่มา ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรทดลองใช้เปลือกมังคุดที่มาจากแหล่งเดียวกัน เพื่อให้ได้ผลของการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย และค่าสีที่แน่นอน

2. ในการทดลองครั้งนี้ ใช้น้ำในการสกัดสีข้อมจากเปลือกมังคุด ในการทดลองครั้งต่อไป ควรใช้สารละลายอื่นด้วย เช่น เอทานอล เมทานอล หรือ อาซิโตน เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการสกัดสารที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีที่ช่วยในการยับยั้งแบคทีเรีย และ สารให้สีที่ดี

3. ในการทดลองนี้ใช้ผ้าฝ้ายเพียงชนิดเดียว การทดลองครั้งต่อไปควรเลือกผ้าไหม หรือผ้าใยธรรมชาติอื่น ๆ มาทำการศึกษา เพราะเส้นใยธรรมชาติโดยโครงสร้างเป็นแหล่งอาหารที่ดีต่อการเจริญของแบคทีเรีย

4. การทดลองนี้เป็นการศึกษาสีข้อมธรรมชาติที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียบนผ้า ในการทดลองครั้งต่อไป ควรศึกษาสารสกัดในพืช เช่นในเปลือกมังคุด หรือพืชอื่นๆ ที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียบนผ้าเป็นตัวช่วยข้อม หรือสารแต่งผ้าหลังการข้อม

5. ในการทดลองนี้ใช้เปลือกมังคุด เป็นวัสดุในการข้อมสี เพื่อศึกษาสีและประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียบนผ้า ดังนั้น ในการทดลองครั้งต่อไป ควรเลือกพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อศึกษาเชิงลึกด้วย

6. เปลือกมังคุดที่ใช้ในการทดลองใช้เปลือกสด ควรมีการศึกษาการใช้เปลือกมังคุดแห้งในการศึกษาครั้งต่อไปด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกศทิพย์ กรี่เงิน. 2544. ผลของสารสกัดจากใบพลูต่อการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* V. Tiegh. และ *Aspergillus japonicus* Saito บนผ้าฝ้ายและผ้าใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขวัญฤทัย คำขาว และ เตือนใจ สามห้วย. ม.ป.ป. งานวิจัยสีย้อมธรรมชาติ. วิทยาเขตเทคนิค กรุงเทพฯ, กรุงเทพฯ.

เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. 2536. สารให้สีของพืช. วารสารวิทยาศาสตร์ 47 (2): 118-124.

_____. 2539. สีย้อมและการย้อมสี. วารสารวิทยาศาสตร์ 50 (3): 155-161.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2544. จุลินทรีย์น้ำรู้. พิมพ์ครั้งที่ 1 องค์การคำคุณฐา, กรุงเทพฯ.

_____. และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2544. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2548. สารธรรมชาติที่ให้สีสำหรับย้อมผ้า. แหล่งที่มา: <http://www.google.com/สารย้อมผ้า.htm>, 3 กันยายน 2548.

_____. 2554. การตกแต่งสำเร็จเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์บนผ้าฝ้าย. แหล่งที่มา: <http://swu141km.swu.ac.th/index.php/...>, 4 มิถุนายน 2554.

นุศวดี พจนานุกิจ และ สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. 2553. การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อเกิดสีของสารสกัดพืชสมุนไพร, น. 84-89. ใน เอกสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นันทยา ขานูมาศ. 2539. ความเป็นพิษและมลพิษของสีย้อมและสารเคมีที่ใช้ในการอุตสาหกรรมสิ่งทอ. *คัลเลอร์เวย์* 1: 27-41.

ผ่องศรี รอดโพธิ์ทอง. 2540. การย้อมไหมด้วยสีจากเปลือกมังคุด. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.

พจมาน ผู้มีศักดิ์, ชุติพร ออมสิน, ทศนีย์ ศรีวิเชียร, ประภาพร ขวงสาย และ รุ่งตะวัน ส่องแสง. 2551. สมุนไพรที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ที่สร้างเอนไซม์ Extended-Spectrum β lactamase (ESBL). *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์* 8 (2): 148-151.

พินัย ห่องทองแดง และ ชวนพิศ สิมาชจร. 2548. การย้อมสีเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติ. *คัลเลอร์เวย์* 56: 25-26.

พิรศักดิ์ วรสุนทโรสถ, สุนทร คุริยะประพันธ์, ทักษิณ อาชาวคม, สายันต์ ดันพานิช, ชลธิชา นิवासประกฤติ และ ปรียานันท์ ศรีสูงเนิน. 2544. *ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ : พืชที่ใช้สีย้อมและแทนนิน*. หจก. โรงพิมพ์ชวนพิศ, กรุงเทพฯ.

มณฑา โกเฮง. 2541. *วิทยาศาสตร์สิ่งทอเบื้องต้น*. หอรัตนชัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ล้นทม จอนจวบทรง. 2535. สีย้อมธรรมชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ. *วารสารเทคโนโลยีที่เหมาะสม* 10 (4): 44-51.

วนิดา สุบรรณเสณี, สมควร ศวิตชาติ และ ประเชษฐ สร้อยทองคำ. 2531. *สีธรรมชาติจากพืชและสัตว์ในประเทศไทย*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วลัญช์ สุภากร. 2546. ดอก ผล ต้น ใบ. *หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ*: 9 พฤษภาคม 2546.

วันดี กฤษณพันธ์. 2541. *สมุนไพรนำรู้โครงการสมุนไพรเพื่อการพึ่งพาตนเอง*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ประพันธ์สาส์น, กรุงเทพฯ.

ศิริ ผาสุก. 2535. **สมุนไพรให้สี**. เจริญการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____. อัจฉรา ภานุรัตน์ และ เครือจิต ศรีบุญนาท. 2536. **สุรินทร์มรดกโลกทางวัฒนธรรมในประเทศไทย**. เอสแอนด์จีกราฟฟิค, กรุงเทพฯ.

ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ. 2542. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีวัสดุ**. ศุภสกลาตพร้าว, กรุงเทพฯ.

สายพิน ทานนัฒมาสัย. 2552. **การอบรมเชิงปฏิบัติการ**. คณะอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา).

สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. 2547. สารด้านจุลินทรีย์สำหรับสิ่งทอ. **Textile Technology** 46: 58- 62.

สุริย์ พุตระกูล, ไพฑูรย์ ออบเชย, ฤดีวรรณ ตั้งประดิษฐ์ และ สรศักดิ์ เหลียวไชยพันธ์. 2548. การผลิตและพัฒนาสารให้สีจากธรรมชาติโดยการเพาะเลี้ยงกลุ่มเซลล์พืชให้สีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและสีย้อม, น. 2-7, ใน รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ปีที่ 3 ประจำปีงบประมาณ 2548. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เสนห์ มหาผล. 2553. สาเหตุการเสื่อมสภาพของผ้าโบราณ, น. 36-42. ใน เอกสารประกอบการอบรม การอนุรักษ์โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ : ผ้าโบราณ. กลุ่มวิทยาศาสตร์เพื่อการอนุรักษ์ สำนักพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กรมศิลปากร, กรุงเทพฯ.

อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการทดลอง**. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AATCC. 2006. **AATCC TECHNICAL MANUAL**. American Association of Textile. Chemists and Colorists, North Carolina.

Ali, S.I. 1993. Revival of natural dyes in Asia. **JSDC** 109: 13-14.

Chung, C., M. Lee and E.K. Choe. 2004. **Characterization of cotton fabric scouring by FT-IR ATR spectroscopy**. Available Source: <http://www.elsevier.com/locate/carbpol>, September 9, 2004.

Collier, B.J. and P.G. Tortora. 2001. **Understanding Textiles**. 6th ed. Prentice – Hall, Inc., New Jersey.

Consumer and Food Economics Research Division. 1970. **Sanitation in Home Laundering**. U.S. government printing, Washington, D.C.

Dalby, G. 1993. Greener mordant for natural coloration. **JSDC**. 109: 8-9.

Dedhia, E.M. 2007. Dyeing cotton and silk with *Ocimum Sanctum*, Linn. (tulsi leaves), pp. 119-207. *In* **14th Biennial International Congress of Asian Regional Association for Home Economics**. 9-10 August 2007, Malaysia.

Dhandapani, R. and A.K. Sarkar. 2007. Antibacterial activity and UV property of Shikonin on silk substrate. **Textile and Apparel Technology Management** 5 (4): 1-6.

Glover, B. and J.H. Pierce. 1993. Are natural colorants good for your health. **JSDC** 109: 5-7.

Gohl, E.P.G. and L.D. Vilensky. 1983. **Textile Science**. 2d ed., Longman Cheshire, Malaysia.

Gordon, S. and Y.L. Hsieh. 2007. **Cotton: Science and Technology**. Woodhead Publishing, Cambridge.

Gupta, D. and A. Laha. 2007. Antimicrobial activity of cotton treated with *Quercus infectoria* extract. **Indian Journal of Fiber 2 Textile Research** 32: 88-92.

- Joseph, M.L. 1972. **Introductory Textiles Science**. Halt, Rinechart and Winston, Inc., New York.
- Han, S. and Y. Yang. 2005. Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin. **Dyes and Pigments** 64: 157-161.
- Hartzell, M.M., and Y.L. Hsieh. 1998. Enzymatic scouring to improve cotton fabric wettability. **Textile Research Journal** 68: 233-241.
- Lee, Y.H., E.K. Hwang and H.D. Kim. 2009. Colorimetric assay and antibacterial activity of cotton, silk, and wool fabrics dyed with Peony, Pomegranate, Clove, Coptis Chinensis and Gallnut extracts. **Materials** 2: 10-21.
- Lloyd, J. 1971. **Dyes from Plants**. Dai Nippon Printing co.(International) Ltd., Hong Kong.
- Lomas, M. 1993. Textile wet processing and the environment. **JSDC** 109: 10-12.
- Lob, H. 1972. **The Chemistry of Synthesis Dyes and Pigment**. Halt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
- Neely, A.N. and M.P. Maley. 2000. Survival of *Enterococci* and *Staphylococci* on hospital fabrics and plastic. **Journal of Clinical Microbiology** 38: 724-726.
- Parrott, B. 1979. The Chemistry of dyeing. **Natural Plant Dyeing** 29 (2): 51-58.
- Sattar, S.A. Springthorpe, S. Mani, M. Gallant, R.C. Nair, E. Scott and J. Kain. 2001. Transfer of bacteria from fabrics to hands and other fabrics : development and application of a quantitative method using *Staphylococcus aureus* as a model. **Journal of Applied Microbiology** 90 (6): 962-970.

Seitz. 2005. **Bacteria in clothes**. Available Sourec: <http://logiston.com/oddends/2005/07/bacteria-in-clothes/>, July 30, 2005.

Singh, R., A. Jain, S. Panwar, D. Gupta and S.K. Khare. 2005. Antimicrobial activity of some natural dyes. **Dye and Pigment** 66: 99-102.

Siva, R. 2007. Status of natural dyes and dye-yielding plants in India. **Current Science** 92 (7): 916-925.

Shore, J. 1995. **Cellulosics Dyeing**. Society of Dyers and Colourists, England.



ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD)

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติชนิดต่าง ๆ

ชนิดของพืช	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกมังคุด-ใบบัวบก	1.20-0.00	1.20**
เปลือกมังคุด-หมาก	1.20-1.00	0.20**
เปลือกมังคุด-ใบพลู	1.20-0.00	1.20**
เปลือกมังคุด-ใบยูคาลิปตัส	1.20-0.00	1.20**
เปลือกมังคุด-ใบชะพลู	1.20-0.00	1.20**
เปลือกมังคุด-ขมิ้น	1.20-0.00	1.20**
เปลือกมังคุด-สีเสียด	1.20-0.00	1.20**
ใบบัวบก-หมาก	0.00-1.00	-1.00**
ใบบัวบก-ใบพลู	0.00-0.00	0.00
ใบบัวบก-ใบยูคาลิปตัส	0.00-0.00	0.00
ใบบัวบก-ใบชะพลู	0.00-0.00	0.00
ใบบัวบก-ขมิ้น	0.00-0.00	0.00
ใบบัวบก-สีเสียด	0.00-0.00	0.00
หมาก-ใบพลู	1.00-0.00	1.00**
หมาก-ใบยูคาลิปตัส	1.00-0.00	1.00**
หมาก-ใบชะพลู	1.00-0.00	1.00**
หมาก-ขมิ้น	1.00-0.00	1.00**
หมาก-สีเสียด	1.00-0.00	1.00**
ใบพลู-ใบยูคาลิปตัส	0.00-0.00	0.00
ใบพลู-ใบชะพลู	0.00-0.00	0.00
ใบพลู-ขมิ้น	0.00-0.00	0.00
ใบพลู-สีเสียด	0.00-0.00	0.00
ใบยูคาลิปตัส-ใบชะพลู	0.00-0.00	0.00
ใบยูคาลิปตัส-ขมิ้น	0.00-0.00	0.00
ใบยูคาลิปตัส-สีเสียด	0.00-0.00	0.00
ใบชะพลู-ขมิ้น	0.00-0.00	0.00
ใบชะพลู-สีเสียด	0.00-0.00	0.00
ขมิ้น-สีเสียด	0.00-0.00	0.00

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.095)

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	69.642-69.274	0.368**
1:3-1:7	69.642-70.723	-1.081**
1:5-1:7	69.274-70.723	-1.449**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.311)

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	8.040-8.230	-0.190**
1:3-1:7	8.040-7.886	0.154**
1:5-1:7	8.230-7.886	0.344**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.086)

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของฟ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	21.128-22.154	-1.026**
1:3-1:7	21.128-19.018	2.110**
1:5-1:7	22.154-19.018	3.136**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.669)

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C^* ของฟ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	22.604-23.640	-1.036**
1:3-1:7	22.604-20.586	2.018**
1:5-1:7	23.640-20.586	3.054**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.652)

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	69.184-69.628	-0.444**
1:3-1:7	69.184-67.472	1.712**
1:5-1:7	69.628-67.472	2.156**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.423)

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	0.649-0.607	0.042
1:3-1:7	0.649-0.543	0.106**
1:5-1:7	0.607-0.543	0.064**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.061)

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่สกัดโดยใช้สัดส่วนวัสดุ:น้ำ ต่างกัน

สัดส่วนของเปลือกมังคุด : น้ำ	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
1:3-1:5	1.40-1.20	0.20*
1:3-1:7	1.40-1.00	0.40**
1:5-1:7	1.20-1.00	0.20*

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (>.194)

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.273)

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	77.828-80.368	-2.540**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	77.828-75.615	2.213**
เปลือกใน-เปลือกรวม	80.368-75.615	4.753**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.174)

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	5.113-4.015	1.098**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	5.113-6.063	-0.950**
เปลือกใน-เปลือกรวม	4.015-6.063	-2.048**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.460)

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่างๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอาบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	10.866-11.543	-0.677
เปลือกนอก-เปลือกรวม	10.866-15.356	-4.490**
เปลือกใน-เปลือกรวม	11.543-15.356	-3.813**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.339)

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	12.014-12.225	-0.211
เปลือกนอก-เปลือกรวม	12.014-16.515	-4.501**
เปลือกใน-เปลือกรวม	12.225-16.515	-4.290**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.316)

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	64.759-70.701	-5.942**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	64.759-68.445	-3.686**
เปลือกใน-เปลือกรวม	70.701-68.445	2.256*

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (>1.723)

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>2.345)

ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	0.248-0.203	0.045**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	0.248-0.338	-0.090**
เปลือกใน-เปลือกรวม	0.203-0.338	-0.135**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.044)

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดก่อนการซักและอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	0.50-0.80	-0.30**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	0.50-1.00	-0.50**
เปลือกใน-เปลือกรวม	0.80-1.00	-0.20**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.109)

ตารางผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	74.399-73.495	0.904
เปลือกนอก-เปลือกรวม	74.399-67.406	6.993**
เปลือกใน-เปลือกรวม	73.495-67.406	6.089**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.452)

ตารางผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	7.478-7.666	-0.188
เปลือกนอก-เปลือกรวม	7.478-8.611	-1.133**
เปลือกใน-เปลือกรวม	7.666-8.611	-0.945**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($>.358$)

ตารางผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	4.564-6.821	-2.257**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	4.564-12.114	-7.550**
เปลือกใน-เปลือกรวม	6.821-12.114	-5.293**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.146)

ตารางผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C^* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	8.774-10.293	-1.519**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	8.774-14.865	-6.091**
เปลือกใน-เปลือกรวม	10.293-14.865	-4.572**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.843)

ตารางผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	31.251-41.308	-10.057**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	31.521-54.595	-23.074**
เปลือกใน-เปลือกรวม	41.308-54.595	-13.287**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>5.074)

ตารางผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	0.347-0.380	-0.033
เปลือกนอก-เปลือกรวม	0.347-0.642	-0.295**
เปลือกใน-เปลือกรวม	0.380-0.642	-0.262**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.044)

ตารางผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดบริเวณที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 5 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	0.50-0.50	0.00
เปลือกนอก-เปลือกรวม	0.50-0.70	-0.20**
เปลือกใน-เปลือกรวม	0.50-0.70	-0.20**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.077)

ตารางผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	72.758-70.516	2.242*
เปลือกนอก-เปลือกรวม	72.758-65.729	7.029**
เปลือกใน-เปลือกรวม	70.516-65.729	4.787**

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (>1.839)

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>2.504)

ตารางผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	7.018-7.071	-0.053
เปลือกนอก-เปลือกรวม	7.018-8.131	-1.113**
เปลือกใน-เปลือกรวม	7.071-8.131	-1.060**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.279)

ตารางผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	1.896-3.874	-1.978**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	1.896-9.516	-7.620**
เปลือกใน-เปลือกรวม	3.874-9.516	-5.642**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.869)

ตารางผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	7.275-8.085	-0.810**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	7.275-12.523	-5.248**
เปลือกใน-เปลือกรวม	8.085-12.523	-4.438**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.603)

ตารางผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h^* ของฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	15.088-28.458	-13.370**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	15.088-49.436	-34.348**
เปลือกใน-เปลือกรวม	28.458-49.436	-20.978**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>4.792)

ตารางผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังการซัก 10 ครั้ง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	0.417-0.506	-0.089*
เปลือกนอก-เปลือกรวม	0.417-0.726	-0.309**
เปลือกใน-เปลือกรวม	0.506-0.726	-0.220**

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (>.073)

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.100)

ตารางผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย L* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอาบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	78.237-80.576	-2.330**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	78.237-76.033	2.204**
เปลือกใน-เปลือกรวม	80.576-76.033	4.543**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.479)

ตารางผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย a^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	5.059-3.990	1.069**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	5.059-5.900	-0.841**
เปลือกใน-เปลือกรวม	3.990-5.900	-1.910**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.610)

ตารางผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย b^* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	10.311-11.395	-1.084
เปลือกนอก-เปลือกรวม	10.311-15.128	-4.817**
เปลือกใน-เปลือกรวม	11.395-15.128	-3.733**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.641)

ตารางผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย C* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	11.487-12.080	-0.593
เปลือกนอก-เปลือกรวม	11.487-16.241	-4.754**
เปลือกใน-เปลือกรวม	12.080-16.241	-4.161**

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>1.672)

ตารางผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย h* ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	63.807-70.671	-6.864**
เปลือกนอก-เปลือกรวม	63.807-68.646	-4.839**
เปลือกใน-เปลือกรวม	70.671-68.646	2.025*

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (>1.743)

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>2.373)

ตารางผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ Least Significant Difference (LSD) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย K/S ของผ้าฝ้ายที่ข้อมด้วยน้ำสีจากส่วนต่าง ๆ ของเปลือกมังคุดหลังอบแสง

ส่วนของเปลือกมังคุด	ค่าเฉลี่ย	ผลต่างของค่าเฉลี่ย
เปลือกนอก-เปลือกใน	0.237-0.199	0.038*
เปลือกนอก-เปลือกรวม	0.237-0.326	-0.089**
เปลือกใน-เปลือกรวม	0.199-0.326	-0.127**

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (>.032)

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (>.044)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวเลลิยว หมดอื้อ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	6 กุมภาพันธ์ 2509
สถานที่เกิด	อำเภอมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	คหกรรมศาสตรบัณฑิต (ผ้าและเครื่องแต่งกาย) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สาขาสีทอและเครื่องนุ่งห่ม คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาอาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี