จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

# อิทธิพลของสารไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้าย ที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จฬ
วท 15
012138

โดย

สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์

มีนาคม ๒๕๔๗

08/๔๗

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานวิจัย

# อิทธิพลของสารไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้าย ที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด

โดย

สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์

มีนาคม ๒๕๔๗

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย
อิทธิพลของสารไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้าย
ที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด

โดย

นางสาว สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์

มีนาคม 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

T 174444115 10 ส.ค. 2548

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง อิทธิพลของสารไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด สำเร็จลงได้ ด้วยความอนุเคราะห์ให้ทุนอุดหนุนเงินวิจัยจาก กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องย้อม เครื่องแก้วต่างๆ และสถานที่สำหรับทำงานวิจัยตลอดโครงการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่ จฬ
วท 15
เลขทะเบียน 012138
วัน, เดือน, ปี 10 ธ.ค. 2548

# บทคัดย่อภาษาไทย

ชื่อโครงการวิจัย อิทธิพลของสารไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด

ชื่อผู้วิจัย นางสาว สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์

เดือนและปีที่ทำวิจัยสำเร็จ มีนาคม 2547

## บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของสารไคโตซานต่อคุณสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า การใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันระหว่างน้ำและเอธานอล ให้เฉดสีที่สกัดได้และความเข้มของสีย้อมบนผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแตกต่างกันออกไป การสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยน้ำให้เฉดสีน้ำตาล และให้ความเข้มของสีย้อมบนผ้าฝ้าย เข้มกว่าของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้ด้วยเอธานอลซึ่งให้เฉดสีที่สกัดได้เป็นเฉดสีเหลือง การตกแต่งไคโตซานลงไปบนผ้าฝ้ายช่วยให้การดูดซับสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดดีขึ้น มีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดมีค่าความเข้มของสีมากกว่าของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน นอกจากนี้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ตกแต่งด้วยไคโตซานดีกว่าสมบัติทั้งสองของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน การใช้มอแด้นท์และวิธีการใช้มอแด้นท์ มีผลกระทบโดยตรงต่อเฉดสีและความเข้มของสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด ทั้งของผ้าฝ้ายที่ตกแต่ง และผ้าฝ้ายที่ไม่ตกแต่งด้วยไคโตซานแตกต่างกันออกไป การใช้มอแด้นท์มีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติมีเฉดสีที่หลากหลายซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของสีธรรมชาติที่เป็นสีมอแด้นท์ ซึ่งลักษณะพิเศษนี้ไม่พบในสีสังเคราะห์ นอกจากนี้ การใช้มอแด้นท์ยังช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าทั้งที่ตกแต่งด้วยไคโตซานและไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานให้ดีขึ้นกว่าของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์

# บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

| | |
|---|---|
| Project Title | Influence of the Chitosan on Dyeing Properties of Mangosteen Rind on Cotton Fabric |
| Name of the Investigators | Miss Siriwan Kittinaovarat |
| Year | March, 2004 |


## Abstract

The purpose of this project is to study the influence of the chitosan on dyeing properties of Mangosteen Rind on cotton fabric. The results of this study can be concluded that the different solvents used for dye extraction provided different shades on dyed fabrics. Water extractor gave brown shade while ethanol extractor gave yellow shade on dyed fabrics. The depth of brown shade on dyed fabric was higher than that of yellow shade. In addition, the cotton fabrics treated with chitosan had better depth of shade than that of the untreated fabrics dyed with Mangosteen Rind. This maybe because the chitosan treated on cotton fabrics provided more dye sites to absorb more dye extracted than those present on the untreated fabric. The cotton fabrics treated with chitosan not only provided better depth of shade but also provided better wash fastness and light fastness than those of the untreated fabrics dyed with Mangosteen Rind. The use of different mordants and mordanting methods affected the dye shade and depth of shade differently on the dyed fabrics both treated with and without chitosan. Only natural dyes can have their shades changed by using different mordants while this phenomenon cannot be observed in synthetic dyes. The cotton fabrics dyed with mordants had better wash fastness and light fastness than those of cotton fabrics dyed without mordant.


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| 1. บทนำ | | |
| 1.1 | ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ | 1 |
| 1.2 | วัตถุประสงค์ของโครงการ | 2 |
| 1.3 | ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 1.4 | ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 2. การสำรวจแนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง | | |
| 2.1 | สีย้อมธรรมชาติ | 4 |
| 2.2 | โครงสร้างของโมเลกุลของสี | 9 |
| 2.3 | ความคงทนของสี | 11 |
| 2.4 | ไคติน-ไคโตซาน | 13 |
| 3. วิธีการดำเนินการวิจัย | | |
| 3.1 | วิธีการวิจัย | 24 |
| 3.2 | อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย | 27 |
| 3.3 | สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย | 27 |
| 4. ผลการวิจัย | | |
| 4.1 | ประสิทธิภาพในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด ด้วยตัวทำละลายระหว่างน้ำและเอธานอล | 29 |
| 4.2 | ผลกระทบของไคโตซานต่อความเข้มของเฉดสี บนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด | 34 |
| 4.3 | ผลกระทบของเกลือต่อความเข้มของเฉดสี บนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด | 35 |
| 4.4 | ผลกระทบของความเป็นกรดด่างต่อความเข้มของเฉดสี บนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด | 36 |
| 4.5 | ผลกระทบของตัวติดสีหรือมอแด้นท์ต่อเฉดสี บนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด | 37 |
| 4.6 | ความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงของผ้า ที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด | 43 |

5. การอภิปรายผล 48
6. ข้อสรุป 50
7. ข้อเสนอแนะ 51
8. เอกสารอ้างอิง 52
ภาคผนวก 54



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการตารางประกอบ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1. | เฉดสีของ Diphenylpolyenes | 10 |
| ตารางที่ 2. | ผลกระทบของอุณหภูมิต่อค่าการดูดกลืนแสงของสี ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 29 |
| ตารางที่ 3. | ผลกระทบของเวลาต่อค่าการดูดกลืนแสงของสี ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 30 |
| ตารางที่ 4. | ผลกระทบของปริมาณเปลือกมังคุดต่อค่าการดูดกลืนแสง ของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 31 |
| ตารางที่ 5. | ผลกระทบของอุณหภูมิต่อค่าการดูดกลืนแสงของสี ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล | 32 |
| ตารางที่ 6. | ผลกระทบของเวลาต่อค่าการดูดกลืนแสงของสี ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล | 32 |
| ตารางที่ 7. | ผลกระทบของปริมาณเปลือกมังคุดต่อค่าการดูดกลืนแสง ของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล | 33 |
| ตารางที่ 8. | ค่า K/S และค่า L* a* b* ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสี ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำและเอธานอล | 34 |
| ตารางที่ 9. | ผลกระทบของไคโตซานต่อค่า K/S และค่า L* a* b* ของผ้า ที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 35 |
| ตารางที่ 10. | ผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสีบนผ้าที่ไม่ได้ตกแต่ง ด้วยไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 39 |
| ตารางที่ 11. | ผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสีบนผ้าที่ตกแต่ง ด้วยไคโตซานก่อนที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 41 |
| ตารางที่ 12. | ความเข้มของสีและความแตกต่างของสีของผ้าที่ย้อมด้วยสี ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 42 |
| ตารางที่ 13. | ความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่ง ด้วยไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 44 |
| ตารางที่ 14. | ความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ตกแต่ง ด้วยไคโตซานก่อนการย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ | 47 |

# รายการภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 1. ปฏิกิริยาการเกิด Norrish type I และNorrish type II ของหมู่คาร์บอนิวที่ดูดซับแสง UV 12
รูปที่ 2. โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน 16
รูปที่ 3. ผลกระทบของเกลือต่อความเข้มของเฉดสี (K/S) 36
รูปที่ 4. ผลกระทบของ pH ต่อความเข้มของเฉดสี (K/S) 37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ (Introduction)

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันเริ่มตระหนักถึงพิษภัยที่เกิดจากสีสังเคราะห์ต่อระบบนิเวศวิทยามากขึ้น เนื่องจากสีสังเคราะห์สลายตัวได้ยาก และจะต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งเพื่อไม่ให้เกิดมลพิษทางน้ำอันเกิดจากสีสังเคราะห์ นอกจากนี้สีสังเคราะห์ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังสำหรับบางคนที่แพ้ ซึ่งพิษภัยต่างๆที่เกิดจากสีสังเคราะห์เหล่านี้ เริ่มทำให้นักวิจัยหันกลับมาศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสีย้อมธรรมชาติมากขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย้อมสีธรรมชาติจากเปลือกมังคุดซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Gracinia Mangosatana L. ยังมีค่อนข้างน้อย จึงทำให้การพัฒนาสีย้อมธรรมชาติจากเปลือกมังคุดเป็นงานวิจัยที่น่าศึกษา เนื่องจากมังคุดเป็นผลไม้ในเขตโซนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะประเทศไทย มังคุดหาได้ง่ายและไม่แพงมากในหน้ามังคุด นอกจากนี้เปลือกมังคุดยังมีน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 50 ของน้ำหนักมังคุดทั้งผล ซึ่งน่าจะนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากกว่าที่จะทิ้งไปเป็นเศษขยะ อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกมังคุด และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรไทยอีกด้วย ดังนั้นการนำสีย้อมธรรมชาติมาย้อมลงบนผ้าฝ้ายจึงเป็นเรื่องที่น่าศึกษา เพราะจุดเด่นของผ้าฝ้าย คือ สวมใสสบาย และไม่ระคายเคืองต่อผิวหนัง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ตัดเย็บเสื้อผ้าสำหรับเด็ก เนื่องจากเด็กมีผิวหนังที่เปราะบาง หรือในบุคคลที่มีผิวหนังระคายเคืองได้ง่าย อีกทั้งสีย้อมเป็นสีธรรมชาติ ก็ยิ่งทำให้เด็กเล็กปลอดภัยจากสารพิษที่อาจเกิดจากสีสังเคราะห์ได้ แต่การย้อมสีธรรมชาติลงบนผ้าฝ้ายมีข้อจำกัด คือ สีติดได้ไม่ทน เหมือนกับสีที่ติดบนผ้าไหมหรือผ้าขนสัตว์ที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเส้นใยฝ้ายไม่มีหมู่อะมิโนเหมือนกับเส้นใยโปรตีน การศึกษาวิจัยในโครงการนี้จะตกแต่งไคโตซานลงบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีจุ่มอัดโดยใช้ลูกกลิ้งทำบนเครื่องจุ่มอัด (padder) การเกิดปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยฝ้ายกับไคโตซานอาจเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding interaction) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) ของเส้นใยฝ้าย กับหมู่ไฮดรอกซิลของไคโตซาน และอาจเกิดพันธะขึ้นระหว่างหมู่ $-CH_2OH-$ ของผ้าฝ้าย กับหมู่ไฮดรอกซิลของไคโตซาน ทำให้ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วมีหมู่ไฮดรอกซิล และหมู่อะมิโนที่เป็นหมู่จับสี (dye sites) ในตัวผ้ามากขึ้นเพื่อใช้ในการจับสีย้อมธรรมชาติ ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลให้เส้นใยฝ้ายย้อมติดสีธรรมชาติได้ดีขึ้น เมื่อผ้ามีการตกแต่งด้วยไคโตซาน และผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานยังมีสมบัติเป็นสารต้านทานเชื้อราและแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายได้ด้วย ทั้งนี้เพราะ จุดเด่นของไคโตซาน คือเป็นสารที่มีสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลชีพต่างๆได้

โครงการวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาผลกระทบของไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด และผลกระทบของตัวทำละลายต่อสีย้อมที่สกัดได้ และตัวติดสี (mordants) ต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้าย โดยทั่วไปการสกัดสีย้อมธรรมชาติส่วนใหญ่จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย แต่ตัวทำละลาย เช่น เอธานอล สามารถสกัดสีย้อมธรรมชาติได้เช่นกันและไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการสกัด แต่การสกัดโดยใช้เอธานอลจะมีประสิทธิภาพเท่าเทียบกับน้ำได้หรือไม่ต้องทำการศึกษาโครงการนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบตัวทำละลายน้ำและเอธานอลในการสกัดสีย้อมว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อสีที่สกัดได้ โดยปกติ ผ้าที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ จะมีความคงทนของสีต่อการซัก และต่อแสงแดดไม่ดีนัก จำเป็นต้องใช้ตัวติดสีเพื่อเพิ่มสมบัติดังกล่าวให้ดีขึ้น เพราะฉะนั้นควรที่ศึกษาผลกระทบของตัวติดสีต่อผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดเปรียบเทียบกับผลที่ได้ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีชนิดเดียวกันแต่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน

งานวิจัยนี้ได้ตั้งประเด็นคำถามการวิจัยไว้ว่า ไคโตซานที่ตกแต่งด้วยวิธีจุ่มอัดลงบนผ้าฝ้ายอาจเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยฝ้ายกับหมู่ไฮดรอกซิลของไคโตซาน และการเกิดพันธะระหว่างหมู่ $-CH_2OH-$ ของผ้าฝ้าย กับหมู่ไฮดรอกซิลของไคโตซาน ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้ว มีหมู่ไฮดรอกซิล และ หมู่อะมิโนที่เป็นหมู่จับสีมากขึ้น ซึ่งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดดีขึ้น ทำให้ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดอาจมีเฉดสีที่เข้มขึ้น และผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีดังกล่าวอาจมีสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักดีขึ้นด้วย

**1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อศึกษา**

1. ผลกระทบของไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด
2. เปรียบเทียบสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดจากการใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันระหว่างน้ำ และ เอธานอล เป็นตัวสกัด
3. เปรียบเทียบผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสี และสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดทั้งของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งและไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

สีย้อมที่ใช้ในโครงการวิจัยจะเป็นสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดที่ตากแห้งเท่านั้น และผ้าที่ใช้ย้อมจะใช้ผ้าฝ้ายในการศึกษาเท่านั้น

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลกระทบทางเศรษฐกิจ

1. เปิดช่องทางในการนำเอาเศษวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เพิ่มมูลค่าของไคโตซานและเปิดช่องทางการนำไคโตซานกลับมาใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งไคตินและไคโตซานสามารถผลิตได้มากในประเทศไทย แต่การนำมาแปรรูปสำหรับใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆยังมีน้อย
3. ลดปริมาณการนำเข้าสีสังเคราะห์จากต่างประเทศ และหันมาสนับสนุน การใช้สีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้จากแหล่งวัตถุดิบที่มีในประเทศ

ผลกระทบทางสังคม

1. ลดมลภาวะที่เกิดจากการใช้สีสังเคราะห์ในกระบวนการย้อมต่อระบบนิเวศวิทยา
2. เปิดโอกาสให้ผู้บริโภคมีโอกาสที่จะเหลือซื้อ และใช้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้น เช่น เสื้อผ้าเด็กที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติ อาจให้เฉดสีเฉพาะตัวของสีย้อมธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นเฉดสีที่สีสังเคราะห์ไม่สามารถให้ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2
# การสำรวจแนวความคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง
# (Survey of Related Literature)

## 2.1 สีย้อมธรรมชาติ (Natural dyes)

สีย้อมธรรมชาติ[4,13]ส่วนใหญ่เป็นสีที่สกัดได้จาก เนื้อไม้ เปลือกไม้ ใบ ราก และผล ของพืช และก็มีสีย้อมธรรมชาติที่สามารถสกัดได้จากสัตว์บ้าง แต่มีเป็นส่วนน้อย สีที่สกัดได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่นำมาย้อมขนสัตว์ ไหม ฝ้าย และลินิน เนื่องจากสีย้อมธรรมชาติมีหลากหลาย เพราะมาจากแหล่งวัตถุธรรมชาติที่แตกต่างกัน ทำให้มีพฤติกรรมในการย้อมแตกต่างกัน และยังมีสมบัติทางด้านความคงทนของสี (fastness) ที่แตกต่างกันด้วย แต่มีเพียงสีย้อมธรรมชาติเพียงบางส่วนที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างสีธรรมชาติที่สกัดมาจากแหล่งของพืชหรือสัตว์ที่สำคัญที่นำมาใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติได้แก่

1. Cis-bixin สกัดได้จากเมล็ดที่เป็นฝัก (seed pods) ของผลจากต้นไม้ที่เรียกว่า Rocou ซึ่งต้นไม้หนึ่งต้นจะให้ผลผลิตเป็นเมล็ดประมาณ 1-3 กิโลกรัม และ 100 กิโลกรัมของเมล็ดสามารถสกัดเอาสารที่บริสุทธิ์ของ cis-bixin ได้ 120-160 กรัม เมล็ดที่เป็นฝักสามารถนำมาใช้เป็นอาหาร เนยแข็ง เนยเทียม และน้ำมันได้อีกด้วย ซึ่งต้นไม้ Rocou ปลูกที่อเมริกาใต้ตอนกลางและสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ปีละ 500 ตัน โครงสร้างทางเคมีเป็นพวก Annatto ซึ่งจะอยู่ในประเภทเดียวกันกับ carotenoid ซึ่งโครงสร้างจะมีพันธะคู่สลับ (conjugated double bond) อยู่ตลอดสายโซ่โมเลกุล เฉดสีที่ย้อมได้จาก cis-bixin จะให้เฉดสีส้มแดง
2. Carminic acid (cochineal) สกัดได้จากแมลงเพศเมียที่เรียกว่า Cochineal (coccus cacti) ซึ่งสารที่สกัดได้สามารถนำไปใช้เป็นสีย้อมสำหรับไหม และขนสัตว์ และยังใช้เป็นสีผสมอาหารและสีที่ใช้ในเครื่องสำอาง แมลงที่ตากแห้ง 1 กิโลกรัมสามารถสกัดสีย้อมที่บริสุทธิ์ได้ 50 กรัม แมลงที่เลี้ยงอยู่ตามไร่สามารถจับได้ปีละ 3 ครั้ง ส่วนแมลงในไร่ของพืชต้นตะบองเพชรที่เติบโตอย่างธรรมชาติสามารถจับได้ปีละ 6 ครั้ง ซึ่งสามารถนำเป็นจำนวนแมลงที่จับได้ 300 กิโลกรัมต่อปีต่อ1ฮา (ha) ซึ่งโครงสร้างทางเคมีของ cochineal จะคล้ายคลึงกับโครงสร้างทางเคมีของกรด kermesic ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ Anthraquinones เช่นกัน cochineal เฉดสีที่ได้เป็นเฉดสีส้มแดงเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อใช้มอแด้นท์เป็นพวกดีบุกในการย้อมขนสัตว์จะให้เฉดสีแดงสด ในการย้อมไหมจะได้เฉดสีแดงสดเช่นกันเมื่อใช้มอแด้นท์ที่เป็นพวกอลูมิเนียมหรือดีบุก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



3. Carotene สกัดได้จากแครอทหรือเม็ดฟักทอง ส่วนใหญ่ใช้เป็นสีผสมในอาหารและยา เป็นหลัก แครอท 1 ตัน สามารถสกัดสารแคโรทีนบริสุทธิ์ได้ 67 กรัม สีที่สกัดได้จะเป็นสีส้ม โครงสร้างทางเคมีของสารชนิดนี้จัดอยู่ในพวก carotenoids ซึ่งจะมีพันธะคู่สลับอยู่ตลอดสายโซ่โมเลกุล ตับของคนเราสามารถทำหน้าที่เปลี่ยน carotenoids ให้เป็นวิตะมิน A และในเนื้อเยื่อชั้นในสุดของลูกตาที่เรียกว่า retina ซึ่งทำหน้าที่รับภาพและมีความไวต่อแสงมาก ทั้งนี้เพราะ retina จะประกอบไปด้วยรงควัตถุสีที่ไวต่อแสง ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนรวมกับ carotenoids
4. Carthamine สกัดได้จากดอกไม้ของดอกคำฝอย (safflower; carthamus tinctorius) สีที่สกัดได้จะเป็นสีเหลืองจากการใช้น้ำเป็นตัวสกัด
5. Curcumin เป็นสารที่อยู่ในรากของหัวพืชที่อยู่ใต้ดินของพืชตระกูลขมิ้น (curcuma genus) พืชชนิดนี้มีต้นกำเนิดจากเอเชียตะวันออก ขาขมิ้น 1 กิโลกรัมใช้สกัดสีย้อมได้ 30-50 กรัม สีย้อมที่สกัดได้สามารถนำไปย้อมขนสัตว์ ฝ้าย และไหม ได้หลายเฉดสี เช่น สีเหลือง แดง ถึงดำอมน้ำตาล
6. Euxanthinic acid เป็นกรดที่เอามาจากน้ำปัสสาวะของวัวควาย ซึ่งสัตว์ 1 ตัวจะให้กรดชนิดนี้วันละ 50 กรัม ต้นกำเนิดการใช้กรดประเภทนี้ คือประเทศอินเดีย
7. Fustine และ fisetine สกัดได้จากต้นไม้ในตระกูลมูลเบอรี่ที่มีอายุไม่มาก (young fustic) ซึ่งเป็นไม้ที่นำมาย้อมสีและให้เฉดสีเหลืองอ่อน โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมที่สกัดได้จัดอยู่ในพวก Flavonoid
8. Haematin สกัดได้จากต้นไม้ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า logwood ที่มีอายุระหว่าง 10-12 ปี และต้นไม้ชนิดนี้ปลูกในภูมิอากาศชื้นของแมกซิโก และอเมริกาตอนกลาง การสกัดสารดังกล่าวทำได้โดยการหมักท่อนไม้ logwood ที่เป็นท่อนๆในสารออกซิไดส เช่น nitrites, chlorates หรือ chromates อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเกิดได้ดีขึ้นเมื่อเติมด่างลงไป โครงสร้างทางเคมีของรงควัตถุนี้เป็นชนิด Dihydropyrans เมื่อนำสีย้อมที่สกัดได้มาย้อมไหม ขนสัตว์ ฝ้ายจะได้เฉดสีดำเข้ม และเมื่อนำสีย้อมที่สกัดได้มาใช้ย้อมเส้นใยพวกโพลีอะไมด์ (polyamide) ได้เฉดสีน้ำเงินและดำ
9. Hypericin เป็นสีที่สกัดได้ในอัตราส่วน 1.2-1.5 กรัมต่อกิโลกรัมของดอก St John'wort ที่แห้ง เฉดสีที่ได้จากการย้อมขึ้นอยู่กับมอแด้นท์ที่ใช้ ซึ่งจะให้เฉดสีต่างๆ เช่น เหลือง ชมพู ดำอมน้ำเงิน ถ้าไม่ใช้มอแด้นท์ในการย้อมให้เฉดสีม่วงแดงสำหรับการย้อมเส้นใยขนสัตว์

10. Indigo เป็นสีย้อมที่ใช้ย้อมขนสัตว์และฝ้าย และนิยมใช้ย้อมผ้ายีนเป็นหลัก เป็นสารที่สกัดได้จากพืชตระกูล Indigofera และ Woad และเมื่อนำมาย้อมจะได้เฉดสีครามหรือสีน้ำเงิน ใบหรือดอกของพืชตระกูล Indigofera ปริมาณ 300 กิโลกรัม หรือ ต้น Woad ปริมาณ 900 กิโลกรัม ให้สีย้อม 1 กิโลกรัม การสกัดสีย้อมทำได้โดยการเก็บใบที่ได้จากพืชตระกูล Indigofera แล้วนำมาแช่ลงในอ่างน้ำเป็นเวลา 9-14 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์สีย้อมที่สกัดได้จะเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับความสดของใบและความชื้นที่มีอยู่ในใบ หลังจากนั้นใช้ไม้ไผ่ตีใบที่แช่อยู่ในอ่าง เพื่อให้ของเหลวที่สกัดออกมาจากใบเกิดการออกซิไดสกับอากาศ มีผลทำให้สีของของเหลวค่อยๆเปลี่ยนจากเฉดสีส้มหรือเหลืองไปเป็นเฉดสีเขียวเข้มหรือน้ำเงินเมื่อการเกิดออกซิไดสกับอากาศได้อย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้น ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการตกตะกอนของอิดิโก หลังจากนั้นเอาน้ำที่อยู่ส่วนบนออก แล้วย้ายตะกอนอิดิโกจากอ่างไปไว้ในกาต้มน้ำขนาดใหญ่ ต้มให้ร้อนเพื่อป้องกันการเกิดการหมักต่อเนื่อง แล้วปล่อยให้เย็น แล้วกรองเอาตะกอนของอิดิโกผ่านผ้ากรอง ตะกอนที่กรองได้จะวางไว้บนถาดเพื่อนำไปตากแห้ง เมื่อแห้งสนิทจะได้แป้งแข็งของตะกอนอิดิโก ก่อนนำไปตัดแบ่งเป็นก้อนเพื่อขายต่อไป
11. Juglan เป็นรงควัตถุสีที่สกัดได้จากเปลือกวอลนัทสด (fresh walnut shells) ซึ่งเปลือกวอลนัทสด 1 กิโลกรัม จะสกัดรงควัตถุสีดังกล่าวได้ 2 กรัม รงควัตถุที่สกัดได้ นอกจากเรียกว่า juglan แล้วยังสามารถเรียกว่า juglone, nucin หรือ regianin ได้ สีที่สกัดได้นำมาใช้ย้อมขนสัตว์ได้เฉดสีเหลืองอมน้ำตาล และได้เฉดสีชมพูเมื่อมีการใช้มอแด้นท์ที่เป็นอลูมิเนียม นอกจากนี้ยังมีการใช้รงควัตถุสีที่สกัดได้นี้ ในเครื่องสำอาง เช่น โลชั่นกันแดด รงควัตถุสีที่สกัดได้จัดเป็นสีย้อมประเภทสีแวต เพราะเมื่อเอาเปลือกของวอลนัทสดมาบดแล้วหมักไว้ 2 วันก่อนนำมาสกัดด้วยน้ำร้อนจะได้สารละลายที่ไม่มีสี หลังจากนั้นเมื่อถูกออกซิไดสด้วยอากาศทำให้โครงสร้างทางเคมีของรงควัตถุสีที่สกัดได้เปลี่ยนโครงสร้างเป็นพวก Quinone ชนิด Napthoquinones ทำให้เมื่อนำมาย้อมเส้นใยธรรมชาติจะได้เฉดสีในช่วงน้ำตาลถึงสีเหลือง
12. Kermesic acid เป็นอนุพันธ์ของ anthraquinone ที่สกัดได้จากแมลง ที่เรียกว่า Kermes เป็นแมลงตัวเมียที่พบอยู่บนไม้โอ๊คแถบเมดิเตอร์เรเนียน ซากแห้งของแมลงชนิดนี้ 1 ตัวจะมีกรด kermesic ประกอบอยู่ 1% กรด kermesic ละลายได้ในน้ำร้อนและสารละลายที่ได้เป็นสีแดงอมเหลือง ซึ่งเฉดสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเมื่อเติมกรดบอริก (boric acid) และสามารถเปลี่ยนเป็นสีแดงม่วงเมื่อเติมกรดซัลฟูริกที่เข้มข้นลงไป แต่กรดชนิดนี้จะละลายในน้ำเย็นได้น้อยลง แต่เมื่อใช้มอแด้นท์ที่เป็นพวกอลูมิเนียมใส่ใน

สารละลายกรด kermesic จะให้เฉดสีแดงสด ซึ่งเป็นเฉดสีที่ได้รับความนิยมมากสำหรับกรด kermesic

13. Madder dyes เป็นสีที่สกัดได้จากเปลือกของรากของพืชตระกูล Rubia เช่น ต้น Madder สี madder เป็นสีที่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นพวก Hydroxyanthrachinones เปลือกของรากของต้น Madder 50 กิโลกรัม จะสกัดสีย้อมได้ 1 กิโลกรัม
14. Laccaic acid เป็นกรดที่สกัดมาจากแมลงพวก Coccus laccae ที่เกิดอยู่บนเปลือกของต้นไม้ กิ่งของต้นไม้ที่มีแมลงชนิดนี้แพร่พันธุ์อยู่จะปกคลุมไปด้วยเรซินที่มีสีน้ำตาลแดงที่เรียกว่าครั่ง (lac) ซึ่งครั่งนี้จะถูกเก็บเอามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสีย้อม ซึ่งครั่งจะมีรงควัตถุสีประกอบอยู่ประมาณ 10% ซึ่งสามารถสกัดออกมาได้โดยใช้สารละลายร้อนของโซเดียมคาร์บอเนต และได้สีย้อมตกตะกอนแยกออกมา เมื่อเติมสารส้มหรือปูนขาวลงไป โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมที่สกัดได้จากครั่ง เป็นอนุพันธ์ของ Anthraquinones สีย้อมที่สกัดได้เมื่อนำมาใช้ย้อมขนสัตว์และใช้มอแด้นท์ที่เป็นพวกอลูมิเนียมหรือดีบุกจะให้เฉดสีแดง
15. Lawson สกัดได้จากใบของต้นเฮนนา (Henna) ซึ่งปลูกในประเทศอินเดียและอียิปต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งใบเฮนนามีสารนี้ประกอบอยู่ด้วย 1%และมีโครงสร้างทางเคมีเป็น 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone เมื่อสกัดด้วยน้ำร้อนได้สีย้อมที่เป็นสีเหลืองที่สามารถนำมาย้อมขนสัตว์และไหม เมื่อย้อมเสร็จแล้วได้เฉดสีที่เป็นสีส้ม นอกจากนี้ สีย้อม lawson ที่สกัดได้ยังสามารถนำมาใช้ย้อมผมได้เป็นเฉดสีแดง
16. Archil เป็นสารที่พบในไลเคน (lichen)
17. Phoenician purple (6,6′,-dibromic indigo) เป็นสารที่พบในเปลือกของสัตว์น้ำประเภทที่มีเปลือกแข็งหุ้มตัว เนื้อในนิ่ม เช่น หอยนางรม หอยทาก ปลาหมึก เป็นต้น สัตว์น้ำประเภทนี้ หนึ่งหมื่นตัวจะให้สีย้อมที่บริสุทธิ์ประมาณ 1.2 กรัม
18. Rutin สกัดได้จากใบ ดอก และผลของต้นไม้หลายชนิด เช่น จากต้นข้าวสาสี (buckwheat) ชนิดหนึ่ง หรือต้นเบอร์รี่สีเหลืองของจีน (Chinese yellow berries) สามารถใช้ย้อมขนสัตว์และไหมให้เฉดสีเหลืองมะนาวเมื่อใช้มอแด้นท์พวกสารส้ม (alum) ที่ประเทศจีนเคยใช้สีที่สกัดได้นี้ย้อมบนผ้าขนสัตว์ที่นำมาทำเป็นเสื้อคลุมยาวแบบจีน (Mandarins'robes)
19. Saffron สกัดได้จาก stigmas ของต้นไม้ดอกพวก Crocus ชื่อของต้นไม้มาจากคำว่า Arabic za faran ซึ่งมีความหมายว่าสีเหลือง ในสมัยของกรีกและโรมัน saffron นอกจากจะใช้เป็นสีย้อมธรรมชาติแล้ว ยังสามารถใช้เป็นเครื่องเทศในการปรุงอาหาร ใช้

เป็นส่วนผสมในสูตรยา และใช้เป็นน้ำยาดับกลิ่นในห้องน้ำสาธารณชน นอกจากนี้ในยุคกลาง ได้ค้นพบว่าเมื่อมีการใช้สาร saffron เป็นมอแด้นท์รวมกับมอแด้นท์พวกเหล็กในกระดาษจะได้กระดาษสีทองที่คล้ายกับสีธรรมชาติของทองมาก โครงสร้างทางเคมีหลักของ saffron คือ crocin สามารถใช้ย้อมไหมหรือใช้เป็นสีผสมอาหาร

สีที่สกัดได้จากธรรมชาติสามารถจัดแบ่งเป็นประเภทของสีย้อมได้ดังนี้[13]

1. สีไดเร็กท์ (direct dyes) ได้แก่ curcuma, archil, safflower คือสีย้อมที่ละลายน้ำได้และมีประจุลบ สามารถย้อมติดเส้นใยเซลลูโลส พันธะยึดเหนี่ยวระหว่างสีและเส้นใยเป็นพันธะอ่อนๆที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น พันธะไฮโดรเจน และพันธะวันเดอร์วาลล์ การย้อมสีไดเร็กท์จะใช้เกลือช่วยเร่งการดูดซึมของสีให้ดีขึ้น
2. สีแคทไอออนนิก (cationic dyes) ได้แก่ barberry คือสีย้อมที่จะแสดงประจุบวกบนโครงสร้างของโมเลกุลสีเมื่ออยู่ในน้ำ สามารถย้อมติดเส้นใยที่แสดงประจุลบเมื่ออยู่ในน้ำ เช่น ไหมและขนสัตว์ และเกิดพันธะยึดเหนี่ยวที่เป็นพันธะไอออนนิก
3. สีแวต (vat dyes) ได้แก่ indigo, phoenician purple, woad คือสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำ ในการย้อมจะต้องทำการรีดิวส์สีแวตในสารละลายด่างก่อน เพื่อทำให้สีย้อมเปลี่ยนจากรูปที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นรูปที่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมบนผ้าหรือเส้นใยเสร็จแล้ว จึงทำออกซิไดสให้สีกลับไปสู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ
4. สีมอร์แด้นท์ (mordant dyes) ได้แก่ logwood, cochineal, fustic, catechu, kermes, madder, persian berry, lacdye, quercitrin, redwood, sandalwood, weld คือสีที่ต้องใช้มอแด้นท์ในการย้อมเพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสี มีผลทำให้สีสามารถผนึกอยู่บนเส้นใยได้ดีขึ้น โดยปกติ ความคงทนของสีต่อแสงของสีย้อมธรรมชาติส่วนใหญ่จะไม่ดี เพราะฉะนั้น การใช้มอแด้นท์จะช่วยปรับปรุงสมบัติดังกล่าวให้ดีขึ้น มอแด้นท์เป็นสารประกอบเกลือของโลหะ และสามารถใช้มอแด้นท์ในการย้อมได้ 3 วิธี คือ การทำมอแด้นท์ก่อนการย้อม พร้อมกับการย้อม และหลังการย้อม ตัวอย่างของมอแด้นท์ที่นิยมใช้[12] ได้แก่
    4.1 อลูมิเนียมจากสารส้ม (alum; Aluminium potassium sulphate) เป็นมอแด้นท์ที่ใช้กันมากที่สุด โดยส่วนใหญ่สารส้มนิยมใช้รวมกับสาร potassium hydrogen tartrate (cream of tartar) ในอัตราส่วนที่ใช้ คือ สารส้ม 3 ส่วน และ 1 ส่วน ของ สาร potassium hydrogen tartrate

4.2 เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต (iron; ferrous sulphate) เป็นมอแด้นท์ที่ใช้แล้วทำให้สีดูมืดมนขึ้น (darker or duller) จึงเรียกมอแด้นท์ชนิดนี้ว่า saddening

4.3 ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ (stannous chloride) เป็นมอแด้นท์ที่ใช้แล้วทำให้สีดูสดใสและสว่างขึ้น

4.4 ทองแดงจากจุนสี (copper sulphate) เป็นมอแด้นท์ที่จะเพิ่มเฉดสีเขียวหรือเฉดสีเขียวอมฟ้าให้กับสีย้อมที่ย้อมลงบนเส้นใย

4.5 โครเมียมจากโปแตสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate) เป็นมอแด้นท์ที่ช่วยทำให้สีมีความคงทนมากขึ้น

4.6 แคลเซียมจากแคลเซียมอะซิเตต (calcium acetate) เป็นมอแด้นท์ที่ใช้แล้วทำให้สีดูสดใสและสว่างขึ้น

**2.2 โครงสร้างของโมเลกุลของสี[9,11,16]**

Graebe และ Liebemann เป็นบุคคลคู่แรก ที่สังเกตเห็นพันธะคู่อยู่สลับกัน (conjugated double bonds) ในโครงสร้างเคมีของโมเลกุลสี ส่วน O.N. Witt ได้สังเกตเห็นหมู่ปฏิกิริยา (functional group) ที่มีพันธะเชื่อมต่อกับพันธะคู่สลับในโครงสร้างของโมเลกุลสี ซึ่งหมู่ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เรียกว่า หมู่โครโมฟอร์ (chromophores) โดยที่หมู่โครโมฟอร์นี้ มีความสามารถในการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น หรือคลื่นแสงที่ใกล้รังสี UV ตัวอย่างของหมู่ปฏิกิริยาที่เป็นหมู่โครโมฟอร์ในโมเลกุลสี ได้แก่ หมู่เอโซ (azo group, -N=N-) หมู่ไนโทร (nitro group, $-NO_2$) หมู่คาร์บอนิว (carbonyl group, -C=O) และหมู่อนุพันธ์แอลคิลแอมโมเนียม (alkyl ammonium derivatives, $-NR_3^+$) เป็นต้น ซึ่งหมู่เหล่านี้จะทำหน้าที่ในการเกิดสีของโมเลกุลสี ส่วนหมู่ปฏิกิริยาอีกหมู่หนึ่งที่มีพันธะเชื่อมต่อกับพันธะคู่สลับในโครงสร้างของโมเลกุลสี คือ หมู่ออโซโครม (auxochromes) หมู่ออโซโครม จะมีผลทำให้คลื่นของแสงที่ดูดกลืนโดยหมู่โครโมฟอร์เปลี่ยนไป ซึ่งคลื่นการดูดกลืนแสงจะถูกเปลี่ยนหรือโยกย้ายไปยังคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นที่ยาวกว่า เพราะฉะนั้น หมู่ออโซโครม เป็นหมู่ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีหรือเพิ่มความเข้มของสีให้กับโมเลกุลสี นอกจากนี้ หมู่ออโซโครมยังเป็นหมู่ที่บอกว่าโมเลกุลของสีนี้จะยึดกับซับสเตรดอะไร และมีความคงทนในการยึดเกาะกับซับสเตรดนั้นมากน้อยเท่าใด หมู่ปฏิกิริยาที่เป็นหมู่ออโซมโครมในโมเลกุลสี ได้แก่ หมู่อะมิโน (amino group, $-NH_2$) หมู่โมโนแอลคิลอะมิโน (mono alkyl amino group, -NHR) หมู่ไดแอลคิลอะมิโน (dialky amino group, $-NR_2$) หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxy group, -OH) และหมู่อีเทอร์ (ether group, -OR) เป็นต้น การรวมส่วนประกอบทั้งสามส่วนของโมเลกุลสี คือ

พันธะคู่สลับ หมู่โครโมฟอร์ และหมู่ออโซโครมเข้าด้วยกัน จะเรียกว่า โครโมเจน (chromogen) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของโมเลกุลที่รับผิดชอบในการเกิดสี ซึ่งโมเลกุลสีที่มีหมู่โครโมฟอร์และหมู่ออโซโครมแตกต่างกันมีผลทำให้เกิดสีแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนพันธะคู่สลับในโมเลกุลสี มีผลทำให้คลื่นแสงที่ดูดกลืนได้ของโมเลกุลสีเป็นคลื่นแสงที่ยาวขึ้น มีผลทำให้เกิดสีได้แตกต่างกันเมื่อจำนวนพันธะคู่สลับในโมเลกุลสีแตกต่างกันออกไป

การมองเห็นสีในโครงสร้างของเพชร (diamond) และกราฟไฟท์ (graphite) จะเป็นตัวอย่างที่ชัดเจนในการบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีกับการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น ทั้งเพชรและกราฟไฟท์ จะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเพียงธาตุเดียว แต่พันธะที่เกิดขึ้นของคาร์บอนในเพชรและกราฟไฟท์ต่างกัน ในเพชร คาร์บอนอะตอมจะยึดต่อกันด้วยพันธะเดี่ยว มีผลทำให้เกิดเป็นผลึกที่ใหญ่ในโมเลกุลของเพชร ซึ่งโครงสร้างลักษณะนี้จะไม่ดูดกลืนคลื่นแสงใดเลยในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น มีผลทำให้คนมองเห็นเพชรเป็นสีขาว ส่วนในกราฟไฟท์จะมีโมเลกุลเรียงเป็นแผ่นระนาบ ซึ่งจะประกอบด้วย เบนซินเชื่อมต่อกันเป็นพันๆวง ซึ่งเบนซินจะประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมยึดกันด้วยพันธะคู่สลับกันไป ซึ่งโครงสร้างลักษณะนี้จะดูดกลืนคลื่นแสงทุกคลื่นในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็น มีผลทำให้คนมองเห็นกราฟไฟท์เป็นสีดำ ในตารางที่ 1 แสดงเฉดสีตัวอย่างของโมเลกุลสีของ Diphenylpolyenes ซึ่งมีโครงสร้างโดยทั่วไปของโมเลกุลสีคือ $C_6H_5(CH=CH)_nC_6H_5$ แต่สีที่มองเห็นจะเป็นเฉดสีต่างๆซึ่งขึ้นอยู่กับ n ซึ่งเป็นตัวบอกจำนวนของพันธะคู่สลับในโมเลกุลของสี

ตารางที่ 1. เฉดสีของ Diphenylpolyenes[11]

| จำนวนพันธะคู่สลับ (n) | สี(color) |
|---|---|
| 1 | ไม่มีสี (None) |
| 2 | ไม่มีสี (None) |
| 3 | สีเหลืองอ่อน (Pale Yellow) |
| 4 | สีเหลืองอมเขียว (greenish yellow) |
| 5 | สีส้ม (Orange) |
| 6 | สีส้มอมน้ำตาล (brownish orange) |
| 7 | สีทองแดง (Copper-bronze) |
| 11 | สีม่วง-ดำ (Violet-black) |
| 15 | สีดำอมเขียว (Greenish black) |

**2.3 ความคงทนของสี**

สี เป็นวัสดุที่ใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดเป็นสีสันที่สวยงามเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ถ้าสีที่ใช้บนผลิตภัณฑ์มีสีสันที่สดใสสวยงามได้อย่างถาวรตลอดการใช้งาน ก็จะตัดความกังวลใจของผู้ผลิตในการเลือกซื้อสีที่มีคุณภาพให้เหมาะสมกับการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ส่วนผู้บริโภคก็สามารถซื้อผลิตภัณฑ์ไปใช้ได้ด้วยความสบายใจ ไม่ต้องกังวลใจเกี่ยวกับการซีดจางของสีที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แต่ในสภาพที่เป็นจริงหาเป็นเช่นนั้นไม่ เพราะสีต่างๆที่ใช้บนผลิตภัณฑ์นั้นมีประสิทธิภาพความคงทนของสีต่อสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน สีบนผลิตภัณฑ์ เช่น เสื้อผ้า ผ้าม่าน หรือสิ่งทออื่นๆ สามารถเกิดการซีดจางของสีได้ หรืออาจเกิดการตกสีจากวัสดุหนึ่งไปอีกวัสดุหนึ่งได้ ที่เรียกว่าการเปื้อนติด การซีดจางของสีเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากแสง จากการซักล้าง จากการซักแห้ง จากน้ำทะเล หรือจากเหงื่อของคน การซีดจางของสีอาจไม่ได้เกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งแต่อย่างเดียว แต่อาจเกิดจากหลายสาเหตุรวมกันก็ได้

สมาชิกในองค์กรสิ่งทอในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ความคงทนของสี (colorfastness) ว่าเป็นคำที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสีบนผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เสื้อผ้า ผ้าม่าน หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ว่าจะมีความด้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบนผลิตภัณฑ์หรือเกิดการตกสีของผลิตภัณฑ์ไปเปื้อนติดวัสดุชนิดอื่นๆที่อยู่ใกล้มันมากน้อยเท่าใด เมื่อผลิตภัณฑ์นั้นถูกนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมต่างๆ หรือถูกใช้เพื่อการทดสอบ หรือระหว่างกระบวนการผลิต หรือระหว่างการเก็บ คำว่าความคงทนของสีปกติจะไม่ใช้อยู่โดดเดี่ยว แต่จะใช้ร่วมกับคำอื่นที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี เช่น

แสงเป็นสาเหตุบวกกับคำว่าความคงทนสีก็จะเป็นความคงทนของสีต่อแสง (Colorfastness to light)

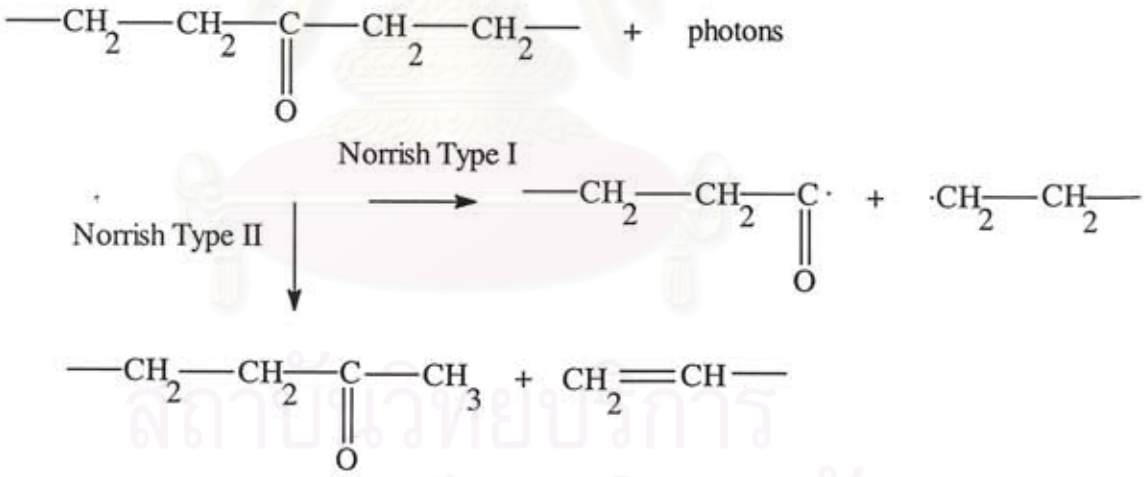
เหงื่อเป็นสาเหตุบวกกับคำว่าความคงทนสีก็จะเป็นความคงทนของสีต่อเหงื่อ (Colorfastness to perspiration)

น้ำเป็นสาเหตุบวกกับคำว่าความคงทนสี ก็จะเป็นความคงทนของสีต่อน้ำ (Colorfastness to water)

การขัดถูกเป็นสาเหตุบวกกับคำว่าความคงทนสี ก็จะเป็น ความคงทนของสีต่อการขัดถูก (Colorfastness to rubbering) เป็นต้น

คำว่า สีที่ทนทานต่อแสง (Lightfast color) จะมีความหมายว่า สีนั้นจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆเลยในโครงสร้างของสี เมื่อสีถูกแสงที่เป็นแสงอาทิตย์หรือแสงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง โดยทั่วไป สีแต่ละสีมีความคงทนของสีต่อแสงได้ในระดับที่แตกต่างกันออกไป

ซึ่งความแตกต่างนี้จำเป็นต้องมีวิธีการทดสอบ หาระดับความคงทนของสีต่อแสงว่าอยู่ในระดับใด สีมีประสิทธิภาพในการทนต่อแสงแตกต่างกัน เพราะว่าโครงสร้างของสีประกอบไปด้วยหมู่โครโมฟอร์และหมู่ออโซโครมต่างกัน และแต่ละหมู่สามารถดูดซับพลังงานคลื่นแสงในแต่ละช่วงของความยาวคลื่นที่ต่างกัน แสงที่ถือว่าเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เมื่อโมเลกุลสีรับมาย่อมมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสี เช่น ทำให้พันธะทางเคมีของสีแตกออก ส่วนประกอบของสีที่เรียกว่า ออโซโครมอาจถูกกำจัดออกมีผลทำให้รงควัตถุของสีไม่เหมือนเดิม ซึ่งมีผลต่อเฉดสี ระดับความเข้มสี และระดับความสดใสของสีเปลี่ยนไป ซึ่งผลเหล่านี้เป็นเพราะโครงสร้างทางเคมีของสีไม่ทนต่อแสงและส่งผลทำให้สีนั้นเกิดซีดจางลง นอกจากนี้หมู่โครโมฟอร์ เช่น หมู่คาร์บอนิว (-C=O) ซึ่งเป็นหมู่ที่สำคัญหมู่หนึ่งในโมเลกุลของสี สามารถดูดซับรังสี UV และเกิดปฏิกิริยาประเภท Norrish type I และ Norrish type II ดังแสดงในรูปที่ 1 จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น มีผลทำให้เกิดการแตกออกของพันธะในโมเลกุลของสี ส่งผลให้สีซีดจางหรือเฉดสีเปลี่ยนไป เพราะโมเลกุลสีไม่เหมือนเดิม และ ฟรีเรดิเคล (free radical) ที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาที่ต่อเนื่องมีผลทำให้เกิดการสึกกร่อนของผลิตภัณฑ์ได้ต่อไป




รูปที่ 1. ปฏิกิริยาการเกิด Norrish type I และ Norrish type II ของหมู่คาร์บอนิวที่ดูดซับแสง UV[16]

แสงมีผลกระทบต่อการซีดจางของโมเลกุลสี และอัตราการซีดจางของสีจะมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น

1. ปฏิกิริยาทางเคมีของโมเลกุลสีเมื่อถูกแสง
2. สภาพพื้นฐานทางธรรมชาติของสี
3. โครงสร้างทางเคมีของวัสดุ

4. สิ่งแปลกปลอมในวัสดุ
5. สภาพแวดล้อม
6. แหล่งกำเนิดแสง

เนื่องจาก ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมและแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกันอาจมีผลกระทบต่อการซีดจางของสีไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นวิธีทดสอบความคงทนของสีต่อแสงต้องระบุแหล่งกำเนิดแสงหรือสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ เพราะปัจจัยทั้งสองอาจมีผลกระทบต่อผลการทดสอบที่ได้แตกต่างกันออกไป

**2.4 ไคติน-ไคโตซาน**

ไคติน[17,18] เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ β-1,4-N-acetyl-D-glucosamine จัดเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ยาวที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แต่โครงสร้างไคตินต่างจากเซลลูโลสตรงที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นหมู่อะซิทาไมด์ ($NH\text{-}CO\text{-}CH_3$) แทนที่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ส่วนไคโตซานซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไคติน ที่นำหมู่อะเซทิล ($CO\text{-}CH_3$) ออกไปจากไคติน ไคตินเป็นสารอินทรีย์ที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส พบไคตินในผนังเซลล์ของพืชบางชนิดและในสัตว์ เช่น สัตว์ที่มีเปลือกและกระดอง ได้แก่ หอย กุ้ง ปู และจุลินทรีย์ ไคตินประกอบไปด้วยไนโตรเจนประมาณ 7% ไคตินเชื่อมอยู่กับคาร์โบไฮเดรตด้วยพันธะโควาเลนท์ในรูปของโปรตีนและพบรวมอยู่กับเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกของพวกกุ้ง ปู ไคตินเป็นสารพวกโมเลกุลยาวที่ไร้ประจุ (non-electrolytic polymer) ทำให้ไม่สามารถละลายในน้ำและสารละลายอินทรีย์ โครงสร้างไคตินในธรรมชาติที่พบแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

อัลฟาไคติน (α-chitin) การจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลไปในทิศทางสวนทางกัน สายโซ่โมเลกุลเรียงตัวได้แน่นมีความแข็งแรงสูงสุด พบในเปลือกกุ้ง กระดองปู เปลือกแข็งของแมลง และผนังเซลของเห็ดรา

เบตาไคติน (β- chitin) การจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลไปในทิศทางเดียวกัน สายโซ่โมเลกุลเรียงตัวได้ไม่แน่นมาก พบในแกนหมึก

แกมมาไคติน (γ-chitin) เป็นสายโซ่โมเลกุลแบบผสมของอัลฟา และเบตาไคติน ทำให้สายโซ่โมเลกุลเรียงตัวไม่เป็นระเบียบและจะเรียงในทิศทางเดียวกันและสลับกันบ้าง พบในไคตินจากรังไหมดิบ

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อนำมาสกัดสารไคติน สามารถทำได้โดยนำเอาเปลือกกุ้งหรือปูมาตากแดดจัดๆสัก 1-2 วัน ทำให้ได้สีของไคตินที่ได้ขาวขึ้นทั้งนี้เพราะแสงอุลตร้าไวโอเลตในแสงแดด

สามารถทำปฏิกิริยากับรงควัตถุทำให้เกิดการสลายตัวของรงควัตถุอยู่ในรูปที่ไม่มีสี หลังจากนั้นบดและล้างให้สะอาดเพื่อเอาเศษอาหารออกให้หมด แล้วตากแห้งอีกครั้ง ทำให้เปลือกที่ได้สามารถเก็บไว้ได้หลายเดือนที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากวัตถุดิบที่เตรียมจากเปลือกกุ้งหรือปู มีส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ไคติน ซึ่งสารที่พบในเปลือกกุ้งและปูประกอบด้วย 20-30% ของไคติน 30-40% ของโปรตีน 30-50% ของแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วน 1-2% ของแมกนีเซียมและฟอสฟอรัส และรงควัตถุและสารอื่นๆอีกจำนวนเล็กน้อย เช่น ไขมัน และคาโรทีนอยด์ ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ จำเป็นจะต้องสกัดแยกออกจากไคติน เพราะฉะนั้นขั้นตอนการเตรียมไคตินแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

การสกัดแยกโปรตีน

การสกัดแยกโปรตีนโดยการใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะทำโดยการต้มเปลือกกุ้งหรือปูในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 1-10% ที่อุณหภูมิประมาณ 65-100°C เป็นเวลา ½-6 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างน้ำจนได้ค่า pH เป็นกลาง แล้วตากแห้ง การใช้ภาวะที่รุนแรงของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในการสกัดแยกโปรตีน อาจจะทำให้เกิด ดิพอลิเมอร์ไรเซชั่น (depolymerization) และ ดิอะซิทิเลชั่น (deacetylation) ทำให้ไคตินที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยลง และไคตินที่ได้เกิดดิอะซิทิเลชั่นสูงขึ้น

การสกัดแยกโปรตีนโดยใช้เอนไซม์ โปรติเอส (protease) เช่น (pepsin) เป็ปซิน และ (trypsin) ทริพซิน การใช้เอนไซม์จะใช้ภาวะไม่รุนแรง ทำให้ไม่เกิด depolymerization แต่เวลาในการสกัดโปรตีนจะนานเกินกว่า 1 วันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเอนไซม์ วิธีการ คือ ใส่เปลือกกุ้งหรือปูที่แห้งจำนวน 8 กรัม ปรับ pH ให้เท่ากับ 7 ด้วยกรดไฮโดรคลอลิก ทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วทิ้งให้เย็น หลังจากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแบคทีเรียอยู่จะเจริญแล้วปล่อยเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนออกมาในอาหารเลี้ยงเชื้อ และในสารละลายสำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อจะประกอบไปด้วย ไดโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟส 2 กรัม และเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 1-4 วัน แล้วฆ่าเชื้อ หลังจากนั้นปล่อยสารละลายให้เย็น แล้วล้างเปลือกกุ้งด้วยน้ำ และตากแห้ง

การสกัดแยกแคลเซียมคาร์บอเนต

การสกัดแยกแคลเซียมคาร์บอเนตโดยการใช้สารละลายกรด เช่น กรดไนตริก ($HNO_3$) กรดไฮโดรคลอลิก (HCl) และ กรดอะซิตริก ($CH_3COOH$) กรดที่นิยมใช้ คือ HCl เพราะสามารถเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนต ให้อยู่ในรูปแคลเซียมคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ สามารถทำได้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหลีกเลี่ยงการสลายตัวของไคติน

การสกัดแยกแคลเซียมคาร์บอเนตโดยการใช้สารละลาย

Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) การใช้ EDTA ในการสกัดจะให้สารประกอบแคลเซียมที่ละลายน้ำ การสกัดด้วยวิธีนี้ไม่สามารถสกัดสารประกอบอนินทรีย์ออกจากเปลือกกุ้งหรือปูได้หมด ขั้นตอนการแยกโปรตีนและขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถสลับขั้นตอนกันได้ ถ้าต้องการนำเอาโปรตีนไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ควรทำขั้นตอนการแยกโปรตีนก่อนเพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนสูง ทั้งนี้เพราะ HCl ที่ใช้ในขั้นตอนการแยกแคลเซียมคาร์บอเนต สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ ทำให้สูญเสียโปรตีนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้

การแยกรงควัตถุ

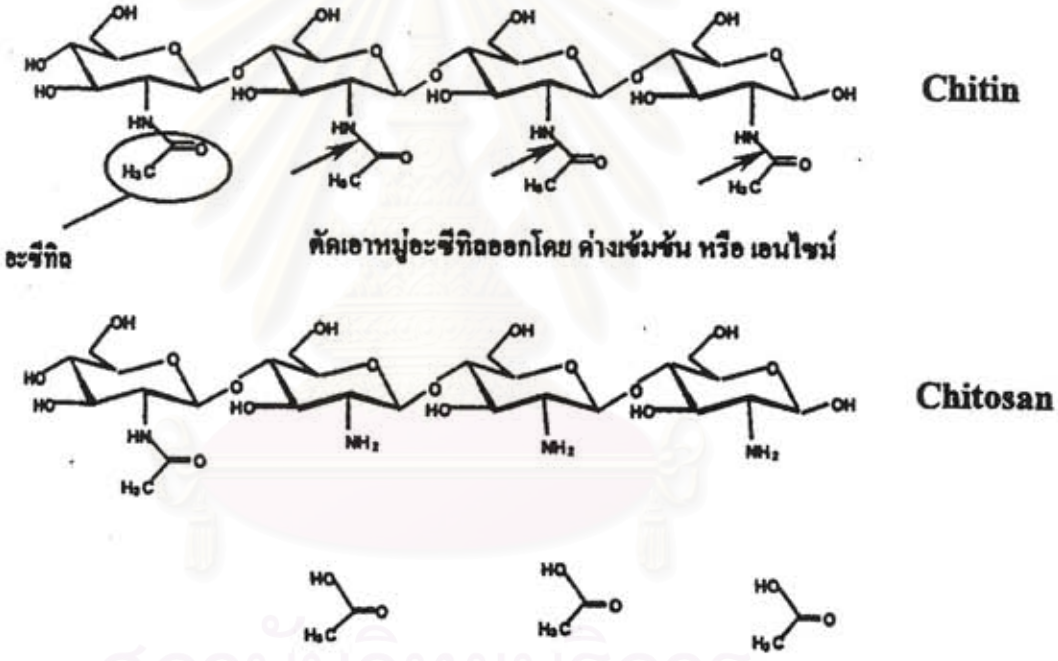
รงควัตถุส่วนใหญ่เป็นสารพวก คาโรทีนอยด์ แอสทาซีน แอสทาแซนที และเบต้าคาโรทีน สามารถสกัดแยกเอารงควัตถุออกได้โดยการล้างด้วยเอธานอล อะซิโตน โซเดียมไฮโปคลอไรท์ โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือ ตากแดดจัดๆ 1-2 วัน ส่วนไขมันที่มีจำนวนน้อยสามารถใช้อีเธอร์ในการสกัดแยกไขมันออกไปได้

ส่วนการเตรียมไคโตซานทำได้โดยการนำไคติน มาทำปฏิกิริยากับด่างเข้มข้น คือ ปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชัน (Deacetylation) ผลการเกิดปฏิกิริยาทำให้หมู่อะซิทาไมด์ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 2 ในวงแหวนไพราโนส (pyranose ring) ของไคตินถูกเปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน ทำให้ได้สารที่มีสมบัติในการละลายในกรดอินทรีย์อ่อนๆได้ เช่น กรดน้ำส้มสายชู กรดแลกติน หรือ กรดซิตริก การทำปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชันทำได้ 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. การทำปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชันของไคตินกับด่างที่หลอมละลาย (Alkali fusion) วิธีนี้เป็นการทำปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชันโดยการหลอมละลายกับด่างที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับไคติน การหลอมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 180°C โดยทำปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน ไคโตซานที่ได้โดยวิธีนี้ มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (DP=20) เพราะเกิด depolymerization
2. การทำปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชันของไคตินในสารละลายด่าง สารละลายที่ใช้มากในวิธีนี้ คือ NaOH ส่วนด่างชนิดอื่นๆที่ใช้ เช่น KOH, LiOH, $CaOH_2$ ค่าระดับของกรดดิอะซิทิเลชันของไคโตซานจะขึ้นกับ ความเข้มข้นของสารละลายด่างอุณหภูมิ และ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ตัวอย่างภาวะที่อาจเลือกใช้ในการทำปฏิกิริยา
    1. ความเข้มข้นของ NaOH 5% โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 150°C ทำปฏิกิริยานาน 24 ชั่วโมง

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

โครงสร้างของไคติน และไคโตซานที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 จะแสดงหมู่อะซีทิลซึ่งเป็นตำแหน่งที่เอนไซม์หรือด่างเข้มข้นถูกตัดออกไปจากสายโซ่ของไคตินแล้ว ณ ตำแหน่งนี้ หมู่อะซีทิลจะถูกเปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโนบนสายโซ่ไคโตซานแทน




รูปที่ 2. โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน

เนื่องด้วยไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่เกิดจากการกำจัดหมู่อะซิทิล (Acetyl group) ออกจากโครงสร้างของไคติน ด้วยวิธีทางเคมี หรือทางเอ็มไซม์ก็ได้ ทำให้ได้อนุพันธ์ที่มีประจุบวกบนหมู่อะมิโนอิสระ และสามารถละลายได้ในสารละลายกรดที่มี pH น้อยกว่า 6.5 ไคโตซานที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวกนั้นมีสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ และใช้ประโยชน์ได้มากมาย ในด้านการเกษตร อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหารเสริม อุตสาหกรรมยาและวัสดุทางการแพทย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยและสิ่งทอ เป็นต้น นอกจากนี้ ไคโตซานสามารถใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรคบนผ้าฝ้ายได้ ซึ่งไคโตซานมีสมบัติที่ดีกว่ายาฆ่าเชื้อโรคทั่วไป เพราะไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราได้หลายชนิด มีอัตราการฆ่าเชื้อที่ดีและเร็ว มีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อของมนุษย์น้อย ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุที่ต้องสัมผัสกับผิวหนังของมนุษย์ เช่น เสื้อผ้าสำหรับคนไข้ในโรงพยาบาล

ประโยชน์ของอนุพันธ์ไคติน และไคโตซานสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ด้านการเกษตร ได้แก่

1. ช่วยในการการปรับปรุงคุณภาพดิน ซึ่งไคตินและไคโตซานประกอบไปด้วย ธาตุไนโตรเจน เช่นเดียวกันกับ โปรตีน และ ยูเรีย ไนโตรเจนจากไคตินและไคโตซานสามารถสลายตัว มีผลในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่ดิน นอกจากนี้ยังสามารถตรึงไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งในดินและอากาศ ทำให้พืชได้รับไนโตรเจนได้อย่างสมบูรณ์ ไคตินและไคโตซานเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ สามารถยึดติดกับผิวดินได้ดี ทำให้ช่วยลดการชะล้างธาตุอาหารในดิน และช่วยให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพดี ไคตินและไคโตซานสามารถจับกับอิออนต่างๆได้ แล้วค่อยๆปลดปล่อยสารอาหารให้แก่พืช
2. ช่วยการกระตุ้นระบบรากของพืชให้เจริญได้ดี ซึ่งสารอนุพันธ์ของไคติและไคโตซานจะช่วยให้เชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิด ผลิตเอนไซม์ chitinase เพื่อย่อยสลายผนังเซลของเชื้อราที่เป็นโรคพืช ทำให้โอกาสที่เชื้อรามารบกวนต่อรากน้อยลง ทำให้ระบบรากแข็งแรงขึ้น
3. ช่วยในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เพื่อป้องกันโรคและแมลง เพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด ไคโตซานเป็นสารส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของพืช ซึ่งเรียกว่า Elicitor ซึ่งElicitor เป็นตัวช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์สาร Phytoalexin ซึ่งช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันโรคพืชได้ ทำให้พืชแข็งแรง และการเจริญเติบโตดีขึ้น สารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากอนุพันธุ์ไคติน สามารถยึดติดกับผิวของเมล็ดได้ดี และทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งแบคทีเรีย ทำให้อัตราการงอกสูงขึ้น 6-20% ทั้งนี้เพราะไคตินและไคโตซานมีสมบัติที่สามารถออกฤทธิ์เป็นตัวกระตุ้นระบบป้องกันตนเองของพืช ทำให้พืชออกฤทธิ์กระตุ้นการสังเคราะห์ DNA ซึ่งทำหน้าที่การเจริญเติบโตและภูมิต้านทานโรค เช่น มีการผลิตสารลิกนิน และสารแทนนิก ทำให้พืชป้องกันตนเองจากการกัดทำลายของแมลงและศัตรูพืช ต้นไม้ที่ได้รับสารอนุพันธ์ไคตินประมาณ 2-4 อาทิตย์ จะมีความแข็งแรงของลำต้น กิ่ง และใบ ซึ่งจะพบขี้ผึ้งเคลือบที่ผิวใบ

4. ช่วยในการเคลือบผลิตผลทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บ หรือควบคุมการสุกของผลไม้ อนุพันธ์ไคตินและไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และกระตุ้นกระบวนการต่างๆในเนื้อเยื่อพืชให้เกิดภูมิต้านทานเชื้อรา ทำให้มีการนำสารดังกล่าวมาเคลือบผลผลิตทางการเกษตร การเก็บรักษามะม่วงที่เคลือบด้วยอนุพันธ์ไคตินและไคโตซาน ที่อุณหภูมิ 35°C สามารถเก็บได้เกินกว่า 15 วันสำหรับมะม่วง ส่วนมังคุดเก็บรักษาได้ 25 วัน ทั้งนี้เพราะอนุพันธ์ไคตินและไคโตซานเป็นสารป้องกันการเกิดเชื้อราที่ผิว เมื่อทำการเคลือบแล้วจะได้แผ่นฟิล์มบางๆ ใส ปราศจากสีและกลิ่น ทำให้ช่วยลดการหายใจและลดการผลิตกาซเอธิลีน ทำให้ผลไม้ไม่สุกเร็ว และฟิล์มเป็นตัวกันการไหลออกของแกซ $CO_2$ ทำให้ผลไม้คงความกรอบ ผิวไม่เหี่ยวย่น และสีผิวไม่เปลี่ยนแปลงเพราะลดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ
5. ใช้เป็นอาหารเสริมผสมลงในอาหารสัตว์ ไคโตซานเป็นสารที่ไม่สามารถดูดซึม และไม่สามารถย่อยสลายในทางเดินอาหาร แต่มีสมบัติที่จะดูดซับไขมันได้ถึง 6-8 เท่า ของน้ำหนักตัว สามารถจับกับโลหะหนักรวมทั้งสารสารพิษที่ปนเปื้อนมากับอาหาร ไคโตซานมีผลต่อไขมันในกระเพาะอาหารก่อนที่จะมีการย่อยและดูดซึม ไคโตซานจะแปรรูปเป็นเจลห่อหุ้มไขมัน จึงป้องกันการดูดซึมและการสะสมไขมันในร่างกาย จากนั้นไคโตซานและไขมันจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกาย มีนักวิจัยนำเอาไคติน-ไคโตซานมาเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในสุกร ผลการทดลองพบว่า สุกรมีสุขภาพดีขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และ อัตราการมีเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ไคโตซานเป็น dietary dye carrier และ food fiber ในอาหารพวกสัตว์ปีก เช่น ไก่ ทำให้ไข่แดงมีสีเข้มขึ้น ไคโตซานยังใช้ในการเคลือบบนผิวไข่ เพื่อเก็บรักษาไข่ให้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ทำให้เปลือกไข่แข็งแรงขึ้น ป้องกันการแตก และสะดวกในการขนส่ง

ด้านอุตสาหกรรม ได้แก่

1. อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เช่น

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลเส้นผม เช่น แชมพู ครีมนวดผม ยาย้อมผม อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลผิว เช่น ครีมอาบน้ำ เจลล้างหน้า ครีมบำรุงผิว และอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก และเนื้อเยื่อในสิ่งมีชีวิตเป็นสารพอลิเมอร์ที่เป็นประจุลบ เช่น โปรตีน นิวคลีอิกเอซิด ทำให้เกิดการสร้างพันธะอิออนิกและก่อตัวเป็นชั้นบางๆของไคโตซานได้ดีบนผิวของเซลต่างๆ

2. อาหารเสริมไคติน/ไคโตซาน

lucosamine เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ สำหรับกลไกการขจัดสารพิษในตับและไต (detoxification function) และยังมีบทบาทในการจับกรดไขมัน ทำให้ไม่เกิดการดูดซับไขมันได้ด้วย กลไกของน้ำดี ส่งผลให้ระดับปริมาณ คอลเรสเตอรอลลดลง ข้อควรระวังการใช้อาหารเสริมไคติน/ไคโตซาน คือ เกลือแร่และวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามิน A D E K จะถูกดูดซับไปด้วย ทำให้ร่างกายได้รับเกลือแร่และวิตามินดังกล่าวลดลง อาจมีผลทำให้ร่างกายเติบโตช้าลง เพราะฉะนั้น การใช้อาหารเสริมควรปรึกษาแพทย์

3. อุตสาหกรรมยาและวัสดุทางด้านการแพทย์ เช่น

ใช้ในการผลิตผิวหนังเทียม การผลิตไหมเย็บแผลที่ละลายได้เอง การผลิตสายนำยาเข้าสู่ร่างกาย การผลิตยาลดไขมันในเลือด

4. อุตสาหกรรมผลิตเส้นใยและสิ่งทอ เช่น

ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ไคโตซานมีหมู่อะมิโน ซึ่งไนโตรเจนในหมู่อะมิโนมีคู่ของอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ ทำให้สามารถสร้างพันธะไอออนกับโลหะได้ ไคโตซานที่มีปริมาณหมู่อะมิโนมาก ก็มีโอกาสดูดซับอิออนของโลหะได้มาก เพราะฉะนั้นสามารถใช้ไคโตซานมาจับคราบไขมัน สี โลหะหนัก จากอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อเร่งการตกตะกอนของโลหะในบ่อน้ำเสีย และใช้เป็นสารเร่งการตกตะกอนของสารอนินทรีย์ ดิน โคลน

ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยและสิ่งทอ การผลิตผ้าที่ทำจากไคโตซานสามารถต้านทานแบคทีเรียและราได้ดี เช่นเสื้อผ้าสำหรับคนไข้ในโรงพยาบาล ไคโตซานสามารถละลายในกรดอินทรีย์ได้ดีกว่าทำให้มีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ได้ดีกว่าไคติน และยิ่งดีมากขึ้นเมื่อค่า degree of deacetylation เพิ่มขึ้น งานวิจัยเกี่ยวกับไคโตซานในด้านการต้านทานแบคทีเรียและรา คือการใช้ไคโตซานมาตกแต่งลงบนผ้าทั้งที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ เพื่อเพิ่มสมบัติต้านทานแบคทีเรียและราบนผ้า การที่ไคโตซานมีสมบัติพิเศษนี้ เพราะ กลุ่มอะมิโนของไคโตซานจะเข้าไปแทรกแซงขบวนการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยการสุ่มอยู่ที่พื้นผิวของเซลล์ที่เชื่อมต่อกับ DNA ทำให้การสังเคราะห์ของ mRNA ถูกยับยั้ง ทำให้เซลล์แบคทีเรียไม่สามารถสร้างโปรตีนได้ ทำให้เซลล์ตายได้ในที่สุด ผลงานวิจัยของนักวิจัยชาวเกาหลีใต้[14,15] สรุปได้ว่า ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 210,000 ที่ความเข้มข้น 0.3% สามารถฆ่าแบคทีเรียชนิด Escherichia Coli ได้ แต่ถ้าขนาดโมเลกุลของไคโตซานลดลงเหลือที่ 100,000 หรือ 1,800 จะต้องใช้ความเข้มข้นของไคโตซานเพิ่มขึ้นเป็น 1% เพื่อให้มีประสิทธิภาพเท่าเทียบกันในการฆ่าแบคทีเรียชนิดเดียวกัน สำหรับการฆ่า Proteus Vulgaris ต้องใช้ขนาดโมเลกุลของไคโตซานที่ 210,000 หรือ 100,000 ที่ความเข้มข้น 0.3% แต่ถ้าขนาดโมเลกุลของไคโตซานลดลงเหลือที่ 1,800 จะต้องใช้ความเข้มข้นเพิ่มเป็น 0.5% เพื่อให้

มีประสิทธิภาพเท่าเทียบกันในการฆ่าเชื้อชนิดเดียวกัน ประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียและรา ยังขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยด้วย ตัวอย่างเช่น การใช้ขนาดโมเลกุล และความเข้มข้นของไคโตซานที่เท่ากัน ตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย และผ้าโพลีโพรพิลีน จะพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและรา บนผ้าโพลีโพรพิลีนจะดีกว่าเป็น 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพดังกล่าวบนผ้าฝ้าย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผ้าโพลีโพรพิลีน มีสมบัติในการดูดซับน้ำได้น้อย ทำให้ไคโตซาน กระจายตัวอยู่บนพื้นผิวของผ้าเป็นจำนวนมาก มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและรา ดีกว่าผ้าฝ้ายที่เป็นเส้นใยที่ดูดซับน้ำ โดยสรุปประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียและราบนผ้าขึ้นอยู่กับ ชนิดของราและแบคทีเรียที่ต้องการยับยั้ง ขนาดโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตซาน และชนิดของเส้นใยที่นำมาทอเป็นผ้า ถึงแม้การใช้ไคโตซานในการต้านทานแบคทีเรียบนผ้าฝ้ายเป็นจุดเด่น แต่ก็มีข้อจำกัดทำให้ผ้าฝ้ายมีความกระด้างมากขึ้น และความแข็งแรงของผ้าลดลงทำให้ต้องมีการศึกษาหาจุดสมดุลย์ระหว่างความแข็งแรงและความนุ่มของผ้ากับสมบัติความต้านทานต่อแบคทีเรียและราในงานที่ใช้ เพื่อเลือกใช้ขนาดโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตซานอย่างเหมาะสม

นอกจากไคโตซานมีสมบัติที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราได้แล้ว ยังมีนักวิจัยท่านอื่นที่ได้ทดลองใช้ไคโตซานมาเป็นสารป้องกันไฟฟ้าสถิตย์สำหรับผ้าโพลีเอสเตอร์[5] เส้นใยสังเคราะห์ส่วนใหญ่สามารถสะสมประจุไฟฟ้าไว้กับตัวมันเองมากกว่าที่จะถ่ายเทประจุไฟฟ้าออกไป ทั้งนี้เพราะเส้นใยสังเคราะห์เป็นเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำทำให้ไม่สามรถดูดซับน้ำเข้าไปช่วยในการถ่ายเทประจุไฟฟ้าได้เหมือนกับเส้นใยธรรมชาติ หลักการที่จะทำให้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ มีสมบัติในการป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ได้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของเส้นใยสังเคราะห์ให้มีช่องกลวงมากๆ (multi-pored hollow) ในโครงสร้างของเส้นใยเพื่อทำให้การถ่ายเทประจุดีขึ้น หรือด้วยการเคลือบหรือตกแต่งด้วยสารเคมีที่มีสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic property) ด้วยวิธีการอบแห้งอบผนึก (Pad-dry cure method) ลงบนผ้าโพลีเอสเตอร์ แต่วิธีการเคลือบหรือตกแต่งสารลงบนผ้าจะมีผลทำให้ผ้ามีสมบัติป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ได้ไม่คงทนถาวร ทั้งนี้ขึ้นอยู่ว่าสารที่ตกแต่งนั้นจะทนต่อการซักล้างมากน้อยเพียงใด ไคโตซานสามารถใช้ตกแต่งลงบนผ้าโพลีเอสเตอร์ได้ และจะเกิดปฏิกิริยาการสร้างร่างแหจากการทำปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอซิลิกที่เหลือของเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และหมู่อะมีนของไคโตซานในภาวะที่มีตัวเร่งโซเดียมอะซิเตท (sodium acetate) มีผลทำให้เกิดเป็นฟิลม์ขึ้นบนพื้นผิวของผ้าโพลีเอสเตอร์ ซึ่งเมื่อทำการวัดไฟฟ้าสถิตย์ที่เกิดขึ้นบนผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ตกแต่งด้วยไคโตซานลดลงจาก 5812 โวลต์ (voltage) ของผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ไม่ได้ตกแต่งไคโตซาน เป็น 273 โวลต์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จากงานวิจัยที่ยกมาเป็นการใช้ไคโตซานช่วยในด้านการตกแต่งสำเร็จสิ่งทอ ส่วนการใช้ไคโตซานช่วยในด้านการย้อมก็มีงานวิจัยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การใช้ไคโตซานตกแต่งลงบนผ้าขนสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมสีแอซิดและสีรีแอคทีฟซึ่งเป็นสีสังเคราะห์ได้ดีขึ้น[2,7] การตกแต่งไคโตซานลงบนผ้าขนสัตว์ สามารถช่วยลดจุดบกพร่องของเส้นใยขนสัตว์ที่ไม่สามารถดูดซับสีย้อมได้ให้สามารถดูดซับสีย้อมได้ดีขึ้น เพราะไคโตซานที่ใช้ตกแต่งบนผ้าขนสัตว์ จะมีหมู่จับสี ที่สามารถจับยึดสีได้ ทำให้การย้อมสีบนผ้าขนสัตว์ที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน มีความสม่ำเสมอของสีมากขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมของสีดังกล่าวให้ดีขึ้นอีกด้วย ผ้าขนสัตว์ที่ตกแต่งด้วยไคโตซานจะดูดซับสีย้อมได้มากกว่าผ้าขนสัตว์ที่ไม่ได้ตกแต่ง เมื่ออุณหภูมิในการย้อมเพิ่มขึ้น ทำให้โครงสร้างของผ้าขนสัตว์เปิดมากขึ้น สีย้อมที่ดูดซับจากเส้นใยขนสัตว์ด้านนอกที่มีความเข้มข้นของสีสูง จะแพร่สู่เส้นใยขนสัตว์ด้านในที่มีความเข้มข้นของสีต่ำ ทำให้ความเข้มข้นของสีบนเส้นใยขนสัตว์ด้านนอกลดลง ก็จะเกิดการดูดซับของสีย้อมเข้ามาใหม่ แล้วกระจายไปสู่เส้นใยขนสัตว์ด้านในต่อไป เป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนเส้นใยขนสัตว์รับสีย้อมเพิ่มขึ้นจนอิ่มตัว ไคโตซานที่ตกแต่งบนผ้าขนสัตว์จะช่วยเพิ่มหมู่จับสี ทำให้การดูดซับสีย้อมได้เร็วขึ้นและการติดสีย้อมดีขึ้น มีผลทำให้เวลาในการย้อมสั้นลง ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการย้อม นอกจากนี้ ไคโตซาน และเส้นใยขนสัตว์สามารถเกิดพันธะไอออนนิก (ionic interaction) ได้ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl groups) ของขนสัตว์ กับหมู่อะมิโน (amino groups) ของไคโตซาน และพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding interaction) ระหว่าง หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl groups) และ หมู่อะไมด์ (amide groups) ของเส้นใยขนสัตว์ กับหมู่ไฮดรอกซิลของไคโตซาน นอกจากนี้ไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้าขนสัตว์ ยังช่วยให้ผ้าขนสัตว์มีความต้านทานในการหดตัว (shrink resistance) ดีกว่าผ้าขนสัตว์ที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน จากการศึกษาพบว่า ถ้าใช้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นในการตกแต่งลงบนผ้าขนสัตว์ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพความต้านทานในการหดตัวของผ้าขนสัตว์ดีขึ้น เพราะเกล็ดของขนสัตว์ถูกเคลือบด้วยไคโตซาน ทำให้เกิดการหดตัวแบบถาวร (felting or permanent shrinkage) ของผ้าขนสัตว์น้อยลง

จากผลงานวิจัยที่สรุปไว้ข้างบน เป็นการใช้ไคโตซานตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย เพื่อให้ผ้าฝ้ายมีสมบัติในการต้านทานแบคทีเรียและราดีขึ้น และเป็นการใช้ไคโตซานตกแต่งลงบนผ้าขนสัตว์ แล้วจึงย้อมด้วยสีสังเคราะห์ ซึ่งผลการทดลองพบว่าไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้าขนสัตว์ ช่วยการดูดซับสีย้อมดีขึ้นและการติดสีย้อมดีขึ้นเช่นกัน เพราะมีหมู่จับสี มากขึ้นนั้นเอง การตกแต่งไคโตซานลงบนผ้าฝ้ายแล้วนำมาย้อมด้วยสีธรรมชาติ ยังไม่ปรากฏว่ามีผลงานวิจัยแบบนี้เผยแพร่ออกมา นักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่ง ศึกษาการย้อมสีธรรมชาติลงบนแผ่นฟิลม์ที่ทำจากไคโตซาน[12] สีย้อมธรรมชาติที่ใช้

ย้อมลงบนแผ่นฟิลม์ไคโตซานมี 2 ชนิด คือ ชาเขียว (Green tea) และกาดีเนียะ (Gardenia) ซึ่งเป็นต้นไม้ชนิดหนึ่งจำพวกพุดจีนและพุทธชาด และใช้ตัวติดสี (mordant) เช่น alum และ chromic sulphate จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบเฉดสีที่ได้บนแผ่นฟิลม์ไคโตซานกับเฉดสีที่ได้บนผ้าไหม จากผลการทดลองพบว่า แผ่นฟิลม์ไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากกาดีเนียะมีเฉดสีที่เข้มอยู่ในระดับเดียวกับเฉดสีบนผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากกาดีเนียะเหมือนกัน แต่แผ่นฟิลม์ไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากชาเขียวมีเฉดสีที่เข้มกว่าเฉดสีบนผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีชนิดเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแผ่นฟิลม์ไคโตซานมีหมู่จับสีมากกว่าไหม การใช้ตัวติดสีจะทำให้เฉดสีที่ได้เปลี่ยนแปลงไปและการใช้ตัวติดสีที่ต่างชนิดกันก็จะได้เฉดสีที่ไม่เหมือนกันทำให้การย้อมด้วยสีธรรมชาติสามารถทำให้มีเฉดสีที่หลากหลายได้โดยการใช้ตัวติดสีที่ต่างกัน แผ่นฟิลม์ไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากกาดีเนียะและมีการใช้ตัวติดสี จะได้เฉดสีอยู่ในช่วงเหลืองถึงน้ำตาลเหลือง เหลืองเขียวและเขียว ส่วนแผ่นฟิลม์ไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดจากชาเขียวและมีการใช้ตัวติดสีจะได้เฉดสีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลอมเขียว และสีน้ำตาลอมแดง จากผลการทดลองที่ได้นี้สามารถสรุปได้ว่า ไคโตซานสามารถย้อมติดสีธรรมชาติได้ และการใช้ตัวติดสีกับสีธรรมชาติ ทำให้เกิดเฉดสีที่หลากหลาย

งานวิจัยเกี่ยวกับสีย้อมในธรรมชาติบนสิ่งทอ มีเอกสารตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศบ้างเหมือนกัน แต่วัตถุดิบที่ใช้ไม่ใช่เปลือกมังคุด จะเป็นวัตถุดิบที่หาได้ในประเทศของผู้วิจัยนั้นๆเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น การย้อมสีธรรมชาติที่สกัดได้จากชาบนผ้าฝ้ายและผ้าปอกระเจา[3] ผลงานวิจัยนี้พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากชาจะให้ความเข้มของเฉดสี (K/S) เท่ากับ 2.0 ส่วนผ้าปอกระเจาที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากชาจะให้ความเข้มของเฉดสี (K/S) เท่ากับ 3.9 ผ้าปอกระเจาจะให้เฉดสีที่เข้มกว่าผ้าฝ้าย ซึ่งสรุปได้ว่าผ้าที่ทอจากเส้นใยต่างชนิดกันมีความสามารถในการดูดซับสีและการติดสีไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของผ้าแต่ละชนิด และหมู่จับสีที่มีอยู่ในโครงสร้างของผ้านั้นๆ นอกจากนี้การใช้ตัวติดสี เช่น alum, copper sulphate และ ferrous sulphate ช่วยให้สีที่ย้อมบนผ้าฝ้ายและผ้าปอกระเจา มีความคงทนของสีต่อการซัก (wash fastness) และความคงทนต่อแสงแดด (light fastness) ดีกว่าสีย้อมของผ้าที่ไม่ได้ใช้ตัวติดสี อีกตัวอย่างของการใช้สีย้อมธรรมชาติ คือ การใช้สีย้อมที่สกัดได้จาก Mangifera Indica Bark ย้อมลงบนผ้าฝ้าย[8] งานวิจัยนี้เป็นงานของนักวิจัยชาวอินเดีย ซึ่งมีการศึกษาการใช้ตัวติดสีเช่นกัน จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติประเภทนี้จะมีสีน้ำตาลสด และมีสมบัติความคงทนต่อการซักและทนต่อแสงแดดค่อนข้างดี จากงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวกับสีย้อมธรรมชาติสามารถสรุปได้ว่า การนำตัวติดสีซึ่งมีด้วยกันหลายชนิดมาใช้กับสีธรรมชาติ จะช่วยให้เกิดเฉดสีหลากหลาย และยังช่วยให้สีธรรมชาติที่

ย้อมลงบนวัสดุต่างๆมีสมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงแดดดีขึ้น ทั้งนี้เพราะ สีย้อมที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่จะเป็นสีประเภทมอแด้นท์ (mordant dyes) ซึ่งสีประเภทนี้ต้องใช้ตัวติดสี ซึ่งประกอบด้วยอิออนของโลหะเพื่อช่วยในการติดสีบนเส้นใยและช่วยทำให้เกิดเฉดสีที่หลากหลาย

ประเทศไทยมีการใช้สีธรรมชาติจากแหล่งวัตถุดิบที่หาได้จากธรรมชาติอย่างมากมาย นาง Marjo Moeyes ซึ่งเป็นอาสาสมัครมาช่วยแนะนำการใช้สีย้อมธรรมชาติในเมืองไทย ได้รวบรวมเขียนเรื่องราวสีย้อมธรรมชาติที่ใช้ในประเทศในหนังสือ "Natural Dyeing in Thailand" [10] ไว้ว่า วิธีการย้อมสีธรรมชาติแบบชาวบ้านโดยการใช้แหล่งวัตถุดิบหลายๆอย่าง เช่น ครั่ง คราม เปลือกไม้ต่างๆ และรวมทั้งเปลือกมังคุด มาย้อมลงบนผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ และผ้าฝ้าย และความเชื่อเกี่ยวกับการย้อมสีครามของชาวบ้านในจังหวัดต่างๆในภาคอีสาน และวิธีการสกัดสีย้อมจากธรรมชาติ ซึ่งจะพูดถึงการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายเป็นหลัก อาจเป็นเพราะน้ำเป็นสิ่งที่หาง่ายสำหรับชาวบ้าน ทำให้ไม่มีการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ มาทดลองใช้ในการสกัดสีย้อมจากธรรมชาติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย (Procedure)

## 3.1 วิธีการวิจัย

1. เก็บเปลือกมังคุดแล้วนำมาตากแห้ง หลังจากนั้นทำการบดเปลือกมังคุดด้วยเครื่องบดหยาบแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 (Mesh No.16) และนำมาบดอีกครั้งด้วยเครื่องบดละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 35 (Mesh No.35) เพื่อจะได้เปลือกมังคุดที่มีขนาดเล็กพอสมควร ก่อนนำเปลือกมังคุดมาสกัดสีย้อม
2. ศึกษาผลกระทบของตัวทำละลาย ระหว่าง น้ำ และ เอธานอล ที่ใช้ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด เพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัด ซึ่งการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิลที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงดีที่สุด สามารถบอกได้ว่าตัวทำละลายใดดีกว่ากัน จากผลการทดลองในขั้นนี้ สามารถสรุปได้ว่าตัวทำละลายใดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไปของโครงการ การวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ได้
3. ศึกษาผลกระทบของไคโตซานต่อสมบัติของสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด ตัดผ้าฝ้ายให้มีขนาด 12x12" นำมาตกแต่งด้วยไคโตซานด้วยความเข้มข้นหนึ่ง โดยใช้วิธีจุ่มอัดด้วยลูกกลิ้ง โดยใช้เครื่องที่เรียกว่า เครื่อง padder หลังจากนั้นนำผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วนำมาย้อมสีธรรมชาติที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธีการย้อมแบบดูดซึม (Exhaust dyeing) โดยอาศัยเครื่องย้อม Nuance การย้อมจะย้อมที่ 100°C เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำผ้าที่ย้อมเสร็จแล้วล้างน้ำให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปวัดค่าความเข้มของสีบนผ้าโดยใช้เครื่อง Color Matching หรือ เครื่อง Reflectance Spectrophotometer ก็ได้ เครื่องจะทำการวัดค่าสะท้อนแสง (relfectance) แล้วคำนวณเป็นความเข้มของเฉดสี คือค่า K/S ซึ่งถ้าค่าของ K/S มีค่าสูงแสดงว่าความเข้มของเฉดสีบนผ้าจะมีความเข้มมาก มีการเปรียบเทียบค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งไคโตซานก่อนแล้วย้อม กับค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมโดยไม่ได้ตกแต่งไคโตซาน ซึ่งผลการเปรียบเทียบค่า K/S ที่ได้ สามารถตอบประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ว่า ไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้าฝ้าย อาจเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยฝ้ายกับหมู่ไฮดรอกซิลของไคโตซาน และพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ $-CH_2OH-$ ของผ้าฝ้ายกับหมู่ไฮดรอกซิล ของไคโตซาน ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานมีหมู่ของ

ไฮดรอกซิล และหมู่อะมิโนที่เป็น dye sites มากขึ้น ซึ่งอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดได้ดีขึ้นทำให้ผ้าฝ้ายที่ย้อมมีเฉดสีที่เข้มขึ้น ถ้าสมมติฐานที่ตั้งไว้จริง แสดงว่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไคโตซานก่อนแล้วย้อม จะมีค่าสูงกว่า ค่า K/S ของผ้าฝ้ายที่ย้อมโดยไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ในโครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาความเข้มข้นที่แตกต่างกันของไคโตซานต่อเฉดสีบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด

4. ศึกษาผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสี โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นบนผ้าที่ใช้ตัวติดสีและไม่ใช้ตัวติดสี รวมทั้งผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานและไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ตัวติดสีที่ใช้ศึกษา ได้แก่ อลูมิเนียมจากสารส้ม (Potassium Aluminium Sulfate 12-Hydrate; $KAl(SO_4)_2.12H_2O$) เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต (Iron (II) Sulfate-7-Hydrate; $FeSO_4.7H_2O$) ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ (Tin (II) Chloride; $SnCl_2.2H_2O$) และ ทองแดงจากจุนสี (copper sulphate) การวัดการเปลี่ยนแปลงของสีสามารถใช้เครื่อง Color Matching วัดและคำนวณค่าออกมาเป็น CIE L*a*b*ได้ โดยทำตามมาตรฐานของ AATCC Test Method 153-1985 Color Measurement of Textiles : Instrumental ตัวแปรสำคัญต่อเฉดสีที่เปลี่ยนแปลง คือ การใช้ตัวติดสีต่างชนิดกัน

การใช้ตัวติดสีหรือมอแด้นท์สำหรับสีย้อมธรรมชาติสามารถใช้ได้ 3 วิธี คือ

1. Premordant คือ การทำมอแด้นท์ก่อนการย้อมผ้า ทำได้โดยนำผ้าที่จะย้อมมาจุ่มในสารละลายมอแด้นท์ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นเทสารละลายมอแด้นท์ทิ้งไป แล้วเติมสีย้อมลงไปแทน ทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างผ้าที่ย้อมแล้วให้สะอาดและตากให้แห้ง
2. Metamordant คือ การทำมอแด้นท์พร้อมกับการย้อมผ้า ทำได้โดยใส่ตัวติดสีหรือมอแด้นท์ลงไปพร้อมกับสีย้อมในขั้นตอนการย้อมผ้าเลย แล้วย้อมผ้าที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างผ้าที่ย้อมแล้วให้สะอาดและตากให้แห้ง
3. Postmordant คือ การทำมอแด้นท์หลังการย้อมผ้า ทำได้โดยนำผ้ามาย้อมที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นล้างผ้าที่ย้อมแล้วให้สะอาดแล้วตากให้แห้ง แล้วจึงนำมาผ้าที่ย้อมแล้วมาทำมอแด้นท์ โดยนำผ้าที่ย้อมแล้ว

มาจุ่มในสารละลายมอแด้นท์ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างผ้าที่ทำมอแด้นท์ให้สะอาดและตากให้แห้ง

5. ศึกษาสมบัติของสีย้อมบนผ้าฝ้าย โดยทำการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงแดด มาตรฐานที่ใช้ทดสอบความคงทนของสีต่อการซักใช้ ISO 105 C02 : 1998 Colorfastness to Washing ส่วนการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดใช้มาตรฐานของ ISO 105 B02 : 1994 Color fastness to artificial light: Xenon arc fading lamp test ตัวแปรที่สำคัญต่อความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงแดด ขึ้นอยู่กับตัวสีย้อมเองเป็นหลักว่าจะมีสมบัติของสีที่ทนต่อการซักและทนต่อแสงแดดมากน้อยขนาดไหน การใช้ตัวติดสีอาจช่วยให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงของสีดีขึ้นได้บ้าง
6. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง ใช้มาตรฐานในระบบของเกรย์สเกล ซึ่งการให้เกณฑ์การตัดสินความคงทนของสีต่อการซัก จะแบ่งเป็นเกรด 1 ถึง เกรด 5 ซึ่ง เกรด 1 หมายถึง ค่าความคงทนของสีต่อการซักมีค่าความคงทนน้อยหรือแย่ที่สุด คือสังเกตเห็นการเปื้อนติดสีมาก บนชิ้นผ้าอื่นที่เย็บติดกับผ้าทดสอบ หรือมีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีมากที่สุด ส่วน เกรด 5 หมายถึง ค่าความคงทนของสีต่อการซักมีค่าความคงทนดีที่สุด คือสังเกตเห็นการเปื้อนติดสีน้อยมาก บนชิ้นผ้าอื่นที่เย็บติดกับผ้าทดสอบ หรือ มีการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีน้อยที่สุด ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงนั้นจะทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีที่เกิดขึ้นหลังจากการทดสอบ โดยทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีที่เกิดขึ้นบนผ้าทดสอบ เทียบกับการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีที่เกิดขึ้นบนผ้าทดสอบอ้างอิง ที่เรียกว่า Blue Wool References การเปลี่ยนแปลงของเฉดสีบนผ้าทดสอบที่เกิดขึ้นจากแสงโดยเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีบนผ้าทดสอบอ้างอิง สามารถแบ่งระดับการเปลี่ยนแปลงได้ 8 ระดับ ระดับ 1 หมายถึง สมบัติความคงทนของสีต่อแสงน้อย แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีมากที่สุด ส่วนระดับ 8 หมายถึง สมบัติความคงทนของสีต่อแสงดีมาก แสดงว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลง การวัดการเปลี่ยนแปลงของสี เป็นการคำนวณหาค่า CIE L*a*b* ซึ่งค่าตัวเลขของ L*a*b* สามารถบอกแนวเฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปได้ ค่าเหล่านี้สามารถคำนวณโดยใช้ค่าการสะท้อนแสง ซึ่งจะวัดค่านี้บนชิ้นผ้าตัวอย่างแต่ละชิ้น 3 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยแทนลงในสูตรการคำนวณหา CIE L*a*b* ต่อไป ซึ่งค่าความ

แปรปรวนของข้อมูลนี้น่าจะน้อย ยกเว้นผ้าที่ย้อมมีสีที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้การวัดค่าการสะท้อนแสงมีความคาดเคลื่อน

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องบดหยาบและเครื่องบดละเอียด สำหรับบดเปลือกมังคุด
2. เครื่องจุ่มอัดแบบลูกกลิ้ง (Padder; Rapid) ใช้ในการตกแต่งไคโตซานลงบนผ้า
3. เครื่องย้อม (Nuance) ใช้ย้อมผ้าและใช้สำหรับทดสอบสมบัติความคงทนต่อการซักของสีย้อมบนผ้าฝ้าย (washfastness property)
4. เตาอบ ใช้อบผ้า
5. เครื่อง Heraeus เป็นเครื่อง Xenon Test สำหรับทดสอบสมบัติความคงทนสีต่อแสงของสีย้อมบนผ้าฝ้าย (lightfastness property)
6. เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Speccord S 100) ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงของสี
7. เครื่อง Color Matching (MacBeth Color-eye 7000) ใช้วัดค่าความเข้มของสี และ CIE L*a*b* จากการวัดค่าการสะท้อนแสงของสี

### 3.3 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. อลูมิเนียมจากสารส้ม (Potassium Aluminium Sulfate 12-Hydrate; $KAl(SO_4)_2.12H_2O$) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อจาก ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ. ซี.เอส จำกัด
2. เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต (Iron (II) Sulfate-7-Hydrate; $FeSO_4.7H_2O$) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อจาก บริษัท แล็บซีสเต็มส์ จำกัด
3. ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ (Tin (II) Chloride; $SnCl_2.2H_2O$) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อจาก บริษัท แล็บซีสเต็มส์ จำกัด
4. ทองแดงจากจุนสี (Copper (II) Sulfate; $CuSO_4.5H_2O$) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อจาก บริษัท แล็บซีสเต็มส์ จำกัด
5. กรดอะซิติก (Acetic acid) เกรดที่ใช้เป็นเกรดสำหรับห้องทดลอง ซื้อจาก บริษัท เมอร์ จำกัด
6. เอธานอล (Ethanol) ) เกรดที่ใช้เป็นเกรดการค้า ซื้อจาก บริษัท แล็บสเกนจำกัด
7. ไคโตซาน (Chitosan) ซื้อจากบริษัท ซีเฟรชไคโตซาน (แล็บ) จำกัด ไคโตซานที่ซื้อมีน้ำหนักโมเลกุล 111,000 และมี % Deacetylation degree อยู่ที่ 95%

8. ผ้าฝ้ายทอลายขัด (Plain Weave Cotton Fabric) เป็นผ้าที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดไขมันและสิ่งสกปรก และขั้นตอนการฟอกขาวแล้ว น้ำหนักของผ้า เท่ากับ 137 กรัม/เมตร และมีเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งต่อตารางนิ้วเท่ากับ 65x60



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย (Results)

## 4.1 ประสิทธิภาพในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลายระหว่างน้ำและเอธานอล

ในขั้นแรกได้ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ โดยใช้เปลือกมังคุดที่บดละเอียด 2 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร มาสกัดที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นกรองเอาสีที่สกัดได้ออกมา หลังจากนั้นทำการเจือจางสีที่สกัดได้ในอัตราส่วน 1:20 นำสารละลายสีที่เจือจางแล้ว มาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorption) ของสี ณ ความยาวคลื่นแสงที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่มากที่สุด ด้วยเครื่อง UV/Visible Spectrophotometer ผลการทดลองของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยน้ำได้สรุปเอาไว้ในตารางที่ 2 จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 2 พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงในการสกัด สีที่สกัดได้ให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ข้อดีของการสกัดสีโดยใช้อุณหภูมิสูงที่ 100°C คือ สีที่สกัดได้สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่าสีที่สกัดได้จากอุณหภูมิอื่นๆ ซึ่งสีที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 100°C สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานประมาณ 1 อาทิตย์ โดยปราศจากเมือกขาวๆที่ดูเหมือนเชื้อราเกิดขึ้น ซึ่งสีย้อมที่สกัดด้วยอุณหภูมิอื่นๆที่ไม่ใช่ 100 °C จะเกิดเมือกขาวๆขึ้นภายในไม่กี่วัน จึงเลือกเอาอุณหภูมิที่ 100°C เป็นอุณหภูมิสำหรับใช้ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยน้ำในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2. ผลกระทบของอุณหภูมิต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด | ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 238 นาโนเมตร |
|---|---|
| อุณหภูมิห้อง | 2.7810 |
| 60°C | 2.8646 |
| 80°C | 2.8889 |
| 100°C | 2.8987 |

เปลือกมังคุด 2 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร มาสกัดสีที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลานาน 30 นาที

ในขั้นตอนที่สองได้ศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด ผลกระทบของเวลาต่อสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ศึกษาในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดอยู่ในช่วง 30 นาที 60 นาที 90 นาที และ 2 ชั่วโมง จากผลการทดลองที่ได้พบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัด

สีย้อมเพิ่มขึ้น ผลของค่าการดูดกลืนแสงของสีที่วัดได้ไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะฉะนั้นเวลาที่เหมาะสมที่เลือกใช้ในการสกัดสี คือ 30 นาที จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 2 และ 3 สามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ คือ การใช้อุณหภูมิในการสกัดที่ 100 °C เป็นเวลานาน 30 นาที

ตารางที่ 3. ผลกระทบของเวลาต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| เวลาที่ใช้ในการสกัด | ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 238 นาโนเมตร |
|---|---|
| 30 นาที | 2.8987 |
| 60 นาที | 2.8379 |
| 90 นาที | 2.8506 |
| 120 นาที | 2.8372 |

เปลือกมังคุด 2 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร มาสกัดสีที่อุณหภูมิ 100°C ในช่วงเวลาต่างๆกัน

ส่วนผลการทดลองในตารางที่ 4 เป็นผลของค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากการใช้ปริมาณเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันในการสกัด เมื่อการสกัดสีใช้ปริมาณของเปลือกมังคุดมากขึ้น จะได้ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อปริมาณเปลือกมังคุดที่ใช้ในการสกัดสีเท่ากับ 12 กรัม ไม่มีผลทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้เพิ่มมากไปกว่าค่าดูดกลืนแสงของสีจากการใช้ปริมาณเปลือกมังคุดในการสกัดเท่ากับ 10 กรัม การใช้ปริมาณเปลือกมังคุดจำนวน 12 กรัมในการสกัดสีย้อม แต่กลับไม่ได้ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้สูงกว่าของค่าการดูดกลืนแสงของสีจากการใช้ปริมาณเปลือกมังคุดในการสกัดที่ 10 กรัม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า เมื่อปริมาณเปลือกมังคุดมากขึ้นก็จะมีอนุภาคที่สามารถดูดซับน้ำเข้าไปอยู่ตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของเปลือกมังคุดได้มากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้น้ำบางส่วนถูกกักขังไว้ตามอนุภาคของเปลือกมังคุด มีผลทำให้น้ำสีในส่วนนี้ไม่สามารถจะกรองออกมาได้หมด มีผลทำให้สีที่สกัดได้มีความเข้มของสีน้อยกว่าที่ควรจะเป็น เมื่อปริมาณการใช้น้ำในการสกัดสีใช้ในปริมาตรที่คงที่

ถ้าเปรียบเทียบการสกัดสีจากเปลือกมังคุดเหมือนกับการคั้นน้ำมะพร้าวก็จะพบว่า ถ้าใส่น้ำในการคั้นมะพร้าวในอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสม น้ำที่ใส่ลงไปนั้นก็จะถูกมะพร้าวดูดเอาไว้บางส่วน หรือถ้าใส่น้ำในปริมาณที่น้อยมากก็จะถูกมะพร้าวดูดซับเอาไว้จนหมด ทำให้ไม่สามารถบีบคั้นน้ำ

มะพร้าวออกมาให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการได้ ซึ่งถ้าต้องการให้สามารถบีบ น้ำมะพร้าวออกมาให้ได้ตามที่ต้องการ ก็จำเป็นต้องเติมน้ำเพิ่มเข้าไป

ตารางที่ 4. ผลกระทบของปริมาณเปลือกมังคุดต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| ปริมาณเปลือกมังคุด ที่ใช้น้ำในการสกัด (กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 238 นาโนเมตร |
|---|---|
| 2 กรัม | 2.8987 |
| 4 กรัม | 2.9049 |
| 6 กรัม | 2.9224 |
| 8 กรัม | 2.9470 |
| 10 กรัม | 2.9644 |
| 12 กรัม | 2.9547 |

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดสีอยู่ที่ 100°C เป็นเวลานาน 30 นาที

ในขั้นต่อมาได้ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล โดยใช้เปลือกมังคุดที่บดละเอียด 2 กรัม ต่อ เอธานอล 100 มิลลิลิตร มาสกัดสีที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นกรองสีที่สกัดได้ออกมา หลังจากนั้นทำการเจือจางสีที่สกัดได้ในอัตราส่วน 1:100 นำสารละลายสีที่เจือจางแล้วมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorption) ของสี ผลการทดลองของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล ได้สรุปไว้ในตารางที่ 5 จากผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงอยู่ที่ประมาณ 1 จากการใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันในการสกัดสีย้อม เพราะฉะนั้นอุณหภูมิห้องควรเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล แต่จะเลือกเอาอุณหภูมิที่ 60 °C ในการสกัดเพื่อจะศึกษาดูว่า เวลาที่ใช้ในการสกัดจะมีผลกระทบต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้อย่างไรบ้าง

ผลกระทบของเวลาต่อสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดได้สรุปไว้ในตารางที่ 6 เวลาที่ใช้ในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดอยู่ในช่วงระหว่าง 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน จากผลที่ได้พบว่าเมื่อ

เวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้สูงขึ้นบ้างเพียงเล็กน้อย เพราะฉะนั้นอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล คืออุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 30 นาที

ส่วนผลในตารางที่ 7 เป็นผลของค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากการใช้ปริมาณเปลือกมังคุดที่แตกต่างกันในการสกัด เมื่อปริมาณการใช้เปลือกมังคุดในการสกัดมากขึ้น จะได้ค่าการดูดกลืนแสงของสีเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณเปลือกมังคุดที่ใช้ในการสกัดเท่ากับ 12 กรัม เริ่มให้ค่าการดูดกลืนแสงของสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดูดกลืนแสงของสีจากการใช้ปริมาณเปลือกมังคุดในการสกัดเท่ากับ 10 กรัม

ตารางที่ 5. ผลกระทบของอุณหภูมิต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล

| อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด | ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 316 นาโนเมตร |
|---|---|
| อุณหภูมิห้อง | 1.0512 |
| 40°C | 1.0581 |
| 50°C | 1.0874 |
| 60°C | 0.9770 |

เปลือกมังคุด 2 กรัม ต่อเอธานอล 100 มิลลิลิตร มาสกัดสีที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลานาน 30 นาที

ตารางที่ 6. ผลกระทบของเวลาต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล

| เวลาที่ใช้ในการสกัด | ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 316 นาโนเมตร |
|---|---|
| 30 นาที | 0.9770 |
| 60 นาที | 0.9893 |
| 90 นาที | 1.0125 |
| 120 นาที | 1.0100 |

เปลือกมังคุด 2 กรัม ต่อเอธานอล 100 มิลลิลิตร มาสกัดสีที่อุณหภูมิ 60°C ในช่วงเวลาต่างๆ

ตารางที่ 7. ผลกระทบของปริมาณเปลือกมังคุดต่อค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยเอธานอล

| ปริมาณเปลือกมังคุด ที่ใช้เอธานอลในการสกัด (กรัมต่อเอธานอล 100 มิลลิลิตร) | ค่าการดูดกลืนแสง ที่ 316 นาโนเมตร |
|---|---|
| 2 กรัม | 1.0512 |
| 4 กรัม | 1.9062 |
| 6 กรัม | 2.4893 |
| 8 กรัม | 2.6176 |
| 10 กรัม | 2.6506 |
| 12 กรัม | 2.6593 |

สกัดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 30 นาที

การใช้ตัวทำละลายในการสกัดที่แตกต่างกันจะมีผลทำให้ได้เฉดสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดไม่เหมือนกัน เมื่อใช้น้ำเป็นตัวสกัดสีที่สกัดได้เป็นสีน้ำตาล และเมื่อใช้เอธานอลเป็นตัวสกัดสีที่สกัดได้เป็นสีเหลือง สีน้ำตาลที่สกัดได้ด้วยน้ำเป็นเฉดสีที่ไม่ใช่เป็นแม่สีหลัก เพราะฉะนั้นถ้าใช้สีสังเคราะห์จำเป็นต้องใช้สีมาผสมกันมากกว่าสองตัวขึ้นไปเพื่อให้ได้เฉดสีน้ำตาล แต่สีเหลืองที่สกัดได้ด้วยเอธานอล เป็นเฉดสีของแม่สีหลัก ซึ่งอาจใช้สีสังเคราะห์ตัวเดียวในการย้อมได้ จากผลของสีที่สกัดได้อาจจะยังมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะเลือกได้ว่าตัวทำละลายใดเหมาะสมที่ใช้เป็นตัวสกัดได้ดีกว่ากัน เพราะฉะนั้น ถ้าต้องเลือกเอาตัวทำละลายที่เหมาะสมตัวเดียวสำหรับการสกัดสีจากเปลือกมังคุด ควรดูเฉดสีที่เกิดขึ้นจากการย้อมลงบนผ้าฝ้ายด้วย จึงนำเอาสีที่สกัดได้ด้วยน้ำมาย้อมลงบนผ้าฝ้ายที่ 100°C เป็นเวลา 60 นาที ส่วนสีที่สกัดได้จากเอธานอลก็นำมาย้อมลงบนผ้าฝ้ายที่ 60°C เป็นเวลา 60 นาที เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่า 60°C มีผลทำให้ผ้าที่ย้อมได้ด่างอาจเป็นผลเนื่องมาจากการระเหยของสารเอธานอล ผลของค่าความเข้มของเฉดสี (K/S) และเฉดสีที่วัดได้นั้นได้รายงานผลเป็นค่าของ $L^*$ $a^*$ $b^*$ ในระบบของ CIELAB ของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำและด้วยเอธานอล ผลดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 8

เนื่องจากเฉดสีน้ำตาลเป็นเฉดสีที่สกัดได้ด้วยน้ำ เป็นเฉดสีที่น่าสนใจมากกว่าเฉดสีเหลืองซึ่งเป็นเฉดสีที่สกัดได้ด้วยเอธานอล และผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้ด้วยน้ำ สามารถวัดค่าความเข้มของสีได้สูงกว่าค่าของความเข้มของสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้ด้วยเอธานอล เพราะฉะนั้น น้ำจึง

ถูกเลือกใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดสีจากเปลือกมังคุด เพื่อใช้ในการศึกษาสำหรับขั้นตอนที่เหลือต่อไป

ตารางที่ 8. ค่า K/S และค่า $L^* a^* b^*$ ของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำและด้วยเอธานอล

| ตัวทำละลาย | K/S | CIELAB | | | เฉดสีที่สังเกตได้ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L* | a* | b* | |
| น้ำ | 0.992 | 80.484 | 6.244 | 16.929 | |
| เอธานอล | 0.527 | 88.575 | 0.938 | 13.657 | |

ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีที่สกัดได้ในอัตราส่วนของเปลือกมังคุด 2 กรัมต่อตัวทำละลาย 100 มิลลิลิตร

โดยสรุปน้ำจะใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดสีย้อม ส่วนอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสีจากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ คือ อุณหภูมิที่ 100°C เป็นเวลานาน 30 นาที สำหรับปริมาณเปลือกมังคุดที่ใช้ในการสกัดสีจะเลือกใช้อยู่ที่ 2 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อปริมาณการใช้เปลือกมังคุดในการสกัดมากขึ้นไม่ได้มีผลทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของสีที่สกัดได้แตกต่างกันมากนัก

**4.2 ผลกระทบของไคโตซานต่อความเข้มของเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด**

ผ้าฝ้ายจะนำมาตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1% 0.25% 0.5% 1.0% ด้วยวิธีจุ่มอัดแล้วอบแห้งที่ 100°C เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้น นำมาผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วมาย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำที่ 100°C เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งผลในตารางที่ 9 แสดงค่าความเข้มของสี (K/S) ที่วัดได้ และค่า $L^* a^* b^*$ ทั้งของผ้าที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 9 พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่มีความเข้มข้นมากขึ้น ค่า K/S ที่วัดได้จะมากขึ้นด้วย แสดงว่าผ้าที่ย้อมมีเฉดสีที่เข้มขึ้น ซึ่งค่าของ $L^* a^* b^*$ เป็นผลที่สนับสนุนค่า K/S ด้วยเช่นกัน ซึ่งจะพบว่า ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานจะให้ค่า $L^*$ น้อยลง และน้อยลงยิ่งขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายมากขึ้น แสดงว่าผ้ามีความสว่างน้อยลงซึ่งเป็นผลมาจากผ้าย้อมสีได้เข้มขึ้นทำให้แสงทะลุผ่านผ้าได้น้อยลง ส่วนค่าของ $a^*$ มากขึ้น แสดงว่าผ้าที่ย้อมได้มีเฉด

ออกสีแดงมากขึ้น ส่วนค่าของ $b^*$ มากขึ้น แสดงว่าผ้าที่ย้อมได้มีเฉดออกสีเหลืองมากขึ้น จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะให้ค่าของ $a^*$ และ $b^*$ มากขึ้นด้วย แสดงว่าผ้าสามารถย้อมได้เฉดสีที่เข้มขึ้นเมื่อมีการตกแต่งด้วยไคโตซาน จากผลการทดลองที่ได้นี้ สามารถตอบประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ ได้ว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไคโตซานจะมีหมู่ที่สามารถจับสีได้มากขึ้น ทำให้ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วเมื่อนำมาย้อม จะได้เฉดสีที่เข้มขึ้นกว่าเฉดสีของผ้าย้อมที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน

ตารางที่ 9. ผลกระทบของไคโตซานต่อ ค่า K/S และค่า $L^*$ $a^*$ $b^*$ ของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

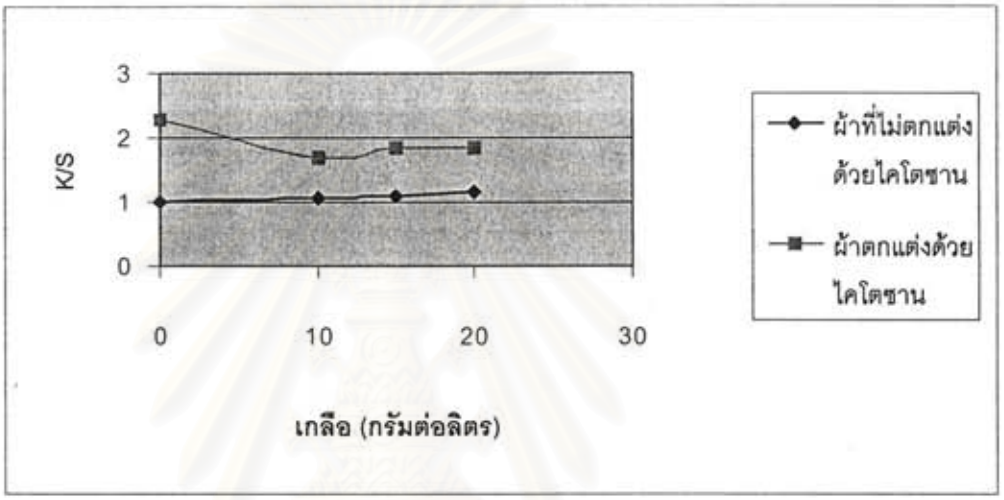
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน | K/S | CIELAB | | | เฉดสีที่สังเกตได้ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L* | a* | b* | |
| 0% | 0.992 | 80.484 | 6.244 | 16.929 | |
| 0.10% | 1.072 | 78.846 | 7.142 | 15.822 | |
| 0.25% | 1.341 | 74.149 | 8.847 | 16.276 | |
| 0.50% | 1.535 | 71.324 | 9.637 | 16.783 | |
| 1.0% | 2.267 | 65.213 | 11.172 | 18.155 | |

ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีที่สกัดได้ในอัตราส่วนของเปลือกมังคุด 2 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

**4.3 ผลกระทบของเกลือต่อความเข้มของเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด**

นำผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งและตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% มาย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด ก่อนการย้อมได้นำสีที่สกัดได้มาเติมเกลือโซเดียมซัลเฟตที่ปริมาณต่างๆ คือ 10 15 และ 20 กรัมต่อลิตร ลงไปในสารละลายสีที่สกัดได้ หลังจากนั้นทำการย้อมที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 60 นาที เมื่อเสร็จขั้นตอนการย้อมแล้ว ทำการวัดค่า K/S บนผ้าที่ย้อมสีแล้ว ผลกระทบของเกลือต่อ K/S ที่วัดได้บนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำได้แสดงไว้เป็นเส้นกราฟในรูปที่ 3 จากผลที่แสดงไว้ในรูปที่ 3 สรุปได้ว่า เกลือมีผลกระทบต่อค่าของ K/S เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งและตกแต่งด้วยไคโตซาน เพราะว่าเกลือไม่ได้ทำให้โมเลกุลของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดกระจายตัวเข้าเส้นใยได้มากขึ้น หรือช่วยทำให้การละลายของโมเลกุลของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดละลายในน้ำได้น้อยลง โมเลกุลสีของสีไดเรกท์จะละลาย

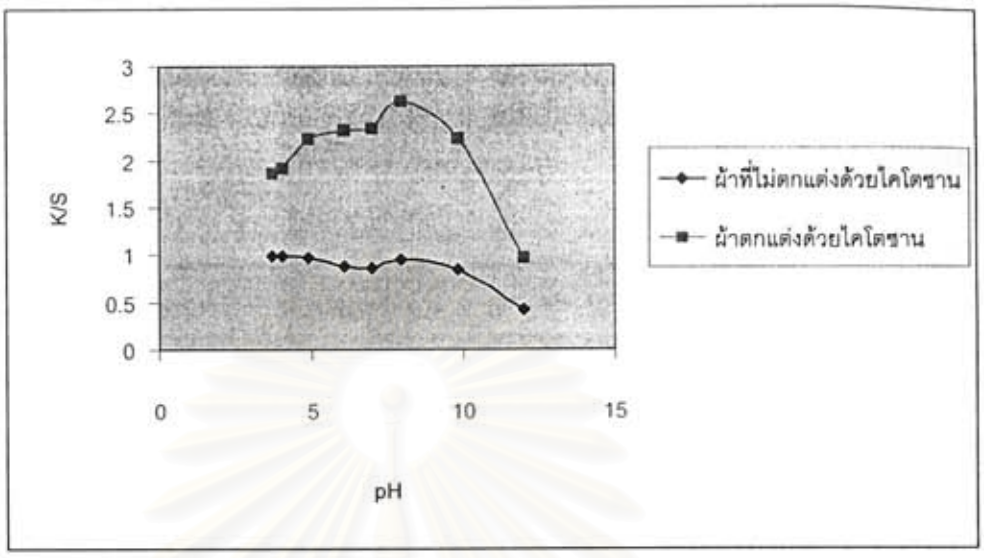
ในน้ำได้น้อยลงเมื่อมีเกลือ มีผลทำให้โมเลกุลสีของสีไดเรกท์ถูกผลักดันเข้าไปใกล้กับเส้นใยเซลลูโลสได้มากยิ่งขึ้นทำให้การใส่เกลือเข้าไปย้อมพร้อมกับสีไดเรกท์มีผลทำให้เฉดสีของผ้าเข้มขึ้น แต่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวสำหรับสีไดเรกท์ไม่เกิดขึ้นกับสีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด เพราะฉะนั้นการใส่เกลือลงไป ไม่ช่วยการดูดซึมสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด จึงไม่มีผลทำให้ความเข้มของเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดดีขึ้น




รูปที่ 3. ผลกระทบของเกลือต่อความเข้มของเฉดสี (K/S)

**4.4 ผลกระทบของความเป็นกรดด่างต่อความเข้มของเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด**

สารละลายของสีที่สกัดได้นำมาปรับค่าความเป็นกรดด่างเพื่อให้มีค่า pH ในช่วงต่างๆ แล้วจึงนำมาย้อมลงบนผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ตกแต่งและตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% ผลกระทบของ pH ต่อความเข้มของเฉดสีที่วัดได้แสดงไว้เป็นเส้นกราฟในรูปที่ 4 จากรูปที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า ค่า pH มีผลกระทบต่อความเข้มของสีที่เกิดขึ้น ค่า pH ในช่วงความเป็นด่างที่มี pH มากกว่า 8 มีผลทำให้ความเข้มของสีลดลงทั้งของผ้าที่ไม่ตกแต่งและตกแต่งด้วยไคโตซาน ส่วนค่า pH ในช่วงความเป็นกรดมีผลกระทบไม่มากนักต่อความเข้มของสีของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน แต่จะมีผลกระทบต่อความเข้มของสีบ้างเล็กน้อยของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน ซึ่งถ้า pH ต่ำกว่า 5 จะให้ค่า K/S น้อยกว่าค่า K/S ในช่วง pH 5-8 ซึ่ง ค่า K/S ในช่วง pH 5-7 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า K/S ที่ได้มากที่สุด อยู่ที่ pH 8




รูปที่ 4. ผลกระทบของ pH ต่อความเข้มของเฉดสี (K/S)

**4.5 ผลกระทบของตัวติดสีหรือมอแด้นท์ต่อเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด**

ตัวติดสีหรือมอแด้นท์ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย อลูมิเนียมจากสารส้ม ($KAl(SO_4)_2 . H_2O$) เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4 . 7H_2O$) ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2 . 2H_2O$) และทองแดงจากจุนสี ($CuSO_4 . 5H_2O$) ส่วนปริมาณการใช้มอแด้นท์ในการศึกษาผลกระทบต่อเฉดสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด อยู่ที่ 5 กรัมต่อลิตร และการตกแต่งไคโตซานลงบนผ้าฝ้ายใช้ความเข้มข้นที่ 1% แล้วนำผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วมาย้อมด้วยสีที่สกัดจากเปลือกมังคุดในอัตราส่วนของเปลือกมังคุด 2 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร จากผลการทดลองตั้งแต่ส่วนนี้เป็นต้นไป ผ้าที่ย้อมแล้วทำการล้างด้วย 1% NaOH ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นล้างผ้าให้สะอาดด้วยน้ำแล้วตากให้แห้ง ก่อนนำไปวัดค่าต่างๆ การล้างด้วย NaOH เป็นการทำให้ผ้าที่ย้อมแล้วเป็นกลางและมีผลทำให้ความเข้มของสีบนผ้าย้อมเข้มขึ้นด้วย

ผลการทดลองในตารางที่ 10 แสดงผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน จากผลการทดลองในตารางที่ 10 สามารถสรุปได้ว่า ตัวติดสีหรือมอแด้นท์มีผลต่อเฉดสีบนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด ซึ่งสามารถดูได้จากค่าของ $\Delta E^*$ ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่บอกถึงความแตกต่างกันของสีที่มีการใช้มอแด้นท์กับสีที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์ ถ้าค่าของ $\Delta E^*$ มีค่ามากแสดงว่าเฉดสีมีความแตกต่างกันมาก ส่วนค่าของ L* a* และ b* ใน CIELAB สามารถบอกลักษณะของสีได้คร่าวๆ ดังนี้ ซึ่งค่าของ L* เป็นค่าที่บอกถึงความสว่าง (lightness) ของสี ถ้าค่า L* มีค่ามากแสดงว่าสีนั้นจะดูสว่างมาก ถ้าค่า L* มีค่าน้อยแสดงว่าสีนั้นจะดูทึบหรือมืดมาก ส่วนค่าของ a* จะมีระยะพิกัดในช่วงเฉดสีระหว่างแดงและเขียว ถ้าค่า

ของ a* มีค่ามากแสดงว่าสีนั้นจะออกแดงมากกว่าเมื่อเทียบกับค่า a* ที่มีค่าน้อยกว่า ส่วนค่าของ b* จะมีระยะพิกัดในช่วงเฉดสีระหว่างเหลืองและน้ำเงิน และถ้าค่าของ b* มีค่ามากแสดงว่าสีนั้นจะออกเหลืองมากกว่าเมื่อเทียบกับค่าของ b* ที่มีค่าน้อยกว่า จากผลที่ได้ในตารางที่ 10 สรุปได้ว่า วิธีการใช้มอแด้นท์และชนิดของมอแด้นท์ที่ใช้มีผลกระทบต่อความเข้มของสี (K/S) และเฉดสีที่ได้แตกต่างกันออกไป ผลในตารางที่ 10 สรุปได้ดังนี้

1. การใช้มอแด้นท์ ด้วยวิธี Metamordant มีผลทำให้เฉดสีที่ได้มีความแตกต่างกันมากที่สุด ซึ่งดูได้จากค่า $\Delta E^*$ ที่มีค่ามากที่สุด แสดงว่าการใช้มอแด้นท์ด้วยวิธีนี้มีผลทำให้เฉดสีที่ได้แตกต่างจากเฉดสีของผ้าย้อมที่ไม่ใช้มอแด้นท์มากที่สุด และตัวมอแด้นท์ 3 ชนิดที่ใช้ย้อมด้วยวิธี Metamordant ยกเว้นมอแด้นท์ชนิดดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์จะให้ความเข้มของสี (K/S) มากกกว่าความเข้มของสีที่ใช้มอแด้นท์ชนิดเดียวกัน แต่วิธีการใช้มอแดนท์ต่างกัน คือ การใช้วิธีของ Premordant และ ของ Postmordant
2. การใช้มอแด้นท์ชนิดดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์จะให้ผ้าที่ย้อมมีความเข้มของสีมากที่สุดเมื่อใช้วิธี Premordant ซึ่งอาจเป็นลักษณะพิเศษของมอแด้นท์ชนิดนี้ที่จะต้องใช้วิธี Premordant เพื่อการยึดจับสีที่ดี การใช้ตัวมอแด้นท์นี้ ด้วยวิธี Metamordant หรือ Postmordant อาจไม่เหมาะสม เพราะค่าความเข้มของสีที่ได้น้อยกว่าค่าความเข้มของสีของผ้าที่ย้อมโดยไม่ได้ใช้มอแด้นท์
3. การใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Postmordant มีแนวโน้มทำให้ความเข้มของสี (K/S) ที่ได้มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ โอกาสที่มอแด้นท์จะยึดจับสีย้อมมีโอกาสน้อย เพราะปริมาณสีย้อมที่มอแด้นท์สามารถเข้าไปยึดจับนั้นมีน้อย เพราะเป็นสีย้อมที่ย้อมติดอยู่บนผ้าแล้วเท่านั้น ไม่เหมือนกับการใช้มอแด้นท์ด้วยวิธีของ Premordant และ Metamordant ที่มีโอกาสยึดจับสีย้อมได้มากกว่าเพราะสามารถยึดจับสีย้อมได้จากสารละลายของสีย้อมเลย ซึ่งสารละลายของสีย้อมย่อมมีปริมาณสีมากกว่าสีที่มีอยู่บนผ้าย้อมสีแล้วอย่างแน่นอน

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 10 สามารถสรุปชนิดของมอแด้นท์ที่มีผลต่อความเข้มของสี (K/S) และความแตกต่างของเฉดสี ($\Delta E^*$) เรียงลำดับจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด ตามวิธีการใช้มอแด้นท์ ดังนี้

สำหรับค่าความเข้มของสี (K/S)

Premordant :

ทองแดงจากจุนสี > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > อลูมิเนียมจากสารส้ม

Metamordant :

ทองแดงจากจุนสี > เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > อลูมิเนียมจากสารส้ม > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์

Postmordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ทองแดงจากจุนสี > อลูมิเนียมจากสารส้ม > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์

สำหรับความแตกต่างของเฉดสี ($\Delta E^*$)

Premordant :

ทองแดงจากจุนสี > เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > อลูมิเนียมจากสารส้ม

Metamordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ทองแดงจากจุนสี > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > อลูมิเนียมจากสารส้ม

Postmordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > ทองแดงจากจุนสี > อลูมิเนียมจากสารส้ม

ตารางที่ 10. ผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสีบนผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| ตัวติดสีหรือมอแด้นท์ | K/S | $\Delta E^*$ | CIELAB | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L* | a* | b* |
| ไม่มี | 1.193 | 0.000 | 74.939 | 7.859 | 17.915 |
| Premordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 1.313 | 0.871 | 74.313 | 7.823 | 18.521 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 2.160 | 11.074 | 64.449 | 6.543 | 14.616 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 2.269 | 5.569 | 69.708 | 9.581 | 18.743 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 3.115 | 13.050 | 62.348 | 9.921 | 20.657 |
| Metamordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 1.729 | 4.419 | 70.586 | 8.611 | 17.997 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 3.007 | 20.356 | 56.113 | 5.326 | 10.600 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 0.714 | 9.293 | 81.081 | 5.122 | 11.502 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 3.460 | 14.478 | 60.489 | 9.605 | 20.292 |
| Postmordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 0.998 | 3.228 | 75.608 | 6.798 | 14.941 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 1.971 | 10.865 | 66.075 | 4.458 | 12.632 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 0.760 | 6.379 | 78.836 | 6.331 | 13.102 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 1.510 | 4.076 | 71.476 | 5.721 | 17.702 |

ส่วนผลการทดลองในตารางที่ 11 จะแสดงผลกระทบของตัวติดสีหรือมอแด้นท์ต่อเฉดสีบนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วจึงย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด ซึ่งผ้าก่อนย้อมจะนำมาตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% ด้วยวิธีจุ่มอัดอบแห้งอบผนึก แล้วจึงนำมาย้อมด้วยสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด การศึกษาในขั้นนี้ศึกษาผลกระทบของตัวมอแด้นท์ทั้ง 4 ชนิดรวมทั้งวิธีการใช้มอแด้นท์ทั้ง 3 วิธีด้วยเช่นกัน ผลการทดลองในตารางที่ 11 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. วิธีการใช้มอแด้นท์ที่ต่างกันมีผลกระทบต่อค่า $\Delta E^*$ และ K/S ที่แตกต่างกันออกไป การใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Metamordant ยกเว้นมอแด้นท์ชนิดอลูมิเนียมจากสารส้ม มีผลกระทบต่อเฉดสีที่ได้มากที่สุด ซึ่งดูได้จากค่า $\Delta E^*$ ของวิธี metamordant มีค่ามากกว่าของวิธีอื่น แสดงว่าเฉดสีที่ได้แตกต่างจากเฉดสีของผ้าที่ไม่ใช้มอแดนท์มากกว่าของการใช้วิธีมอแด้นท์แบบ Premordant และ Postmordant ส่วนมอแด้นท์ชนิดอลูมิเนียมจากสารส้มจะให้ค่า $\Delta E^*$ มากที่สุดเมื่อใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Postmordant นอกจากนี้ตัวมอแด้นท์ทั้ง 3 ชนิด ยกเว้นมอแด้นท์ชนิดดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ ที่ใช้ย้อมด้วยวิธี Metamordant จะให้ความเข้มของสีมากกกว่าความเข้มของสีที่ใช้มอแด้นท์ชนิดเดียวกัน แต่วิธีการใช้ของมอแด้นท์ต่างกัน คือใช้วิธีของ Premordant และ Postmordant
2. การใช้มอแด้นท์ชนิดดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์จะให้ผ้าที่ย้อมมีความเข้มของสีมากที่สุดเมื่อใช้วิธี Premordant ส่วนการใช้วิธีแบบ Metamordant หรือ Postmordant จะให้ความเข้มข้นของสีน้อยกว่าของค่า K/S ของผ้าที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์ การใช้มอแด้นท์ชนิดนี้ให้ผลกระทบต่อค่า K/S บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน และบนผ้าที่ไม่ตกแต่งด้วยไคโตซานเหมือนกัน

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 11 สามารถสรุปชนิดของมอแด้นท์ที่มีผลต่อความเข้มของสี (K/S) และความแตกต่างของเฉดสี ($\Delta E^*$) เรียงลำดับจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด ตามวิธีการใช้มอแด้นท์ ดังนี้

สำหรับค่าความเข้มของสี (K/S)

Premordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > ทองแดงจากจุนสี > อลูมิเนียมจากสารส้ม

Metamordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ทองแดงจากจุนสี > อลูมิเนียมจากสารส้ม > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์

Postmordant :

ทองแดงจากจุนสี > เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > อลูมิเนียมจากสารส้ม > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์

สำหรับความแตกต่างของเฉดสี ($\Delta E^*$)

Premordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ทองแดงจากจุนสี > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > อลูมิเนียมจากสารส้ม

Metamordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > ทองแดงจากจุนสี > อลูมิเนียมจากสารส้ม

Postmordant :

เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต > ทองแดงจากจุนสี > ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ > อลูมิเนียมจากสารส้ม

ตารางที่ 11. ผลกระทบของตัวติดสีต่อเฉดสีบนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานก่อนที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| ตัวติดสีหรือมอเด้นท์ | K/S | $\Delta E^*$ | CIELAB | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L* | a* | b* |
| ไม่มี | 3.169 | 0.000 | 60.682 | 10.762 | 20.578 |
| Premordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 2.885 | 2.202 | 62.482 | 10.302 | 19.398 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 6.781 | 19.193 | 43.964 | 7.104 | 11.890 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 6.613 | 8.249 | 53.691 | 14.267 | 23.202 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 6.282 | 9.331 | 51.461 | 11.813 | 21.550 |
| Metamordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 3.469 | 1.819 | 62.267 | 11.271 | 21.312 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 7.200 | 20.940 | 42.674 | 6.221 | 10.906 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 1.065 | 19.348 | 78.097 | 6.287 | 13.433 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 6.786 | 10.458 | 50.288 | 11.197 | 21.655 |
| Postmordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 3.023 | 2.629 | 60.297 | 10.346 | 18.012 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 4.096 | 16.230 | 50.049 | 5.270 | 9.615 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 2.250 | 5.324 | 63.745 | 11.150 | 16.241 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 4.220 | 6.001 | 55.591 | 8.384 | 18.471 |

ส่วนผลการทดลองในตารางที่ 12 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบเฉดสี ความเข้มของสี และความแตกต่างของสี บนผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน

และที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานยังคงให้ค่าความเข้มของสีมากกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ส่วนค่า $\Delta E^*$มีค่ามาก แสดงว่า เฉดสีและความเข้มของสีบนผ้าย้อมสีด้วยเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน และของที่ตกแต่งด้วยไคโตซานมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจนมาก

การเลือกใช้ชนิดของมอแด้นท์และวิธีการใช้มอแด้นท์มีผลกระทบต่อความเข้มของสีหรือเฉดสีที่ได้แตกต่างกันออกไป การที่จะสรุปว่ามอแด้นท์ใดหรือวิธีการใช้มอแด้นท์วิธีใด จึงจะเหมาะสมที่สุด สำหรับสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ อาจจะยังไม่เพียงพอที่จะใช้ผลของ K/S และ $\Delta E^*$ ในการพิจารณาเท่านั้น แต่จำเป็นจะต้องดูถึงสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยว่า มีสมบัติความคงทนของสีดีหรือไม่ดีอยู่ในระดับใด ซึ่งผลการทดลองของสมบัติดังกล่าวจะนำเสนอต่อไป

ตารางที่ 12. ความเข้มของสี และความแตกต่างของสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| ตัวติดสีหรือมอแด้นท์ | ผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน | เฉดสีที่สังเกตได้ของผ้าที่ไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน | เฉดสีที่สังเกตได้ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน | ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน | $\Delta E^*$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | K/S | | | K/S | |
| ไม่มี | 1.193 | | | 3.169 | 15.049 |
| Premordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 1.313 | | | 2.885 | 12.043 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 2.160 | | | 6.781 | 20.619 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 2.269 | | | 6.613 | 16.451 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 3.115 | | | 6.282 | 11.631 |
| Metamordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 1.729 | | | 3.469 | 9.215 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 3.007 | | | 7.200 | 12.995 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 0.714 | | | 1.065 | 3.530 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 3.460 | | | 6.786 | 10.350 |
| Postmordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 0.998 | | | 3.023 | 15.901 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 1.971 | | | 4.096 | 16.404 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 0.760 | | | 2.250 | 16.061 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 1.510 | | | 4.220 | 16.002 |

ผ้าฝ้ายย้อมด้วยสีที่สกัดจากเปลือกมังคุดในอัตราส่วนของเปลือกมังคุด 2 กรมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร

**4.6 ความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด**

เนื่องจากผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีสมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงไม่ดีนัก แต่สมบัติดังกล่าวสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการใช้มอแดนท์ที่เหมาะสมสำหรับสีย้อมธรรมชาติชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตามสีย้อมธรรมชาติบางชนิด เช่น สีครั่งมีสมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงดีอยู่แล้ว สำหรับสมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงของผ้าย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดได้สรุปไว้ในตารางที่ 13 และ 14 ซึ่งในตารางที่ 13 เป็นผลการทดลองความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด ส่วนในตารางที่ 14 เป็นผลการทดลองของสมบัติดังกล่าวของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1% ก่อนการย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด การวัดความคงทนของสีต่อการซัก สามารถประเมินได้โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีด้วยสายตากับค่าใน Grey Scale ซึ่งมีระดับความแตกต่างของสี 9 ระดับ คือ 1, 1/2, 2, 2/3, 3, 3/4, 4, 4/5, และ 5 ซึ่งระดับ 1 มีความคงทนของสีแย่สุด ส่วนระดับ 5 มีความคงทนของสีดีที่สุด ส่วนการวัดความคงทนของสีต่อแสง ประเมินโดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดเทียบกับสีบนผ้าทดสอบอ้างอิงที่เรียกว่า Blue Wool Reference

จากผลการทดลองในตารางที่ 13 สรุปได้ว่า เมื่อนำผ้าที่ย้อมไปซักด้วยผงซักฟอกมาตรฐานที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 45 นาที หลังการซักพบว่า ความเข้มของสีหลังการซักจะน้อยกว่าความเข้มของสีก่อนการซัก แสดงว่ามีสีหลุดออกไปบ้างระหว่างการซัก แต่สีที่หลุดออกไปนั้นไม่ได้ไปเปื้อนติดบนผ้าขาวชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เพราะชิ้นทดสอบที่เป็นผ้าขาวและผ้าที่ประกบกับผ้าทดสอบอีกชิ้นที่ประกอบด้วยแถบเล็กๆหลายแถบที่เรียกว่า Multi fiber fabric ซึ่งแต่ละแถบทอมาจากชนิดของเส้นใยที่แตกต่างกันนั้น ไม่พบการเปื้อนติดสีใดๆ การประเมินระดับความคงทนของสีต่อการซักของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด ทำได้โดยเปรียบเทียบสีย้อมของผ้าหลังการซักกับสีย้อมของผ้าก่อนการซัก ว่ามีความแตกต่างกันของสีมากน้อยในระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกันในระบบ Grey Scale ผลการประเมินพบว่า ความคงทนของสีต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานและไม่ใช้มอแด้นท์อยู่ในระดับ 3 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนความคงทนของสีต่อการซักของผ้าที่ใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Premordant นั้นพบว่า เมื่อใช้มอแด้นท์ชนิดดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ ให้ความคงทนของสีต่อการซักของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดดีขึ้น มาอยู่ในระดับ 4/5 ส่วนมอแด้นท์อีก 3 ชนิดให้ผลความคงทนของสีต่อการซักของผ้าอยู่ในระดับเดียวกันกับของผ้าที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์ นอกจากนี้ การเลือกใช้วิธีมอแด้นท์ให้เหมาะสมสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อการซักดีขึ้นได้บ้าง จากผลการทดลองพบว่า วิธีการใช้มอแด้นท์แบบ

Postmordant มีผลทำให้ความคงทนของสีต่อการซักดีขึ้น มาอยู่ในระดับที่ดีขึ้นกว่าของผ้าย้อมสีด้วยเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์

ตารางที่ 13. ความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| ตัวติดสีหรือมอแด้นท์ | ความคงทนของสีต่อแสง Lightfastness (LF) | ความคงทนของสีต่อการซัก Washfastness (WF) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | K/S ก่อนซัก | K/S หลังซัก | $\Delta E^*$ | WF |
| ไม่มี | 2 | 1.193 | 1.000 | 1.984 | 3 |
| Premordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 2 | 1.313 | 1.072 | 2.434 | 3 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 3 | 2.160 | 1.672 | 3.298 | 3 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 3 | 2.269 | 1.975 | 1.308 | 4/5 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 3 | 3.115 | 2.192 | 4.319 | 3 |
| Metamordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 3 | 1.729 | 1.396 | 2.603 | 3 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 4 | 3.007 | 2.621 | 2.287 | 3 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 4 | 0.714 | 0.691 | 0.411 | 4/5 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 4 | 3.460 | 2.950 | 2.691 | 3/4 |
| Postmordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 3 | 0.998 | 0.920 | 1.256 | 4 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 3 | 1.971 | 1.830 | 1.344 | 4 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 3 | 0.760 | 0.746 | 0.291 | 4/5 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 4 | 1.510 | 1.303 | 2.027 | 3/4 |

ส่วนผลความคงทนของสีต่อแสงในตารางที่ 13 พบว่า ผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดมีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ 2 เมื่อเทียบกับกับตัวอ้างอิงที่เรียกว่า Blue Wool Reference ความคงทนของสีต่อแสงในระดับ 2 แสดงว่าสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดมีสมบัติความคงทนของสีต่อแสงไม่ดีนัก จากผลการทดลองที่ได้ยังพบว่า การใช้มอแด้นท์ช่วยให้สมบัติ

ความคงทนของสีต่อแสงของผ้าดีขึ้น และวิธีการใช้มอแด้นท์ก็มีส่วนช่วยส่งเสริมสมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าให้ดีขึ้นได้ มอแด้นท์ที่ใช้บนผ้าย้อมสีเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ช่วยปรับปรุงความคงทนของสีต่อแสงให้ดีขึ้นมาอยู่ในระดับ 3 หรือ 4 ซึ่งดีกว่าระดับ 2 ของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์ การใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Metamordant มีผลทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงดีกว่าของการใช้มอแด้นท์ด้วยวิธีของ Postmordant และ Premordant

ส่วนผลการทดลองในตารางที่ 14 สรุปได้ว่า ความเข้มของสีหลังการซักจะน้อยกว่าความเข้มของสีก่อนการซัก แสดงว่ามีสีหลุดออกไปบ้างระหว่างการซัก แต่สีที่หลุดออกไปนั้นไม่ได้ไปเปื้อนติดบนผ้าขาวชนิดอื่นๆ เมื่อประเมินด้วยการเปรียบเทียบสีของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดก่อนการซักและหลังการซัก พบว่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ตกแต่งด้วยไคโตซานและไม่ใช้มอแด้นท์ อยู่ในระดับ 4 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ดีกว่าของผ้าย้อมสีที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน แสดงว่าการใช้ไคโตซานช่วยให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักดีขึ้น การใช้มอแด้นท์และไม่ใช้มอแด้นท์บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานไม่มีผลทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักที่ได้แตกต่างกันมากนัก การใช้ตัวมอแด้นท์ชนิดทองแดงจากจุนสี มีผลทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักดีขึ้นเล็กน้อยมาอยู่ในระดับ 4/5 การใช้มอแด้นท์ด้วยวิธีของ Postmordant มีผลทำให้ความคงทนของสีต่อการซักดีขึ้นมาอยู่ในระดับที่ 4 หรือ 4/5 ซึ่งดีขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้มอแด้นท์ด้วยวิธีอื่น การใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Premordant และ Metamordant ให้ผลของสมบัติความคงทนของสีต่อการซักของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่เหมือนกันทุกมอแด้นท์

ส่วนผลความคงทนของสีต่อแสงในตารางที่ 14 พบว่า การไม่ได้ใช้มอแดนท์ บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด มีค่าความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ 3 ซึ่งดีกว่าของผ้าย้อมสีที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน แสดงว่าการใช้ไคโตซานช่วยทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้น การใช้มอแด้นท์ช่วยทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้นจาก 3 มาอยู่ที่ 4 ไม่ว่าจะใช้มอแด้นท์ด้วยวิธีใด ยกเว้นตัวมอแด้นท์ชนิดอลูมิเนียมจากสารส้ม มอแด้นท์ชนิดนี้ต้องใช้วิธีแบบ Metamordant จึงมีผลทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงมาอยู่ในระดับที่ 4 ซึ่งถ้าใช้วิธีอื่นให้ผลความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับที่ 3 เท่านั้น

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 13 และ 14 สามารถสรุปได้ว่า

1. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด มีสมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสง ดีกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด แสดงว่าการใช้ไคโตซานช่วยทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงดีขึ้นได้ โดยไม่ต้องใช้มอแด้นท์
2. ชนิดของมอแด้นท์และวิธีการใช้มอแดนท์อย่างหมาะสม สามารถปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อแสงให้ดีขึ้นได้ การใช้มอแด้นท์บนผ้าที่ไม่ตกแต่งด้วยไคโตซานให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้นจากระดับ 2 มาที่ 3 แต่ถ้าใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Metamordant มีผลทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงขยับขึ้นมาได้ถึงระดับ 4 ยกเว้นมอแด้นท์ชนิดอลูมิเนียมจากสารส้ม ซึ่งให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับ 2 หรือ 3 เท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการใช้ของมอแด้นท์ด้วย ส่วนการใช้มอแดนท์บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานสามารถปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อแสงดีขึ้นมาอยู่ในระดับ 4 ได้ ยกเว้นตัวมอแด้นท์ชนิดอลูมิเนียมจากสารส้ม ต้องใช้วิธีของ Metamordant จึงสามารถทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดปรับมาอยู่ในระดับเดียวกันได้ที่ระดับ 4
3. ตัวมอแดนท์ชนิดสแตนนัสคลอไรด์ช่วยทำให้ผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานมีสมบัติความคงทนของสีต่อการซักดีขึ้นจากระดับ 3 มาอยู่ที่ 4/5 สำหรับตัวมอแด้นท์ชนิดอื่นๆ ต้องใช้วิธีของ Postmordant จึงจะสามารถทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักดีกว่าของผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ไม่ได้ใช้มอแด้นท์ ส่วนการใช้มอแด้นท์ และไม่ได้ใช้มอแด้นท์บนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานนั้น สมบัติความคงทนของสีต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งผลของสมบัติความคงทนของสีต่อการซัก อยู่ในระดับที่ 4 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี การใช้มอแด้นท์ชนิดทองแดงจากจุนสีให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดดีขึ้น มาอยู่ในระดับที่ 4/5 ไม่ว่าวิธีการใช้มอแด้นท์จะใช้วิธีใด แต่การใช้มอแด้นท์ชนิดสแตนนัสคลอไรด์ สามารถทำให้สมบัตินี้ดีขึ้น มาอยู่ในระดับที่ 4/5 ได้ จากการใช้มอแด้นท์ด้วยวิธี Postmordant

ตารางที่ 14. ความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานก่อนการย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ

| ตัวติดสีหรือมอแด้นท์ | ความคงทนของสีต่อแสง Lightfastness (LF) | ความคงทนของสีต่อการซัก Washfastness (WF) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | K/S ก่อนซัก | K/S หลังซัก | $\Delta E^*$ | WF |
| ไม่มี | 3 | 3.169 | 2.742 | 1.990 | 4 |
| Premordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 3 | 2.885 | 2.348 | 2.679 | 3/4 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 4 | 6.781 | 6.123 | 1.924 | 4 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 4 | 6.613 | 5.963 | 1.089 | 4 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 4 | 6.282 | 5.887 | 0.959 | 4/5 |
| Metamordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 4 | 3.469 | 3.079 | 1.577 | 3/4 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 4 | 7.200 | 6.242 | 1.100 | 4 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 4 | 1.065 | 1.096 | 1.310 | 4 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 4 | 6.786 | 6.077 | 1.412 | 4/5 |
| Postmordant | | | | | |
| $KAl(SO_4)_2 . H_2O$ | 3 | 3.023 | 2.874 | 0.953 | 4 |
| $FeSO_4 . 7H_2O$ | 4 | 4.096 | 3.891 | 1.417 | 4 |
| $SnCl_2 . 2H_2O$ | 4 | 2.250 | 2.295 | 0.177 | 4/5 |
| $CuSO_4 . 5H_2O$ | 4 | 4.220 | 3.883 | 0.982 | 4/5 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5
# การอภิปรายผล (Discussion)

**5.1 ผลการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด สามารถสรุปได้ดังนี้**

1. การใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันในการสกัดสีย้อมจากเปลือกมังคุดได้เฉดสีที่สกัดได้แตกต่างกันออกไป เมื่อใช้น้ำเป็นตัวสกัดให้เฉดสีที่สกัดได้เป็นสีน้ำตาล ส่วนเอธานอลให้เฉดสีที่สกัดได้เป็นสีเหลือง และเมื่อนำสีย้อมที่สกัดได้มาย้อมลงบนผ้าฝ้าย พบว่าผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากน้ำสามารถวัดค่าความเข้มของสี (K/S) ได้เท่ากับ 0.992 ซึ่งค่าที่วัดได้นี้สูงกว่าค่าความเข้มของสี (K/S) ของผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเอธานอล ที่วัดได้เท่ากับ 0.527 นอกจากนี้ อุณหภูมิและเวลาในการสกัดที่เหมาะสมจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด จากผลการทดลองในโครงการวิจัยนี้ สรุปได้ว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับใช้น้ำเป็นตัวสกัดสีย้อมจากเปลือกมังคุด คือ ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 30 นาที และภาวะที่เหมาะสมสำหรับใช้เอธานอลเป็นตัวสกัดสีย้อมจากเปลือกมังคุด คือ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
2. ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน มีผลทำให้ความเข้มของเฉดสีที่ได้เพิ่มขึ้น ซึ่งดูได้จากค่าของ K/S ของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานมีค่าสูงกว่าค่า K/S ของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ไคโตซานที่ตกแต่งลงบนผ้าฝ้ายมีผลทำให้ผ้าดูดซับสีย้อมได้ดีขึ้น เนื่องจากผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานมีหมู่ที่จับสีที่เรียกว่า dye sites มากกว่าของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน จากผลที่ได้นี้สามารถตอบประเด็นคำถามการวิจัยที่ตั้งไว้ ได้ว่า ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยไคโตซานจะมีหมู่ที่สามารถจับสีได้มากขึ้น ทำให้ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วมีเฉดสีที่เข้มขึ้น
3. ผลกระทบของเกลือโซเดียมซัลเฟตต่อค่า K/S ที่วัดได้ พบว่า เกลือมีผลกระทบต่อค่าของ K/S เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งและตกแต่งด้วยไคโตซาน
4. ผลกระทบของ pH มีผลต่อค่าความเข้มของเฉดสีที่วัดได้ ในช่วงความเป็นด่างที่มี pH มากกว่า 8 มีผลทำให้ความเข้มของสีลดลงทั้งของผ้าที่ไม่ตกแต่งและตกแต่งด้วยไคโตซาน ส่วนค่า pH ในช่วงเป็นกลางและกรดมีผลกระทบไม่มากนักต่อค่า K/S ของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน แต่จะมีผลกระทบต่อค่า K/S บ้างเล็กน้อยของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน ซึ่งค่า pH ที่ต่ำกว่า 5 จะให้ค่า K/S น้อยกว่า ค่า K/S ในช่วง pH 5-8 ซึ่ง ค่า K/S ในช่วง pH 5-7 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า K/S ที่ pH 8 ให้ค่า K/S มากที่สุด

5. การใช้ตัวมอแด้นท์และวิธีการใช้มอแด้นท์ มีผลกระทบต่อเฉดสีและความเข้มของสีย้อมเปลือกมังคุดบนผ้าฝ้ายทั้งของผ้าที่ตกแต่งและไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเป็นเพราะลักษณะพิเศษของมอแด้นท์แต่ละชนิดที่สามารถเข้าไปจับสีย้อมแล้วทำให้โมเลกุลของสีเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่แตกต่างกัน มีผลทำให้เฉดสีและความเข้มของสีที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไป
6. ผ้าย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน นอกจากให้ความเข้มของสีย้อมบนผ้าที่เข้มกว่าสีย้อมบนผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้ว ยังให้สมบัติความคงทนของสีต่อการซักและต่อแสงที่ดีกว่าอีกด้วย
7. การใช้มอแด้นท์และวิธีการใช้มอแด้นท์มีส่วนช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดให้ดีขึ้นได้
8. การใช้มอแด้นท์และวิธีการใช้มอแด้นท์ที่เหมาะสมกับชนิดของมอแด้นท์แต่ละชนิด มีผลทำให้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักดีขึ้น ทั้งของผ้าย้อมสีเปลือกมังคุดที่ตกแต่งด้วยไคโตซานและไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 6
# ข้อสรุป (Conclusion)

## 6.1 ผลการทดลองที่ได้ในโครงการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า

1. การใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกันระหว่างน้ำและเอธานอล ให้เฉดสีที่สกัดได้และความเข้มของสีย้อมที่ย้อมลงบนผ้าแตกต่างกันออกไป น้ำที่ใช้เป็นตัวสกัดสีย้อมจากเปลือกมังคุด ให้ความเข้มของสีย้อมบนผ้าย้อมดีกว่าของสีที่สกัดได้จากเอธานอล เฉดสีที่สกัดได้ด้วยน้ำได้เฉดสีน้ำตาล ในขณะที่ เฉดสีที่สกัดด้วยเอธานอลได้เฉดสีเหลือง
2. ไคโตซานที่ตกแต่งลงไปบนผ้าฝ้ายช่วยให้การดูดซับสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดดีขึ้น มีผลทำให้ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดมีค่าความเข้มของสีสูงกว่าของผ้าที่ย้อมด้วยสีดังกล่าวที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน นอกจากนี้สมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าย้อมสีด้วยเปลือกมังคุดที่ตกแต่งด้วยไคโตซานดีกว่าสมบัติทั้งสองของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน
3. การใช้มอแด้นท์และวิธีการใช้มอแด้นท์มีผลกระทบต่อเฉดสีและความเข้มของสีย้อมบนผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด ทั้งของผ้าที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน
4. การใช้มอแด้นท์ช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดให้ดีขึ้น ทั้งของผ้าที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 7

## ข้อเสนอแนะ (Suggestion for Further Work)

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของไคโตซานต่อสมบัติสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดด้วยน้ำ จากผลการทดลองที่ได้ไคโตซานให้ผลกระทบทางด้านความเข้มของสี สมบัติความคงทนของสีต่อแสงและต่อการซักของผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด ในแนวโน้มที่ดีขึ้นทุกสมบัติ เพื่อที่จะพิสูจน์ว่าไคโตซานให้ผลในทางบวกจริงสำหรับสีย้อมธรรมชาติตามที่ได้ศึกษาในโครงการนี้หรือไม่ จำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้

1. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลของไคโตซานต่อสีย้อมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติชนิดอื่นๆ ว่าจะให้ผลการทดลองออกมาในทิศทางที่เป็นบวกหรือลบอย่างไร
2. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลของไคโตซานต่อสีย้อมที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดบนผ้าชนิดอื่นๆ เช่น ผ้าไหม ผ้าขนสัตว์ หรือผ้าฝ้ายที่ผสมกับเส้นใยชนิดอื่นๆ เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เรยอน เป็นต้น
3. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวมอแด้นท์ที่เป็นธรรมชาติ เช่น สารส้ม น้ำโคลน เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## เอกสารอ้างอิง (Reference)


1. AATCC Technical Manual : Technical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists, Volume 77, (2002).
2. Davidson, R.S., and Xue, Y., Improving the Dyeing of Wool by Treatment with Chitosan, *Journal of Society of Dyers and Colorists*, 110, 24-29 (1994).
3. Deo, H.T., and Desai, B.K., Dyeing of Cotton and Jute with Tea as a Natural Dye, *Journal of Society of Dyers and Colorists*, 115, 224-227 (1999).
4. Encyclopedia of Chemical Technology, 3 rd Edition, Volume 8, pp. 351-373.
5. Eom, Seong-il, Using Chitosan as an Antistatic Finish for Polyester Fabric, *AATCC Review*, 1, 57-60, (2001).
6. International Standard ISO : International Organization for Standardization, (1997).
7. Julia, M.R., Pascual, E., and Erra, P., Influence of the Molecular Mass of Chitosan on Shrink-Resistance and Dyeing Properties of Chitosan-Treated Wool, *Journal of Society of Dyers and Colorists*, 116, 62-67 (2000).
8. Kumar, V., and Bharati, B.V. Studies on Natural Dyes: Margifera Indica Bark, American Dyestuff Reporter, 9, 18-22 (1998).
9. Merkel, R.S., *Textile product serviceability*, Macmillan Publishing Company, New York, 1991, Chapter 10-11, pp.246-289.
10. Moeyes, M., Natural Dyeing in Thailand, White Lotus Bangkok Cheney.
11. Rivlin, J., *The Dyeing of Textile Fibers: Theory and Practice*, 1992, chapter 4, pp37-54.
12. Roberts, G.A.F., and Huang C.C., Dyeing Chitosan with Natural Dyes, *Processing of the Third Asia-pacific Chitin and Chitosan Symposium*, 8-10 September, 1998.
13. Rouette, H-K, Encyclopedia of Textile Finishing, Springer, Volume 2, (2001).
14. Shin, Y., Yoo, D.I., and Jang, J., Molecular Weight Effect on Antimicrobial Activity of Chitosan Treated Cotton Fabrics, *Journal of Applied Polymer Science*, 80, 2495-2501 (2001).
15. Shin, Y., Yoo, D.I. and Min., K., Antimicrobial Finsihing of Polypropylene Nonwoven Fabric by Treatment with Chitosan Oligomer, *Journal of Applied Polymer Science*, 74, 2911-2916 (1999).

16. Vigo, T.L., *Textile processing and properties*, Elsevier Science B.V., Netherlands, chapter 6, pp 393-399.

17. การสัมมนาเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน จากการประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการ โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ร่วมกับชมรมไคติน-ไคโตซาน 2543.

18. ดร. จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวาสี ไคติน-ไคโตซาน สารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ *LAB. TODAY*, 1, 12-20,2544.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ผลกระทบของไคโตซานต่อสีสังเคราะห์เทียบกับสีย้อมธรรมชาติ และการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์และผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด

ผลกระทบของไคโตซานต่อสีเคราะห์

นำผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 % และผ้าที่ไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน มาย้อมด้วยสีไดเรกท์ และสีรีแอคทีฟที่ 4 % o.w.f. หลังจากนั้นทำการวัดค่าความเข้มของสี (K/S) และค่าความเปลี่ยนแปลงของเฉดสี ($\Delta E$) ของผ้าที่ตกแต่งและไม่ตกแต่งด้วยไคโตซาน

| ผ้าที่ใช้ทดสอบ | สีไดเรกท์ | | สีรีแอคทีฟ | |
|---|---|---|---|---|
| | K/S | $\Delta E$ | K/S | $\Delta E$ |
| ผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน | 21.152 | - | 12.485 | - |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% | 16.897 | 1.899 | 13.553 | 5.363 |

จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า เมื่อนำผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วนำมาย้อมสีไดเรกท์ มีผลกระทบต่อเฉดสีที่ได้ คือทำให้เฉดสีที่ได้มีความเข้มน้อยลงซึ่งดูได้จากค่าของK/S นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบทำให้เฉดสีที่เปลี่ยนแปลงไปค่อนข้างมาก ($\Delta E$) เมื่อเปรียบเทียบกับเฉดสีของผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานส่วนผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานแล้วนำมาย้อมสีรีแอคทีฟ มีผลกระทบต่อเฉดสีที่ได้ คือทำให้เฉดสีที่ได้มีความเข้มของสีดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งดูได้จากค่าของK/S และมีผลทำให้เฉดสีเปลี่ยนแปลงไปเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับเฉดสีบนผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน แต่ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟมีการเปลี่ยนแปลงเฉดสี ($\Delta E$) ที่น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีไดเรกท์ค่อนข้างมาก แสดงว่าไคโตซานมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงเฉดสีสำหรับสีไดเรกท์มากกว่าของสีรีแอคทีฟ การเปลี่ยนแปลงเฉดสีสำหรับสีสังเคราะห์มีความสำคัญมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีที่เกิดขึ้นกับสีย้อมธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะ การควบคุมเฉดสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติทำได้ค่อนข้างยากอยู่แล้ว ทำให้การเปลี่ยนแปลงเฉดสีที่เกิดขึ้นสำหรับสีย้อมธรรมชาติเป็นเรื่องธรรมดาที่คนสามารถยอมรับกันได้อยู่แล้ว

การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์และผ้าที่ย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด

การทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ได้ใช้วิธี Shake flask method และเชื้อที่ใช้ทดสอบเป็นเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกชนิด Staphylococcus aureus

ขั้นแรกได้ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารละลายไคโตซาน

จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางข้างล่าง พบว่าสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.10% หรือมากกว่าสามารถยับยั้งเชื้อ S. aureus ได้ 100%

**ตารางแสดงประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารละลายไคโตซาน**

| สารละลายไคโตซาน | เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ (% microbial reduction) |
|---|---|
| | S. aureus |
| 0% (1% กรดอะซีติก) | 29.4% |
| 0.01% | 25.9% |
| 0.02% | 28.9% |
| 0.04% | 32.9% |
| 0.06% | 43.2% |
| 0.08% | 58.0% |
| 0.10% | 100.0% |
| 0.20% | 100.0% |
| 0.3% | 100.0% |
| 0.4% | 100.0% |

ขั้นที่สองศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน

เหตุผลที่ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน เพื่อต้องการดูว่าการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของไคโตซานที่อยู่บนผ้า และที่เป็นสารละลายไคโตซานจะมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้แตกต่างกันอย่างไร จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้ พบว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้โดยเฉลี่ยประมาณ 30 % ซึ่งประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อดังกล่าวสามารถยับยั้งได้น้อยกว่าในรูปของสารละลายไคโตซาน

**ตารางแสดงผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานอย่างเดียว**

| ผ้าถูกตกแต่งด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น (%) | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) |
|---|---|
| | S. aureus |
| 0.5 | 29.2 |
| 0.8 | 36.7 |
| 1.0 | 35.2 |

ขั้นที่สาม ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรียของผ้าที่ย้อมด้วยสีไดเรกท์ สีรีแอคทีฟ และสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซานและผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน

**ตารางแสดงผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของผ้าที่ย้อมสีแล้ว**

| ภาวะของผ้าทดสอบ | เปอร์เซ็นต์การลดลงของจุลินทรีย์ (% microbial reduction) |
|---|---|
| | S. aureus |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% | **33.5** |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ | 0.0 |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1%แล้วย้อมด้วยสีรีแอคทีฟ | 0.0 |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีไดแรกท์ | 0.0 |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1%แล้วย้อมด้วยสีไดเรกท์ | 0.0 |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด | 0.0 |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วmetamordant ด้วยอลูมิเนียมจากสารส้ม | **8.0** |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วmetamordant ด้วยเหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต | **21.0** |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วmetamordant ด้วยคีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ | 0.0 |
| ผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วmetamordant ด้วยทองแดงจากจุนสี | 0.0 |

| | |
|---|---|
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1%และย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด แล้ว metamordant ด้วยอลูมิเนียมจากสารส้ม | **10.4** |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1%และย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด แล้ว metamordant ด้วยเหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต | **18.3** |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% และย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด แล้ว metamordant ด้วย ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ | **38.9** |
| ผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% และย้อมด้วยสีเปลือกมังคุด แล้ว metamordant ด้วยทองแดงจากจุนสี | **14.8** |

จากผลการทดลองที่ได้สำหรับสีสังเคราะห์ พบว่าผ้าที่มีการตกแต่งด้วยไคโตซานหรือไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซานเมื่อนำไปย้อมด้วยสีรีแอคทีฟหรือสีไดเรกท์ที่ศึกษา ไม่พบว่าผ้าที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์ดังกล่าว สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย S. sureus ได้ แต่สำหรับสีย้อมเปลือกมังคุด พบว่าผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งด้วยไคโตซาน แล้วนำมาย้อมด้วยสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด และทำ metamordant ด้วยตัวมอแดนท์ชนิดต่างๆ พบว่า เฉพาะผ้าที่ย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วทำ metamordant ด้วยอลูมิเนียมจากสารส้ม (8.0 %) หรือ เหล็กจากเฟอร์รัสซัลเฟต (21.0 %) เท่านั้น แสดงการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้บ้างเล็กน้อย แต่สำหรับผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1 % เมื่อนำไปย้อมสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุดแล้วทำการมอแดนท์ด้วยตัวมอแดนท์ชนิดต่างๆ ทั้ง 4 ชนิด พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย S. saureus ได้บ้างเล็กน้อย แสดงว่าผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% เมื่อนำมาย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้บ้างเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% แล้วนำมาย้อมด้วยสีสังเคราะห์ที่ศึกษาไม่สามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เลย และผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% และนำมาย้อมด้วยสีเปลือกมังคุดแล้วทำmetamordant ด้วย ดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้มากที่สุดประมาณ 39 % ซึ่งการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวค่อนข้างใกล้เคียงกับการยับยั้งเชื้อของผ้าที่ตกแต่งด้วยไคโตซาน 1% ที่สามารถยับยั้งได้ 35.2% ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ตัวมอแดนท์ ชนิดดีบุกจากสแตนนัสคลอไรด์ไม่ได้ช่วยทำให้การยึดติดสีเปลือกมังคุดบนผ้าสามารถยึดได้มากขึ้น ทั้งนี้เพราะค่าความเข้มของสีค่อนข้างต่ำ ทำให้หมู่ $-NH_2$ ที่มีอยู่ในไคโตซานไม่ได้ถูกจับยึดด้วยโมเลกุลของสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด มีผลทำให้หมู่ดังกล่าวของไคโตซานยังคงแสดงการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้เกือบเท่าเดิม ( % การลดลงของเชื้อแบคทีเรียที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยของค่าทั้งสองนี้ ไม่อาจสามารถบอกได้ว่าผ้าทั้งสองให้ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะ ค่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยอาจเกิดจากความผิด

พลาดในการนับจำนวนโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เล็กมาก มีผลทำให้การนับจำนวนโคโลนีเกิดความผิดพลาดก็อาจเป็นไปได้)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย