

การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตและโคโตซานบนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสี



นายณัฐธัน โยคจักษ์ศรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

ปีการศึกษา 2556

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ที่ส่งมาทางบัณฑิตวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

RADIATION INDUCED GRAFTING OF GLYCIDYL METHACRYLATE AND CHITOSAN
ONTO COTTON FABRICS

Mr. Nutthon Yokachuksuse

The logo of Chulalongkorn University, featuring a central emblem with a sunburst and a tiered structure, set against a light background.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลตและโคโตซานบนผ้าฝ้าย
ด้วยการฉายรังสี

โดย

นายณัฐธิน โยคจักษุศรี

สาขาวิชา

นิเวศลิยร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทโรยธา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

ณัฐธัน โยคจักษุศรี : การกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลตและไคโตซานบนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสี. (RADIATION INDUCED GRAFTING OF GLYCIDYL METHACRYLATE AND CHITOSAN ONTO COTTON FABRICS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ศิริวัฒนา ปัญชรเทวกุล , 72 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผ้าฝ้ายให้ยับยากขึ้น และมีฤทธิ์ต้านทานเชื้อแบคทีเรียบางชนิดโดยการกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน บนผ้าฝ้าย ผลการวิจัยพบสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลตบนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสีที่อัตราปริมาณรังสี 0.1137 กิโลเกรย์ ต่อนาที ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ โดยใช้สารละลายไกลซิดิลเมทาโคลเลตเข้มข้นร้อยละ 5 ในสารละลายผสมของเมทานอลกับน้ำที่ อัตราส่วน 70:30 จะได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เท่ากับ 41.10 ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้าย กราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ได้แก่ การนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต มาอุนในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน ความเข้มข้น 1% โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสนาน 12 ชั่วโมง จะได้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด 43.64 ผ้าฝ้ายที่ผ่านการกราฟต์ด้วยไกลซิดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน มีคุณสมบัติยับยากขึ้น และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* (*E. coli*) ได้ร้อยละ 63.16 และมีค่าลดลงเหลือร้อยละ 26.09 และ 21.70 เมื่อผ่านการซักหนึ่งและสองครั้งตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมนิเวศลิยร์
สาขาวิชา นิเวศลิยร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

5270280421 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORDS: COTTON FABRIC / GLYCIDYL METHACRYLATE / GMA / CHITOSAN /
GAMMA RADIATION / GRAFTING / ANTI-BACTERIA

NUTTHON YOKACHUKSUSE: RADIATION INDUCED GRAFTING OF GLYCIDYL
METHACRYLATE AND CHITOSAN ONTO COTTON FABRICS. ADVISOR:
ASSOC. PROF. SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL, 72 pp.

This study was aimed at improvement of cotton fabric properties on
covery and some bacterial growth inhibition by grafting Glycidyl methcrylate
(GMA) and chitosan on cotton fabric. Optimum grafting of 41.10% of cellulose-g-
GMA were obtained at 20 kGy of gamma irradiation (0.1137 kGy/minute) of cotton
with solution mixture of 5% Glycidyl methacrylate (GMA) and 70% methanol
solution. Continuation of grafting between cellulose-g-GMA with chitosan resulted
in cellulose-g-GMA-g-chitosan with optimum grafting of 43.64%. The above grafted
cotton was warmed in 1% (mass to volume) chitosan solution of 76 kDalton MW
at 75 degree Celsius for 12 hours. After grafting with chitosan, the cotton fabric
product could inhibit E-coli from 63.16% (after preparation) and the inhibition
dropped down to 26.09% and 21.74% after first and second time cleaning,
respectively.



Department: Nuclear Engineering

Student's Signature

Field of Study: Nuclear Technology

Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ดังนั้นจึงขอแสดงความขอบคุณทุกท่าน ดังมีรายนามต่อไปนี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้ทั้งความรู้ ความช่วยเหลือ คอยดูแล ชี้แนะ ส่งเสริม รวมทั้งให้หลักการและข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อศิษย์ นับตั้งแต่แนวคิดในการทำงานวิจัย ตลอดมาจนกระทั่งจบโครงการ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว รองศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทโรยธา และรองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่า มาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อีกทั้งยังได้ให้ข้อคิด ข้อเสนอแนะ รวมทั้งหลักการต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ คุณสุมาลี นิลพฤษ นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ สำนักงานประมงเพื่อสันติ ช่วยให้บริการ อำนวยความสะดวก ในการขอใช้เครื่องฉายรังสีแกมมา และเครื่อง UV-VIS spectrometer จนผลการทดลองสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณ คุณกันยารัตน์ รุ่งสง่า นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ ประเทศไทย ที่ให้คำปรึกษาเรื่องการวิเคราะห์ และการทดสอบตัวอย่าง จนผลการทดลองสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณามอบทุนอุดหนุนงานวิจัย ในการศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจ ตลอดการทำวิจัย และวิทยานิพนธ์ ครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 2.....	7
ทฤษฎี.....	7
2.1 เซลลูโลส (Cellulose).....	7
2.2 ไกลซีดีลเมทาโคลเลต.....	9
2.2.1 การบ่งลักษณะ.....	10
2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี.....	10
2.3 ไคโตซาน.....	11
2.3.1 สมบัติทั่วไป.....	11
2.3.2 การเชื่อมสลายไคโตซานด้วยการฉายรังสี.....	12
2.3.3 ฤทธิ์ต้านทานจุลินทรีย์.....	14
2.4 กระบวนการพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีแกมมา.....	16
2.4.1 Initiation.....	16
2.4.2 Propagation.....	17
2.4.3 Termination.....	17

2.5 เทคนิคกราฟต์โคพอลิเมอร์โรเซชันด้วยการฉายรังสี	18
2.5.1 Simultaneous irradiation technique.....	18
2.5.2 Pre-irradiation technique.....	19
2.5.3 การคำนวณประสิทธิภาพการกราฟต์	20
2.6 เทคนิค UV-visible spectroscopy.....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	23
3.1 รายการวัสดุอุปกรณ์	23
3.2 รายการสารเคมี.....	23
3.3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย	24
3.3.1 การเตรียมผ้าฝ้าย.....	24
3.3.2 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสี แบบ Simultaneous irradiation.....	25
3.3.3 การลดน้ำหนักโมเลกุลโคโตซานด้วยการฉายรังสีแกมมา.....	26
3.3.4 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยกระบวนการฉายรังสีแกมมา	27
3.3.5 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยกระบวนการทางเคมี.....	28
3.3.6 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยเทคนิค UV-visible Spectroscopy.....	29
3.3.7 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้าย กราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy..	31
3.3.8 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเม ทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	31
3.3.9 การทดสอบความยับ.....	31
3.3.10 การทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย	32
3.3.11 การทดสอบการยับหลังผ่านการซัก.....	32
3.3.12 การทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียหลังผ่านการซัก	32
บทที่ 4 ผลการวิจัย	33

4.1 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสีแบบ Sumultaneous irradiation	33
4.1.1 อิทธิพลของอัตราปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์	33
4.1.2 อิทธิพลของปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์	34
4.1.4 อิทธิพลของความเข้มข้นของไกลซีดีลเมทาโคลเลต ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์	36
4.2 ผลการลดน้ำหนักโมเลกุลของโคโตซานด้วยการฉายรังสีแกมมา.....	38
4.3 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยการ ฉายรังสีแกมมา.....	38
4.4 ผลการศึกษาการกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยกระบวนการ ทางเคมี.....	39
4.4.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของสารละลายโคโตซานกับค่าดูดกลืน แสงยูวี.....	39
4.4.2 ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทา-โคลเลต	42
4.5 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยเทคนิค และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy ...	49
4.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทา โคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด.....	54
4.7 ผลการทดสอบความทนต่อการยับ	55
4.8 ผลการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย	56
4.9 ผลการทดสอบความทนต่อการยับหลังผ่านการซัก.....	57
4.10 ผลการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียหลังผ่านการซัก	57
4.11 การทดสอบความทนต่อแรงดึงของผ้าฝ้ายกราฟต์ด้วยไกลซีดีล เมทาโคลเลต และโคโตซาน	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	60
รายการอ้างอิง	63
ภาคผนวก.....	65
ภาคผนวก ก.....	66
ภาคผนวก ข.....	67

ญ

หน้า

ภาคผนวก ค.....	69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	72



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 อัตราปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย.....	33
ตารางที่ 4.2 ปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย.....	34
ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นตัวทำละลายต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย ..	35
ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของไกลซีดีลเมทาโคลเลต ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ผ้าฝ้ายกับไกลซีดีลเมทาโคลเลต	37
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยการฉายรังสีแกมมา	38
ตารางที่ 4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน.....	43
ตารางที่ 4.7 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน.....	44
ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน.....	45
ตารางที่ 4.9 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน.....	46
ตารางที่ 4.10 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน.....	47
ตารางที่ 4.11 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน.....	48
ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบสเปกตรัมอินฟราเรดของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต กับ สเปกตรัมอินฟราเรดของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ในงานวิจัยของ E.S. Abdel-Halim และคณะ	50
ตารางที่ 4.13 องค์การคีนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน.....	56
ตารางที่ 4.14 องค์การคีนตัวต่อการยับของผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ผ่านการซัก 1 และ 2 ครั้ง	58
ตารางที่ 4.15 ประสิทธิภาพการต้านทาน <i>E. coli</i> ของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และ โคโตซาน ก่อนซัก และผ่านการซัก 1 และ 2 ครั้ง ตามลำดับ.....	58

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างแบบก้างปลาของ D-glucose	7
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างแบบเก้าอี้ของ D-glucose	7
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลเซลลูโลส	8
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างพอลิเมอร์แบบร่างแหของเซลลูโลส	8
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างไกลซิดิลเมทาโคลเลต	9
ภาพที่ 2.6 กลไกการเปิดวงแหวนอีพอกซี S _N 2	9
ภาพที่ 2.7 กลไกการเปิดวงแหวนอีพอกซี S _N 1	9
ภาพที่ 2.8 กลไกการเชื่อมต่อหมู่เอมีนของไคโตซานกับหมู่อีพอกซีของ p(HEMA/GMA)	11
ภาพที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลไคโตซาน.....	12
ภาพที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลไคโตซานทำปฏิกิริยากับกรดกรดอะซิติก.....	12
ภาพที่ 2.11 การตัดสายโซ่ของไคโตซานพอลิเมอร์	13
ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของปริมาณรังสีกับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน	13
ภาพที่ 2.13 ผงไคโตซานหลังผ่านการฉายรังสีแกมมา ปริมาณรังสีเท่ากับ 10, 30, 50, 70,90.....	14
ภาพที่ 2.14 ไคโตซานหลังผ่านการฉายรังสี 10, 30, 50, 70, 90 และ 100 กิโลเกรย์ นำมาละลาย 14	
ภาพที่ 2.15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ของ <i>E. coli</i> หลังซึมซับไคโตซาน นาน 4 ชั่วโมง	15
ภาพที่ 2.16 กลไกการเกิดอนุมูลอิสระของไกลซิดิลเมทาโคลเลต.....	18
ภาพที่ 2.17 กลไกการกราฟต์ของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลตด้วยการฉายรังสีแกมมา	18
ภาพที่ 2.18 เทคนิคการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการฉายรังสี	20
ภาพที่ 2.19 สเปกตรัมยูวีของไคโตซาน	21
ภาพที่ 3.1 ระบบรีฟลักซ์กำจัดสารเจือปนในผ้าฝ้าย	24
ภาพที่ 3.2 ผ้าฝ้ายในสารละลายไกลซิดิลเมทาโคลเลต.....	25
ภาพที่ 3.3 การนำผ้าฝ้ายในสารละลายไกลซิดิลเมทาโคลเลต ไปฉายรังสี	25
ภาพที่ 3.4 ผงไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 500 กิโลดอลตัน	26
ภาพที่ 3.5 ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ในสารละลายไคโตซาน.....	27
ภาพที่ 3.6 การนำ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ในสารละลายไคโตซานไปฉายรังสีแกมมา..	27

ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างการกวนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในสารละลายโคโตซาน.....	
ความเร็ว 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 12 ชั่วโมง เพื่อกกราฟต์โคโตซาน.....	
บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต	29
ภาพที่ 3.8 การสกัดโคโตซานออกจาก ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยการ	
เขย่าในสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้นร้อยละ 50 มิลลิโมลาร์ นาน 48 ชั่วโมง.....	31
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของอัตราปริมาณรังสีกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดิลเมทาโคลเลต บน	
ผ้าฝ้าย	34
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดิลเมทาโคลเลตบนผ้า	
ฝ้าย	35
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นตัวทำละลายเมทานอลกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกล	
ซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย	36
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไกลซีดิลเมทาโคลเลตกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกล	
ซีดิล- เมทาโคลเลตบนผ้าฝ้าย	37
ภาพที่ 4.5 สารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 8386 ดอลตัน.....	39
ภาพที่ 4.6 สเปกตรัมยูวีของสารละลายโคโตซาน	40
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284.....	
กิโลดอลตัน กับค่าดูดกลืนแสงยูวี	41
ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180.....	
กิโลดอลตัน กับค่าดูดกลืนแสงยูวี	41
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76.....	
กิโลดอลตันกับค่าดูดกลืนแสงยูวี.....	42
ภาพที่ 4.10 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284, 180	
และ 76 บน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หน้า 1 กรัม.....	45
ภาพที่ 4.11 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284, 180	
และ 76 บน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หน้า 1 กรัม.....	48
ภาพที่ 4.12 สเปกตรัมอินฟราเรดของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในงานวิจัยของ E.S.	
Abdel-Halim และคณะ	50
ภาพที่ 4.13 สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายเปล่า	51
ภาพที่ 4.14 สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต.....	52
ภาพที่ 4.15 สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน	53

ภาพที่ 4.16 โครงสร้างไกลซีดิลเมทาโคลเลต กราฟต์บนเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้าย..... 54

ภาพที่ 4.17 ภาพถ่ายพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่า (ก), ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต (ข) และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน (ค) ด้วย SEM กำลังขยาย 1000 55



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศไทย สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศจากการส่งออกมูลค่าหลายล้านบาทในแต่ละปี เส้นใยธรรมชาติสำคัญที่ใช้ทอเป็นเครื่องนุ่งห่ม ได้แก่ ฝ้าย ซึ่งได้มาจากส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดของต้นฝ้าย หรือที่เรียกว่า ฝ้าย มีลักษณะเป็นเส้นเล็ก ๆ ที่มีคุณสมบัติเหนียว โปร่งสบาย ระบายความร้อนได้ดีเพราะมีช่องว่างเส้นใย จึงเหมาะกับสภาพอากาศในฤดูร้อน และเมื่อเปียกจะแห้งเร็ว ดังนั้นฝ้ายจึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมสิ่งทอผ้าฝ้ายในหลาย ๆ ประเทศ เช่น ไทย จีน และอินเดีย เป็นต้น ด้วยสภาพการแข่งขันที่มีมากขึ้นทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมผ้าฝ้ายของไทยทั้งระบบต้องเร่งพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานสินค้าด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า และพัฒนาผ้าฝ้ายที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวให้ทัดเทียมกับนานาชาติประเทศ

ใยฝ้าย มีองค์ประกอบเป็นพอลิเมอร์ของเซลลูโลส ที่เชื่อมต่อโมเลกุลแบบร่างแหด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ถึงแม้ว่าผ้าฝ้ายจะมีคุณสมบัติที่ดี นุ่ม โปร่ง สบาย แต่ยังมีข้อบกพร่องบางประการ ได้แก่ ยับง่าย เนื่องจากผ้าฝ้ายที่ผ่านการซักจะทำให้พันธะไฮโดรเจนของพอลิเมอร์ร่างแหของเซลลูโลสแตกหัก และสร้างใหม่อีกครั้งได้ไม่เหมือนเดิม โครงสร้างโมเลกุล และองค์ประกอบทางเคมียังเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สภาพอากาศร้อนชื้น และอบอ้าว ทำให้จุลินทรีย์เติบโต และแพร่กระจายบนผิวเส้นใยเซลลูโลสรวดเร็ว อาจส่งผลให้เกิดการติดเชื้อ และเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นบริเวณจุดสัมผัสระหว่างผ้ากับผิวหนัง นอกจากนี้การรุกรานของจุลินทรีย์ทำให้เกิดรอยด่าง และสูญเสียคุณสมบัติของผ้าฝ้าย จากปัญหาดังกล่าว นักวิจัยจึงพยายามคิดค้นพัฒนาการเสริมคุณสมบัติของผ้าฝ้าย เพื่อให้ได้ผ้าฝ้ายที่มีคุณสมบัติที่ดี

การวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของผ้าฝ้าย เช่น งานวิจัยของ E.S. Abdel-Halim และคณะ [1] ได้กราฟต์ไกลซิديلเมทาไคลเลต (Glycidyl methacrylate) บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายลำแสงอิเล็กตรอน (Electron beam) แล้วนำ Chlorhexidin diacetate ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ต้านทานจุลินทรีย์มาเชื่อมต่อกับหมู่อีพอกซี (Epoxy functional group) ของไกลซิديلเมทาไคลเลต พบว่าผ้าฝ้ายมีฤทธิ์ต้านทานจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans* และ *A. flavus* และงานวิจัยของ A. Helbesih และคณะ [2] ได้กราฟต์ไกลซิديلเมทาไคลเลต และไคโตซาน บนผ้าฝ้ายด้วยกระบวนการทางเคมี พบว่าผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาไคลเลต และไคโตซาน มีคุณสมบัติยับยั้งมากขึ้น

ไคโตซาน (Chitosan) ได้มาจากเปลือกกุ้งหรือปู ใช้เป็นสารต้านเชื้อรา และแบคทีเรียได้ เพราะหมู่อะมิโนของไคโตซานจะเข้าไปแทรกแซงกระบวนการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และเชื้อรา ได้หลายชนิด มีอัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และเชื้อรา ที่ดี และเร็ว มีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อมนุษย์ได้น้อย ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุที่ต้องสัมผัสกับผิวของ

มนุษย์ได้ เช่น เสื้อผ้าที่ใช้สำหรับคนไข้ในโรงพยาบาล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน มาใช้เป็นสารเคมีสำหรับกราฟต์บนผ้าฝ้าย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติยับยัก และต้านทาน จุลินทรีย์ได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย ด้วยกระบวนการฉายรังสีแกมมา เพื่อป้องกันการยับ แล้วกราฟต์โคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสีแกมมา ได้แก่ ปริมาณรังสี (Radiation Dose) อัตราปริมาณรังสี (Dose rate) และความเข้มข้นของไกลซีดิลเมทาโคลเลต กับตัวทำละลาย

1.3.2 ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกราฟต์ โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

1.3.3 ทดสอบการยับ การทนต่อแรงดึง และการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน

1.3.4 พิสูจน์เอกลักษณ์ของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน

1.3.5 ทดสอบคุณสมบัติความคงทนของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน หลังผ่านการซักล้างหลายรอบ

1.4 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี ข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ทดลองหาสถานะที่เหมาะสมของการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย ด้วยการฉายรังสีแกมมาแบบ Simultaneous irradiation แล้วพิสูจน์เอกลักษณ์ของของผ้าฝ้าย และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

1.4.3 ทดลองหาสถานะที่เหมาะสมของการกราฟต์ ไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทา-โคลเลต ด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา แล้วพิสูจน์เอกลักษณ์ของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน

1.4.4 ทดสอบการยับ การต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ ของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน

1.4.5 ทดสอบการยับ และการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์หลังผ่านการซัก 1 ถึง 2 ครั้ง ของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน

1.4.6 สรุปผลวิจัย เขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของผ้าฝ้ายให้ดีขึ้น ได้แก่ ยับยาก และต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ได้

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ และพริยะ แก่นทับทิม [3] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การตกแต่งผ้าฝ้ายทนต่อการยับย่น ต้านทานเชื้อรา และแบคทีเรีย ด้วยสารไกลออกซอล และไคโตซาน ได้ตกแต่งผ้าฝ้ายกับไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 110 กิโลดอลตัน ละลายในตัวทำละลายกรดกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ด้วยวิธีจุ่มอัด-อบแห้ง-อบผนึก (Pad-dry-cure) แล้วทดสอบความทนต่อการยับด้วยมาตรฐาน AATCC Test Method 66 - Wrinkle Recovery of Woven Fabric : Recovery Angle พบว่า การคืนตัวต่อการยับ (ยีน+ฟุง) สูงสุดเท่ากับ 196 องศา สำหรับการทดสอบการต้านทานเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* (แบคทีเรียแกรมลบ) ของผ้าฝ้ายตกแต่งไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 0.8 โดยมวลต่อปริมาตร ด้วยวิธี Shake flask method พบว่าสามารถต้านทานเชื้อ *K. pneumoniae* เท่ากับร้อยละ 44.4 และ 40.9 ตามลำดับ

2. สุกัญญา ยาเสร็จ [4] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่โดยเคลือบไคโตซานที่เตรียมจากการฉายรังสีแกมมา ได้ฉายรังสีแกมมาผงไคโตซานน้ำหนัก 500 กิโลดอลตัน ปริมาณรังสี 30, 50, 70, 90 และ 100 กิโลเกรย์ อัตราปริมาณรังสี 0.17 กิโลเกรย์ต่อนาที ทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง 492, 388, 284, 180, 76 และ 24 กิโลดอลตัน ตามลำดับ แล้วละลายไคโตซาน 1 กรัม ในสารละลายอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ได้สารละลายไคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร แล้วทดลองการเคลือบไข่ไก่สดด้วยการจุ่มในสารละลายไคโตซานนาน 5 วินาที พบว่าไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 492 กิโลดอลตัน เหมาะสมที่สุดในการเคลือบไข่ไก่ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 6 สัปดาห์ จากเดิมเพียง 2 สัปดาห์

3. A. Hebeish และคณะ [2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Synthesis and characterization of poly(acrylic acid) and poly(glycidyl methacrylate) chitosan graft copolymer and their application to cotton fabric. ได้กราฟต์โคโตซานกับพอลิไกลซิديلเมทาโคลเลต (Poly(GMA)-Chitosan) โดยใช้โพแทสเซียมโบรเมต ($KBrO_3$) เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (Initiator) แล้วนำ Poly(GMA)-Chitosan ไปแตกแต่งบนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิค จุ่มอัด-อบแห้ง-อบผนึก 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 นำผ้าฝ้ายจุ่มสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วจุ่มต่อในสารละลาย Poly(GMA)-Chitosan ทำให้แห้ง แล้วอบผนึกที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที วิธีที่ 2 คือนำผ้าฝ้ายจุ่มในสารละลาย Poly(GMA)-Chitosan แล้วจุ่มต่อในสารละลายกลูตาราลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) ทำให้แห้งแล้วอบผนึกที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมได้จากทั้งสองวิธีไปทดสอบการยับ (Wrinkle recovery test method) พบว่าองศาการคืนตัวต่อการยับของตัวอย่างที่เตรียมได้จากทั้งสองวิธีที่ 1 และ 2 ได้เท่ากับ 156 และ 123 องศา ตามลำดับ และผ้าฝ้ายเปล้ามีองศาการคืนตัวต่อการยับได้เท่ากับ 113 องศา ดังนั้นผ้าฝ้ายกราฟต์ Poly(GMA)-Chitosan ที่เตรียมได้ทั้งสองวิธีจึงทำให้ผ้าฝ้ายมีคุณสมบัติยับยักขึ้น

4. E.S. Abdel-Halim และคณะ [1] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Incorporation of chlorohexidin diacetate into cotton fabrics grafted with glycidyl methacrylate and cyclodextrin ได้กราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย ด้วยลำอิเล็กตรอน (Electron beam) แล้วนำไปวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของไกลซิديلเมทาโคลเลต ที่กราฟต์บนผ้าฝ้าย ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy ที่ย่านความถี่ 1500 – 650 เซนติเมตร⁻¹ พบพีคที่ความถี่ 3414, 2906, 1725, 1259 และ 1114 เซนติเมตร⁻¹ คือหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (OH) แอลิฟาติก (CH) เอสเทอร์ (C=O) อีเทอร์ (C-O, การยึด) และอีพอกซี (-C-O-C, epoxy) ตามลำดับ ซึ่งหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเป็นของไกลซิديلเมทาโคลเลต ดังนั้นจึงพิสูจน์ได้ว่าลำอิเล็กตรอนสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายได้ จากนั้นนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต ไปทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์เชื่อมกับ Chlorohexidin diacetate พบผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต และ Chlorohexidin diacetate สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *S. aureus*, *C. albicans* และ *A. flavus* ได้ดี

5. Ghanshyam S. Chauhan และคณะ [5] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Synthesis, characterization and metal ion sorption studies of graft copolymers of cellulose with glycidyl methacrylate and some comonomers ได้ทดลองการกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย โดยใช้เบนซออยล์เปอร์ออกไซด์ (Benzoyl Peroxide) เข้มข้น 0.05 โมลาร์ เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา ในปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของผ้าฝ้ายกับไกลซิديلเมทาโคลเลต จะมีโฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) ของไกลซิديلเมทาโคลเลต เกิดขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องสกัดโฮโมพอลิเมอร์ของไกลซิديلเมทาโคลเลต ด้วย เอทิล เมทิล คีโตน (Ethyl Methyl Ketone) และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต มีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุดเท่ากับ 54.04

แล้วศึกษาการทำปฏิกิริยาการกราฟต์ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ร่วมกับโคโมโนเมอร์บางชนิด ได้แก่ Acrylonitrile, Acrylamide และ Acrylic acid พบว่าตัวอย่างสามารถดูดซับไอออนโลหะ Fe^{2+} , Cu^{2+} และ Cr^{6+} ได้

6. Hesham H. Sokker และคณะ [6] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Radiation-induced grafting of glycidyl methacrylate onto cotton fabric waste and its modification for anchoring hazardous wastes from their solutions ได้ศึกษาการกราฟต์โคพอลิเมอร์-เซชัน (Graft copolymerization) ด้วยรังสีแกมมาแบบ Simultaneous Irradiation ของผ้าฝ้ายเหลือทิ้งที่กำจัดแปรง และสารเจือปนออกแล้วกับไกลซิดิลเมทาโคลเลต พบว่าอิทธิพลความเข้มข้นของไกลซิดิลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 15 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ในสารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วน 60:40 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำลายไกลซิดิลเมทาโคลเลต ที่ปริมาณรังสี 1 กิโลเกรย์ และอัตราปริมาณรังสี 0.01 กิโลเกรย์ต่อนาที ให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุดเท่ากับ 50 แล้วทดลองการเปลี่ยนหมู่ฮิพอกซีของไกลซิดิลเมทาโคลเลต ที่กราฟต์บนผ้าฝ้ายเป็น Triethylamine ด้วยสาร Triethylamine พบว่าตัวอย่างสามารถดูดซับโคบอลต์ (Co) สารสีที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Acidic dye) ไดโครเมต (Didromate, $Cr_2O_7^{2-}$) และฟีนอล (Phenol) ได้

7. M. Yakup Arica และคณะ [7] Chitosan-Grafted Poly(hydroxyethyl methacrylate-co-glycidyl methacrylate) Membranes for Reversible Enzyme Immobilization ได้เตรียม Poly(hydroxyethyl methacrylate-co-glycidyl methacrylate) หรือ p(HEMA/GMA) ด้วยกระบวนการฉายรังสียูวี (Ultraviolet radiation, UV) แล้วกราฟต์ต่อกับไคโตซานโดยนำ p(HEMA/GMA) ผสมกับสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ (Acetate Buffer) pH 4.6 เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 2 ชั่วโมง แล้วย้ายไปผสมต่อกับสารละลายไคโตซาน ปรับอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า อุณหภูมิ 12 ชั่วโมง หมู่ฮิพอกซีของไกลซิดิลเมทาโคลเลต ที่กราฟต์บน HEMA จะเชื่อมต่อกับหมู่อะมิโนของไคโตซานได้ (p(HEMA/GMA)-CH) การคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบน p(HEMA/GMA) ทำได้โดยการวัดความเข้มข้นของไคโตซานที่สกัดออกจาก p(HEMA/GMA)-CH เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานก่อนกราฟต์กับ p(HEMA/GMA) โดยนำ p(HEMA/GMA)-CH ผสมสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4 เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 2 วัน ไคโตซานจะถูกสกัดออกมาจาก p(HEMA/GMA)-CH แล้ววัดความเข้มข้นของไคโตซานที่ละลายในอะซิเตตบัฟเฟอร์ ด้วยเทคนิคการไตเตรตด้วยการวัดศักย์ไฟฟ้า (Potentiometric Titration) แล้วนำไปศึกษาการดูดซับไอออน Fe^{3+} บนพื้นผิวของ p(HEMA/GMA)-CH พบว่าตัวอย่างมีประโยชน์ใช้เป็นตัวตรึงเอนไซม์ (Enzyme immobilization) และต้านทานเชื้อจุลินทรีย์

8. R. Czechowska-Biskup และคณะ [8] Determination of Degree of Deacetylation of Chitosan Comparison of Method ได้ศึกษาวิธีวิเคราะห์ Degree of deacetylation (%DD) ของไคโตซาน ด้วยเทคนิค UV-Visible spectroscopy การศึกษาการ

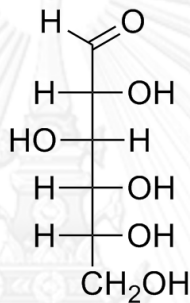
เลียนแบบโมเลกุลของโคโตซานในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง ทำได้โดยการนำ N-acetyl-D-glucosamine ผสมกับ D-(+)-glucosamine ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง โดยระดับความเข้มข้นของสารผสม N-acetyl-D-glucosamine กับ D-(+)-glucosamine จะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ %DD และสามารถเปรียบเทียบกับ %DD ของโคโตซานได้ นำสารละลายผสมของ N-acetyl-D-glucosamine กับ D-(+)-glucosamine มาเป็นสารมาตรฐาน (ความเข้มข้นของสารผสมทั้งสองทราบค่า %DD แล้ว) ไปวัดค่าดูดกลืนแสงยูวี ด้วยเทคนิค UV-Visible spectroscopy พบว่าสารละลายผสมทั้งสองจะดูดกลืนรังสียูวีสูงสุดที่ความยาวคลื่น 203 นาโนเมตร แล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นของ %DD กับค่าดูดกลืนแสงยูวีเป็นกราฟมาตรฐาน การทดลองการวิเคราะห์ %DD ของโคโตซาน โดยนำสารละลายโคโตซานวัดค่าดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 203 นาโนเมตร แล้วเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อคำนวณ %DD

บทที่ 2

ทฤษฎี

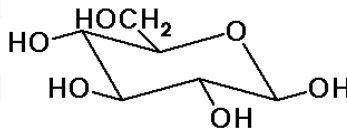
2.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารประกอบพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharides) โดยโครงสร้างเคมีพื้นฐานของเซลลูโลส คือ Mono-saccharine D-glucose มีสูตรโมเลกุลทั่วไป คือ $(C_6H_{12}O_6)$ โครงสร้างของเซลลูโลสมีหลายรูปแบบ เช่นโครงสร้างแบบก้างปลา (Fischer) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างแบบก้างปลาของ D-glucose [9]

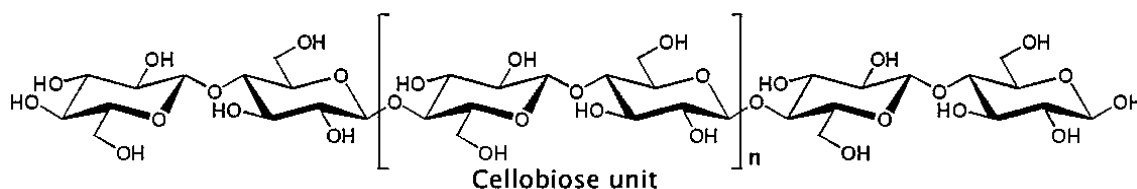
หรือโครงสร้างการจัดเรียงตัวของหน่วยมอโนเมอร์ D-glucose อาจปรากฏจัดเรียงตัวแบบเก้าอี้ (Chair form) ดังภาพ 2.2



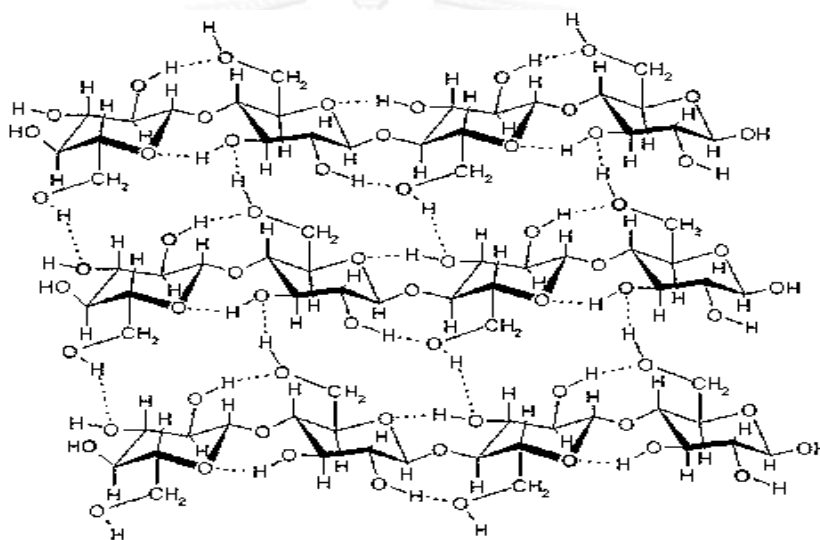
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างแบบเก้าอี้ของ D-glucose [10]

เซลลูโลส (ภาพที่ 2.3) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างพืช มีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ (ภาพที่ 2.4) แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสจึงมีมาก และโครงสร้างของเซลลูโลสมีการจัดเรียงตัวในลักษณะผลึกที่เป็นระเบียบ (Crystalline) อุณหภูมิการหลอมตัวจึงสูงมาก และมีความสามารถในการละลายต่ำ เซลลูโลส

ธรรมชาติจะมีน้ำหนักเฉลี่ยที่ต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลเซลลูโลส [11]

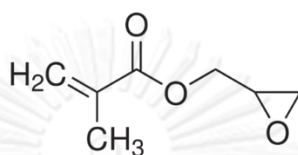


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างพอลิเมอร์แบบร่างแหของเซลลูโลส [12]

เมื่อนำเส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติมาทอเป็นผ้าฝ้าย เช่น ผ้าฝ้าย จะมีแนวโน้มเกิดรอยยับได้ง่ายกว่าเส้นใยสังเคราะห์หลังผ่านการซักล้าง เนื่องจากเส้นใยฝ้ายมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีกว่าเส้นใยสังเคราะห์ เมื่อนำผ้าฝ้ายไปผ่านการซักล้าง พันธะไฮโดรเจนของเซลลูโลสในผ้าฝ้ายจะแตกหักแล้วสร้างใหม่อีกครั้ง แต่พันธะไฮโดรเจนจะไม่เชื่อมต่อกันที่ตำแหน่งเดิม จึงเป็นสาเหตุให้ผ้าฝ้ายเกิดรอยยับง่ายขึ้น ดังนั้นการเติมสารตกแต่งใด ๆ เพื่อสร้างความแข็งแรงกับพันธะไฮโดรเจนหรือป้องกันการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้าย จึงเป็นทางเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพยับยัก

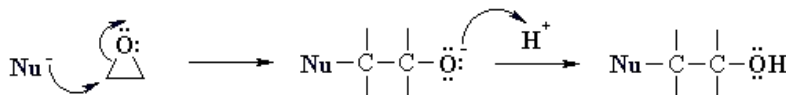
2.2 ไกลซีดิลเมทาไคลเลต

ไกลซีดิลเมทาไคลเลต หรือ 2,3-Epoxypropyl methacrylate (ภาพที่ 2.5) เป็นของเหลวใสไม่มีสี เป็นมอนอเมอร์ที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันสำคัญคือ อีพอกซี (-C-O-C, Epoxy) ซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา



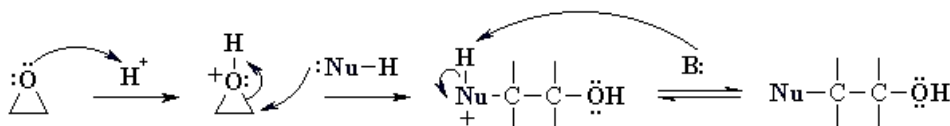
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างไกลซีดิลเมทาไคลเลต [13]

กลไกการเปิดวงแหวนอีพอกซี ด้วยสารกลุ่ม Strong Nucleophile เป็นปฏิกิริยาแบบ S_N2 เกิดขึ้นทั่วไปในสารละลายเบส โดยประจุลบของสารนิวคลีโอไฟล์จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของวงแหวนอีพอกซี ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 กลไกการเปิดวงแหวนอีพอกซี S_N2 [14]

กลไกการเปิดวงแหวนอีพอกซี ด้วยสารกลุ่ม Weak Nucleophile เป็นปฏิกิริยาแบบ S_N1 เกิดขึ้นขึ้นทั่วไปในสารละลายกรด โดยประจุบวกของสารนิวคลีโอไฟล์จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของวงแหวนอีพอกซี ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กลไกการเปิดวงแหวนอีพอกซี S_N1 [14]

2.2.1 การบ่งลักษณะ (Identification)

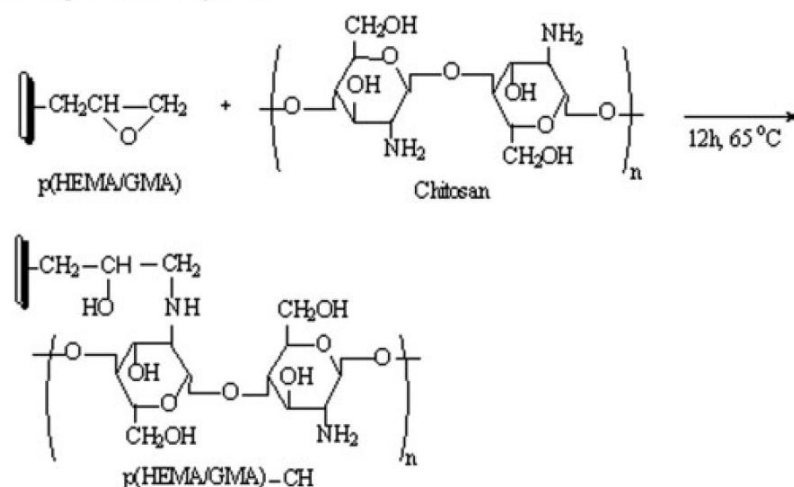
- | | |
|--------------------|-------------------------------------|
| (1) ชื่อสามัญ | Glycidyl Methacrylate (GMA) |
| (2) ชื่อเคมี | 2,3-Epoxypropyl methacrylate |
| (3) ชื่ออื่น | Glycidyl alpha-methylacrylate |
| | 1-Propanol, 2,3-epoxy-,methacrylate |
| (4) น้ำหนักโมเลกุล | 142.15 กรัมต่อโมล |

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

- | | |
|------------------------------|---|
| (1) สถานะ | ของเหลวใสไม่มีสี |
| (2) จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง | -41.5 องศาเซลเซียส |
| (3) จุดเดือด | 189 องศาเซลเซียส |
| (4) จุดวาบไฟ | 76 องศาเซลเซียส ในระบบปิด |
| (5) ความดันไอ | 45 hPa ที่ 100 องศาเซลเซียส |
| (6) ความถ่วงจำเพาะ | 1,042 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ที่อุณหภูมิห้อง |

กลไกการเปิดวงแหวนของหมู่เอพอกซีดังกล่าว ทำให้สามารถเปลี่ยนเป็นหมู่ฟังก์ชันอื่นได้ง่าย หรือนำสารอื่นมากราฟต์ที่ตำแหน่งหมู่เอพอกซีได้ จากงานวิจัยของ M. Yakup Arica และคณะ [7] ได้นำ p(HEMA/GMA) ผสมในสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ เขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 2 ชั่วโมง แล้วย้าย p(HEMA/GMA) มาผสมกับสารละลายไคโตซาน เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร แล้วอุ่น p(HEMA/GMA) ในสารละลายไคโตซานที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า นาน 12 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าหมู่อะมิโนของไคโตซานจะเชื่อมต่อกับหมู่เอพอกซีของ p(HEMA/GMA) ได้ ดังภาพที่ 2.8 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ ไกลซิดีล-เมทาไครเลต เป็นมอนอเมอร์สำหรับการกราฟต์บนผ้าฝ้าย ด้วยกระบวนการฉายรังสีแกมมา หรือกระบวนการทางเคมี เพื่อทดลองเชื่อมต่อกับหมู่อะมิโนของไคโตซานกับหมู่เอพอกซีของไกลซิดีล-เมทาไครเลต

a) Grafting of membrane by chitosan



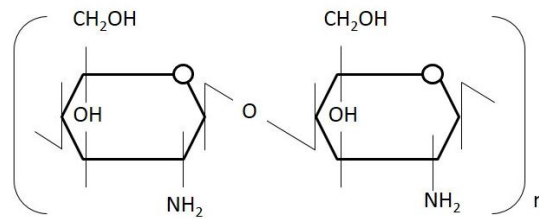
ภาพที่ 2.8 กลไกการเชื่อมต่อหมู่อะมิโนของไคโตซานกับหมู่อีพอกซีของ p(HEMA/GMA) [7]

2.3 ไคโตซาน

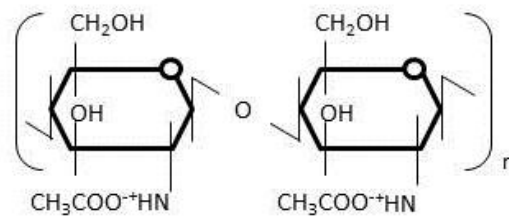
2.3.1 สมบัติทั่วไป

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นอนุพันธ์ของไคตินซึ่งพบในเปลือกนอกของสัตว์พวก กุ้ง ปู แมลง และเชื้อรา มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว คือ ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ พอลิเมอร์ไคโตซานจะมีอนุเมอร์ของ D - glucosamine เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเตรียมได้จากการดัดแปรไคตินด้วยวิธีการขจัดหมู่อะซิติล ($-\text{CO}-\text{CH}_3$) หรือกระบวนการดีอะเซทิลเลชัน (Deacetylation) ที่ตำแหน่งที่สองของวงแหวนน้ำตาลของไคตินจนเหลือเป็นหมู่อะมิโนอิสระ ($-\text{NH}_2$)

ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า $\text{poly}\beta(1,4)\text{-2-deoxy-D-glucose}$ เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภท Macromolecule Linear Polysaccharide ต่อกันด้วยพันธะ $1,4\text{-}\beta\text{-glycoside}$ ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติเป็น Cationic Polyelectrolyte เนื่องจากมีหมู่อะมิโน ($-\text{NH}_2$) ที่ตำแหน่งคาร์บอนที่สอง (ภาพที่ 2.9) ทำให้ไคโตซานสามารถละลายได้ในสารละลายกรด เช่น สารละลายกรดอินทรีย์ต่าง ๆ กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง กรดไนตริกเจือจาง (ภาพที่ 2.10) โดยประจุบวก (NH_4^+) บนโครงสร้างไคโตซานสามารถเกิดปฏิกิริยากับประจุลบของสารประกอบอินทรีย์ เช่น โพรตีน และกรดนิวคลีอิก ทำให้ได้ประจุไฟฟ้าที่เป็นกลาง



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลไคโตซาน

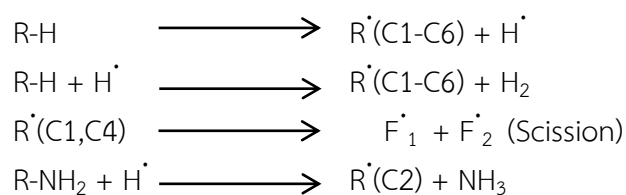


ภาพที่ 2.10 โครงสร้างโมเลกุลไคโตซานทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก

2.3.2 การเสื่อมสลายไคโตซานด้วยการฉายรังสี

การเสื่อมสลายไคโตซานเป็นกลไกทางกายภาพมีลักษณะเช่นเดียวกับโมเลกุลอินทรีย์อย่างง่ายทั่วไป คือ เกิดแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) และเกิดสภาวะกระตุ้น (Excitation) ของโมเลกุลพอลิเมอร์ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นโดยตรง (Direct effect) เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่ำกว่า 10^{-2} วินาที ทั้งไอออนและผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสภาวะกระตุ้น จะทำให้เกิดกลไกการตัดขาดของสายโซ่ (Scission) ของพันธะเคมีภายในระยะเวลาสั้น ๆ คือ 10^{-6} วินาที ผลทำให้เกิดอะตอมของไฮโดรเจน และอนุมูลอิสระที่คาร์บอนตำแหน่งกลาง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ธรรมชาติของพอลิเมอร์ สภาวะแวดล้อม และสภาวะของการฉายรังสี เช่น อัตราปริมาณรังสี และปริมาณรังสี โดยปกติการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญเนื่องจากการเหนี่ยวนำด้วยรังสี คือการเกิดโครงร่างแหสามมิติ (Crosslinking) การเกิดการตัดสายโซ่หลัก (Main chain scission) และ การเสื่อมสลาย (Degradation) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของพอลิเมอร์

กลไกการเสื่อมสลายของไคโตซานที่ฉายรังสีในสภาวะของแข็ง สามารถทำได้ดังนี้

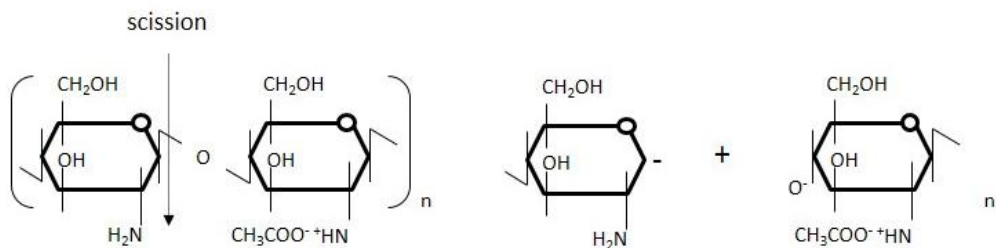


R-H และ R-NH₂ คือ Chitosan macromolecule

R·(C_n) คือ Chitosan macroradical ที่ตำแหน่งอะตอมคาร์บอน C_n

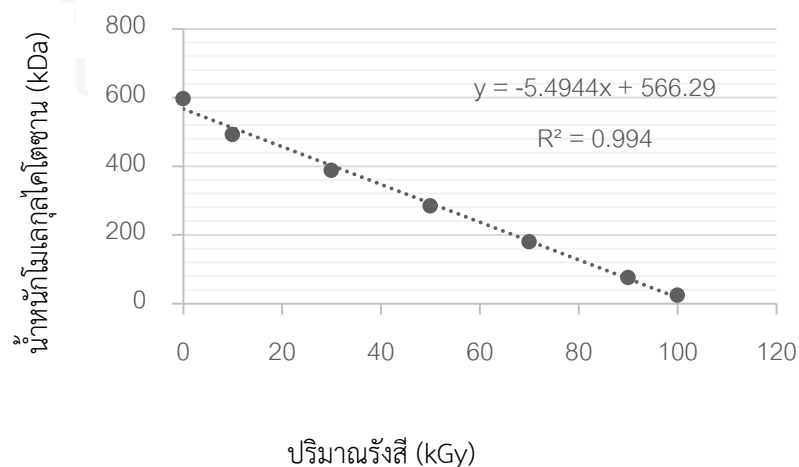
F₁, F₂ คือ Fragment ของสายโซ่หลักที่เกิดจากการตัดโซ่

จากกลไกดังกล่าวมีเพียงส่วน Macroradical (ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง C1 และ C4) ที่จะเปลี่ยนรูปและนำไปสู่การเกิดการตัดของสายโซ่ที่ตำแหน่ง 1-4 glycosidic bond ซึ่งถือว่าการตัดของสายโซ่ที่สมดุล ดังภาพที่ 2.11

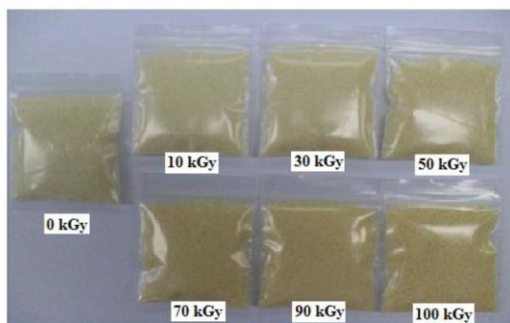


ภาพที่ 2.11 การตัดสายโซ่ของไคโตซานพอลิเมอร์

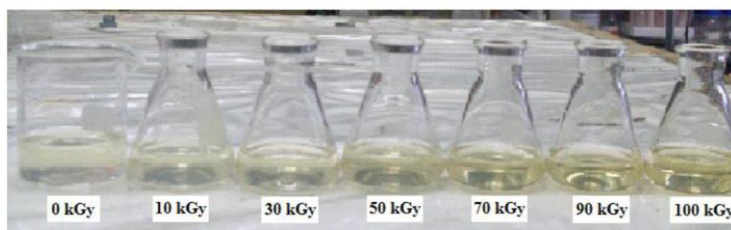
งานวิจัยของ สุภัญญา ยาเสร็จ [4] ได้นำไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 500 กิโลดอลตัน และมี %DD เท่ากับ 90 มาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 30, 50, 70, 90, และ 100 กิโลเกรย์ อัตราปริมาณรังสี 0.17 กิโลเกรย์ต่อนาที พบว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานลดลงเหลือ 492, 388, 284, 180, 76 และ 24 กิโลดอลตัน ตามลำดับ โดยปริมาณรังสีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานด้วยค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด(Coefficient of Determination, R²) เท่ากับ 0.995 ดังภาพที่ 2.12 และยังพบอีกว่าสมบัติทางกายภาพของไคโตซานหลังผ่านการฉายรังสีไม่เปลี่ยนแปลง แต่สีของไคโตซานจะเข้มขึ้นเมื่ออยู่ในรูปสารละลาย โดยมีสารละลายอะซิติคเจือจางเป็นตัวทำละลาย ดังภาพที่ 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของปริมาณรังสีกับน้ำหนักโมเลกุลของไคซาน [4]



ภาพที่ 2.13 ผงไคโตซานหลังผ่านการฉายรังสีแกมมา ปริมาณรังสีเท่ากับ 10, 30, 50, 70, 90 และ 100 กิโลเกรย์ ตามลำดับ [4]



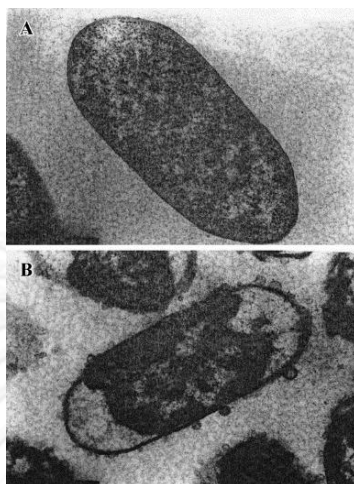
ภาพที่ 2.14 ไคโตซานหลังผ่านการฉายรังสี 10, 30, 50, 70, 90 และ 100 กิโลเกรย์ นำมาละลายในสารละลายกรดอะซิติกเจือจาง [4]

จากรายงานวิจัยของ สุกัญญา ยาเสร็จ [4] แสดงให้เห็นว่าการลดน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานด้วยวิธีการเชื่อมสลายไคโตซานด้วยการฉายรังสีแกมมาเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ไม่ก่อให้เกิดการเจือปนของสารเคมีอื่น ๆ และน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับปริมาณรังสี ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ไคโตซาน ซึ่งมีสถานที่ และขั้นตอนการผลิตแบบเดียวกันกับงานวิจัยของ สุกัญญา ยาเสร็จ [4] มาใช้ในการทดลอง เพราะมีสะดวกในการเลือกใช้น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานที่เหมาะสมในการทดลองกราฟต์ไคโตซาน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลตและไคโตซาน ที่ทดลองได้นี้

2.3.3 ฤทธิ์ต้านทานจุลินทรีย์

กลไกการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วยไคโตซานมีสองประการ ได้แก่ ประการแรก เพราะสภาวะความเป็นกรดอ่อนของไคโตซาน ทำให้สภาพของไคโตซานเป็นประจุบวก แล้วจะจับกับประจุลบบนเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียได้ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียขาดคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน ประการที่สองคือ โมเลกุลของไคโตซานสามารถเจาะทะลุเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ของเหลวและออร์แกเนลล์ (Organelle) รั่วไหลออกมา จนแบคทีเรียตายไปในที่สุด การศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียสองชนิด ได้แก่ *E. coli* และ *S. aureus* กับไคโตซาน พบว่า มีการรั่วไหลของ Alkaline phosphatase, G-6-P dehydrogenase และนิวคลีโอไทด์ สามารถเห็น

ปฏิกิริยาดังกล่าวด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope, TEM) ดังภาพที่ 2.15 จากหลักฐานดังกล่าวจึงสามารถพิสูจน์สมมติฐานการออกฤทธิ์เป็นสารต้านทานจุลินทรีย์ของโคโตซานได้ (Chung YC และคณะ, 2004 [15])



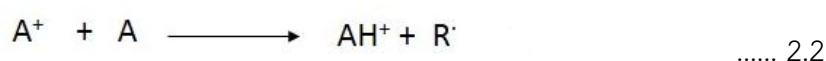
ภาพที่ 2.15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ของ *E. coli* หลังสัมผัสโคโตซานนาน 4 ชั่วโมง [15]

น้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของโคโตซาน มีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดแกรมบวก และลบ พบว่า หากน้ำหนักโมเลกุลของโคโตซานเพิ่มขึ้น จะสามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรียชนิด *S. aureus* (แบคทีเรียชนิดแกรมบวก) มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากโมเลกุลขนาดใหญ่ของโคโตซานจะขัดขวางการดูดซึมอาหารของแบคทีเรียชนิดแกรมบวกได้ หากน้ำหนักโมเลกุลโคโตซานลดลง จะสามารถต้านทานเชื้อ *E. coli* (แบคทีเรียชนิดแกรมลบ) มากขึ้น เนื่องจากโมเลกุลขนาดเล็กของโคโตซานสามารถแทรกเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียชนิดแกรมลบได้ ทำให้รบกวนต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรีย จะพบสารละลายโคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 305 กิโลดอลตัน ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร สามารถต้านทานเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ได้สมบูรณ์ (Zheng LY. และคณะ, 2003 [16])

จากข้อมูลดังกล่าว ในงานวิจัยนี้นอกจากต้องทดลองหาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุดของโคโตซานกราฟต์บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลตแล้ว การเลือกใช้น้ำหนักโมเลกุลโคโตซานที่เหมาะสมยังมีความสำคัญต่อการออกฤทธิ์เป็นสารต้านทานจุลินทรีย์ด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ น้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 305 กิโลดอลตัน เพื่อให้ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซานมีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต้านทานจุลินทรีย์ได้มากที่สุด

2.4 กระบวนการพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีแกมมา

การฉายรังสีแกมมาสารประกอบอินทรีย์ โมเลกุลจะถูกกระตุ้นให้แตกตัวเป็นไอออนและอนุมูลอิสระ ดังสมการที่ 2.1 – 2.3



เมื่อ	A	คือ สารประกอบอินทรีย์
	A ⁺	คือ ไอออนของสารประกอบอินทรีย์
	A [*]	คือ สารประกอบอินทรีย์ในสถานะกระตุ้น
	R [·]	คือ อนุมูลอิสระ (Free radicle)
	e ⁻	คือ อิเล็กตรอน

จากสมการ 2.1 – 2.3 พบว่า กระบวนการพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสี ก่อให้เกิดไอออนของพอลิเมอร์ หรืออนุมูลอิสระก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและเงื่อนไขอื่น ๆ ของพอลิเมอร์ ส่วนใหญ่อนุมูลอิสระหรือไอออนบนพอลิเมอร์จะเสถียรเมื่อกระบวนการพอลิเมอไรเซชันเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ

ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 Initiation

การเริ่มปฏิกิริยาลูกโซ่ ดังสมการ ที่ 2.4 – 2.6

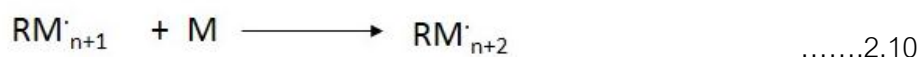
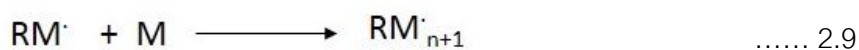
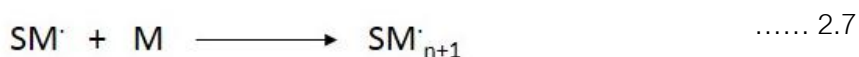


เมื่อ	SH	คือ Scavenger หรือพอลิเมอร์ว่องไวต่ออนุมูลอิสระ
	R [·]	คือ อนุมูลอิสระ
	M	คือ มอนอเมอร์
	SM [·]	คือ สายโซ่พอลิเมอร์
	RM [·]	คือ สายโซ่ของอนุมูลอิสระ

จากสมการ 2.4 - 2.6 พบว่าอนุมูลอิสระที่ได้เกิดจากการฉายรังสีแกมมา สามารถเกิดปฏิกิริยาร่วมกับพอลิเมอร์ และอนุมูลอิสระสามารถเกิดปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ได้ด้วย

2.4.2 Propagation

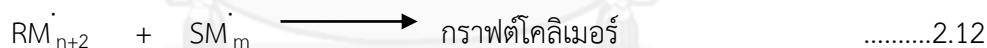
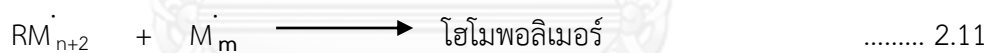
เป็นขั้นตอนการเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์มากกว่า 1 เข้ากับสายโซ่ของพอลิเมอร์เมอร์ และการรวมตัวของอนุมูลอิสระกับมอนอเมอร์มากกว่า 1 ตัว ดังสมการ 2.7 - 2.10



เมื่อ n แทนจำนวนใด ๆ

2.4.3 Termination

เป็นปฏิกิริยาที่อนุมูลอิสระหมดความว่องไว หรือหมดสภาพในการทำปฏิกิริยาต่อ การสิ้นสุดของอนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้สองวิธี ดังสมการที่ 2.11 และ 2.12

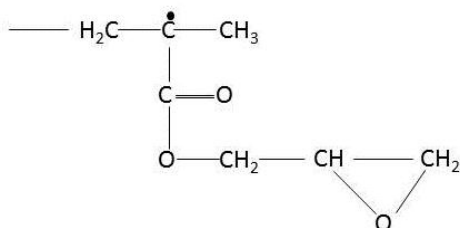


เมื่อ $M\cdot_m$ คือ มอนอเมอร์ตัวสุดท้ายที่เข้าทำปฏิกิริยา

$SM\cdot_m$ คือ สายโซ่ของพอลิเมอร์อิมตัว

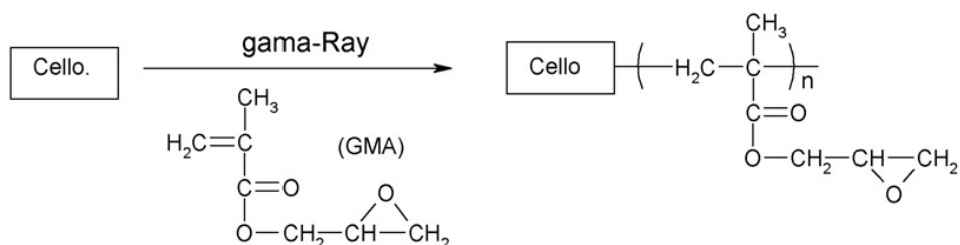
การสิ้นสุดปฏิกิริยาโดยวิธีที่ 1 (สมการ 2.11) คือการรวมตัวของสายโซ่ของอนุมูลอิสระกับมอนอเมอร์จนอิมตัวกลายเป็นโพลิเมอร์ หรือวิธีที่ 2 (สมการที่ 2.12) คือการกราฟต์โคโพลิเมอร์ของสายโซ่ของอนุมูลอิสระกับสายโซ่ของพอลิเมอร์

สำหรับไกลซิติดเมทาโคลเลต เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เมื่อถูกฉายรังสีแกมมาจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radical) ที่ตำแหน่งของ C (ภาพที่ 2.16) แล้วเกิดกระบวนการพอลิเมอร์-เซชันแบบลูกโซ่โดยไกลซิติดเมทาโคลเลตจะต่อกันเองแบบหัวต่อหาง เพิ่มความยาวไปเรื่อย ๆ เกิดเป็นโพลิเมอร์ของไกลซิติดเมทาโคลเลต



ภาพที่ 2.16 กลไกการเกิดอนุมูลอิสระของไกลซีดิลเมทาไคลเลต

การเกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์เซชันระหว่างเซลลูโลสกับไกลซีดิลเมทาไคลเลต เกิดขึ้นได้โดยโมเลกุลของเซลลูโลส และไกลซีดิลเมทาไคลเลตได้รับพลังงานรังสีแกมมา จะก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ก่อให้เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์เซชันระหว่างเซลลูโลสกับไกลซีดิลเมทาไคลเลต แบบลูกโซ่ ดังทฤษฎีข้อ 2.4.1 ถึง 2.4.3 ไกลซีดิลเมทาไคลเลต ปริมาณมากเกินไป จะสามารถกราฟต์บนโมเลกุลเซลลูโลสของผ้าฝ้ายได้สมบูรณ์ โดยจะพบโครงสร้างได้ (Hesham H. Sokker และคณะ, 2009 [6]) ดังภาพที่ 2.17 หลังจากกระบวนการเสร็จสิ้นจะเกิดโฮโมพอลิเมอร์ของไกลซีดิลเมทาไคลเลตด้วย ดังนั้นการสกัดโฮโมพอลิเมอร์ของไกลซีดิลเมทาไคลเลต ด้วยตัวทำละลายเหมาะสมจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโฮโมพอลิเมอร์ไกลซีดิลเมทาไคลเลต ได้แก่ เอทิล เมทิล คีโตน (Ghanshyam S. Chauhan และคณะ 2004 [5])



ภาพที่ 2.17 กลไกการกราฟต์ของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาไคลเลตด้วยการฉายรังสีแกมมา [6]

2.5 เทคนิคกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการฉายรังสี

เทคนิคกราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการฉายรังสี ถูกแบ่งออกเป็น 2 เทคนิค (ภาพที่ 2.18) คือ

2.5.1 Simultaneous irradiation technique หรือ Mutual irradiation technique

เป็นเทคนิคพื้นฐานการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยรังสี โดยนำพอลิเมอร์ และมอนอเมอร์ ฉายรังสีพร้อมกัน ซึ่งมอนอเมอร์จะอยู่ในสถานะก๊าซ หรือของเหลว สภาวะในระบบอาจอยู่ในสภาพ

ก๊าซออกซิเจน สูญญากาศ หรือก๊าซเฉื่อย อัตราการกราฟต์เป็นส่วนโดยตรงกับปริมาณรังสี สำหรับความเข้มข้นของมอนอเมอร์ และปริมาณรังสีจะเป็นตัวกำหนดความยาวของโซ่กิ่งมอนอเมอร์ ส่วนอัตราปริมาณรังสีจะเป็นตัวกำหนดความว่องไวของพื้นที่เกิดปฏิกิริยา มอนอเมอร์ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์จะจับตัวกันเองเป็นโฮโมพอลิเมอร์

2.5.2 Pre-irradiation technique

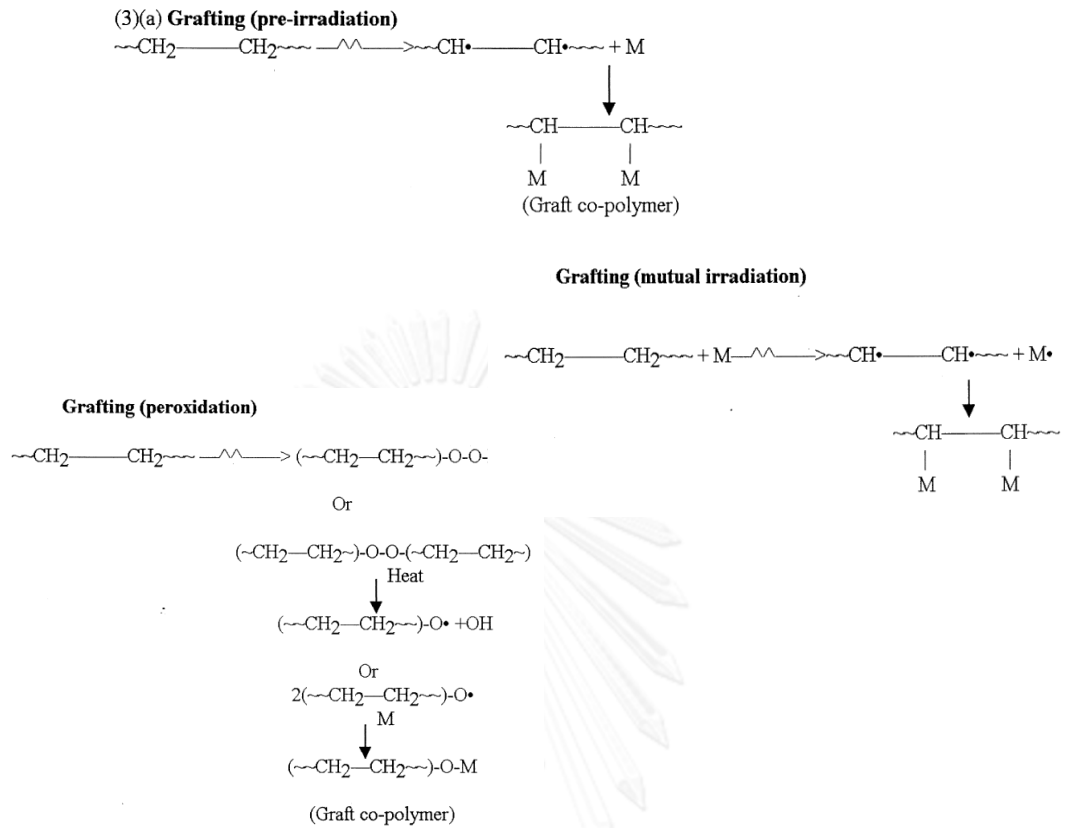
เป็นเทคนิคที่นิยมน้อยกว่า เนื่องจากมีวิธีการเตรียมยุ่งยาก และต้องควบคุมอุณหภูมิ เทคนิคนี้ยังแบ่งได้อีกสองชนิด ได้แก่

2.5.2.1 Preoxidizes technique

เกิดจากการนำพอลิเมอร์ฉายรังสีในสภาวะบรรยากาศออกซิเจน โมเลกุลของพอลิเมอร์จะดูดกลืนพลังงานของรังสีทำให้เกิด Hydroperoxide หรือ Peroxide เรียกว่าระยะ Intermediate peroxy product อนุมูลอิสระภายในโมเลกุลของพอลิเมอร์จะอยู่ในสภาวะเสถียรไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ได้ หลังจากฉายรังสีพอลิเมอร์แล้วจะนำมาผสมกับมอนอเมอร์ละลายหรือไม่ละลายในตัวทำละลาย อุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียส ในสภาวะบรรยากาศออกซิเจน จะทำให้ Hydroperoxide แตกตัวเป็น Hydroxyl radical แล้วเกิดการกราฟต์กับมอนอเมอร์ ข้อดีของการกราฟต์ด้วยเทคนิคนี้คือระยะ Intermediate peroxy product สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานก่อนที่จะทำการกราฟต์ต่อไป และจะไม่เกิดโฮโมพอลิเมอร์เนื่องจากไม่ได้นำมอนอเมอร์มาฉายรังสีด้วย

2.5.2.2 Trapped radical

เทคนิคนี้ทำได้โดยการนำพอลิเมอร์ไปฉายรังสีในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่พอลิเมอร์ เรียกว่า Trapped กระจายตัวอยู่ทั่วพอลิเมอร์ เมื่อฉายรังสีเป็นระยะเวลานาน จะเกิด Trapped หนาแน่นทั่วถึงทั้งพอลิเมอร์ซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา การแพร่กระจายของมอนอเมอร์จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อระดับการกราฟต์



ภาพที่ 2.18 เทคนิคการกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชันด้วยการฉายรังสี [17]

2.5.3 การคำนวณประสิทธิภาพการกราฟต์

ประสิทธิภาพการกราฟต์คำนวณได้ ดังสมการที่ 2.13

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (\%)} = [(w_1 - w_0)/w_0] \times 100 \quad \dots\dots 2.13$$

เมื่อ w_0 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าฝ้ายก่อนกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชัน

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าฝ้ายหลังกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชัน และสกัดไฮโมพอลิเมอร์แล้ว

เทคนิคการกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชันด้วยรังสีแบบ Simultaneous irradiation เป็นเทคนิคที่ให้ประสิทธิภาพการกราฟต์สูงขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของมอนอเมอร์ เทคนิคดังกล่าวจึงเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ เพราะผ้าฝ้ายสามารถนำมาจุ่มอยู่ในสารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต แล้วถูกฉายรังสีแกมมาในสภาพบรรยากาศไนโตรเจน ดังนั้นปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชันของไกลซีดีล-เมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย จึงมีโอกาสดำเนินขึ้นทั่วทั้งพื้นผิว และเนื้อในของผ้าฝ้าย

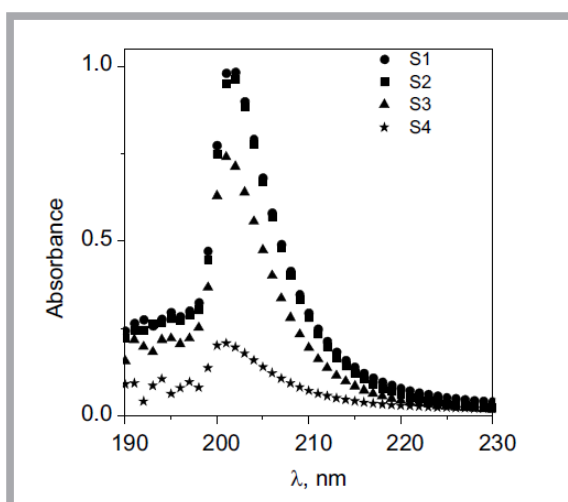
2.6 เทคนิค UV-visible spectroscopy

เทคนิค UV-visible spectroscopy อาศัยหลักการพื้นฐานการดูดกลืนรังสียูวีในช่วงความยาวคลื่นต่างกันของโมเลกุลใด ๆ สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพ และปริมาณ ตามกฎของ Beer's law ดังสมการที่ 2.14

$$A = \epsilon bc \quad \dots\dots\dots 2.14$$

- เมื่อ A คือ ค่าดูดกลืนแสง (Absorbance)
 ϵ คือ molar absorptivity ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$)
 b คือ path length
 c คือ ความเข้มข้นของสารที่นำมาวิเคราะห์ ($mol^{-1} \cdot L^{-1}$)

จากรายงานวิจัยของ R. Czechowska-Biskup และคณะ [8] ได้ศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงยูวีของตัวอย่างไคโตซาน S₁, S₂, S₃ และ S₄ ซึ่งมี %DD เท่ากับ 80.14, 82.55, 90.55 และ 100.29 ตามลำดับ ทุกตัวอย่างจะพบพีคชัดเจนที่ความยาวคลื่น 203 นาโนเมตร (ภาพที่ 2.19) ดังนั้นการวิเคราะห์ไคโตซานด้วยเทคนิค UV-Visible spectroscopy จึงสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิเคราะห์หาไคโตซานที่เกาะอยู่บน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิติลเมทาโคลเลต และไคโตซานได้



ภาพที่ 2.19 สเปกตรัมยูวีของไคโตซาน [14]

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 รายการวัสดุอุปกรณ์

1. ขวดก้นกลม
2. เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
3. คอนเดนเซอร์ (Condenser)
4. โถดูดความชื้น
5. แท่งแม่เหล็กกวนสารละลาย
6. กระจกชลิทมัส
7. ตู้อบความร้อน
8. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
9. ผ้าฝ้ายดิบ 100%
10. ปีกเกอร์
11. กระจกนาฬิกา
12. คีม
13. ปิเปต
14. กระจกตวง
15. Volumetric flask 100 ml
16. เครื่องฉายรังสีแกมมา Co-60 Gammacell 220 excel. Canada
17. เครื่องเขย่าสารละลายรุ่น Gerhardt Ambient Orbital Laboratory Shaker - RO500. U.K.
18. เครื่อง Fourier transform infrared spectrometer (FT-IR) รุ่น TENSOR 27, Bruker Germany
19. เครื่อง Scanning electron microscope (SEM) รุ่น JEOL JSM-6400 Scanning Electron Microscope. Japan
20. เครื่อง UV-visible Scanning spectrophotometer รุ่น A115. Japan

3.2 รายการสารเคมี

1. เอทานอล, ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์, ประเทศไทย
2. เมทานอล, J.T. BAKER, Malaysia
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์, Merk, Germany

4. โซเดียมอะซิเตต, ศึกษาศึกษาภัณฑ์พาณิชย์, ประเทศไทย
5. เอทิล เมทิล คีโตน, J.T. BAKER, Malaysia
6. ไกลซีดีลเมทาโคลเลต, ALDRICH, Singapore
7. กรดกรดอะซิติก, J.T. BAKER, Malaysia
8. ผงโคโคซานน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 500 กิโลดอลตัน, ประสิทธิภาพ Deacetylation ร้อยละ 95 บริษัทโบนาฟิเดสมาร์เกตตั้ง จำกัด ประเทศไทย
9. ก๊าซไนโตรเจน
10. น้ำกลั่น

3.3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเตรียมผ้าฝ้าย

ต้มผ้าฝ้ายดิบด้วยเอทานอลนาน 5 ชั่วโมง แล้วต้มต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร นาน 3 ชั่วโมง ในระบบรีฟลักซ์ (ภาพที่ 3.1) เพื่อกำจัดแป้ง สีย้อม สารเจือปน และไขมัน จากนั้นล้างผ้าฝ้ายด้วยน้ำกลั่นเพื่อล้างด่าง และสารเจือปนออกไป ทดสอบน้ำล้างจนมีค่า pH เป็นกลางด้วยกระดาษลิตมัส แล้วอบผ้าฝ้ายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นเก็บผ้าฝ้ายในโถดูดความชื้น



ภาพที่ 3.1 ระบบรีฟลักซ์กำจัดสารเจือปนในผ้าฝ้าย

3.3.2 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสีแบบ Simultaneous irradiation

3.3.2.1 การศึกษาอิทธิพลของอัตราปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

นำผ้าฝ้ายขนาด 2×5 ตารางเซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก แล้วบรรจุลงในขวดทดลอง เติมสารละลายไกลซิลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร (สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำละลาย) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตัวอย่างถูกผ่านก๊าซไนโตรเจนเพื่อกำจัดก๊าซออกซิเจนนาน 5 นาที ปิดฝาขวดให้แน่น (ภาพที่ 3.2) แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาที่อัตราปริมาณรังสี 0.1137, 0.0889 และ 0.0742 กิโลเกรย์ต่อ นาที ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ (ภาพที่ 3.3) หลังจากฉายรังสีแกมมา ตัวอย่างถูกนำไปสกัดไฮโมพอลิเมอร์ด้วยเอทิล เมทิล คีโตน นาน 24 ชั่วโมง แล้วอบตัวอย่างอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์



ภาพที่ 3.2 ผ้าฝ้ายในสารละลายไกลซิลเมทาโคลเลต



ภาพที่ 3.3 การนำผ้าฝ้ายในสารละลายไกลซิลเมทาโคลเลต ไปฉายรังสี

3.3.2.2 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

นำผ้าฝ้ายขนาด 2×5 ตารางเซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก แล้วบรรจุลงในขวดทดลอง เติมสารละลายไกลซิลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร (สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำละลาย) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตัวอย่างถูกผ่านก๊าซไนโตรเจนนาน 5 นาที ปิดฝาขวดให้แน่น แล้วนำไปฉายรังสีแกมมา

ที่อัตราปริมาณรังสี 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที่ ปริมาณรังสี 10, 15, 20, และ 25 กิโลเกรย์ หลังจากฉายรังสี ตัวอย่างถูกนำไปสกัดไฮโมพอลิเมอร์ด้วยเอทิล เมทิล คีโตน นาน 24 ชั่วโมง แล้วอบตัวอย่างอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

3.3.2.3 การศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นตัวทำละลายต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

นำผ้าฝ้ายขนาด 2×5 ตารางเซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก แล้วบรรจุลงในขวดทดลอง เติมสารละลายไกลซีดิลเมทาโคลเลตเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยมีสารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำละลาย ตัวอย่างถูกผ่านก๊าซไนโตรเจนนาน 5 นาที ปิดฝาขวดให้แน่น แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ อัตราปริมาณรังสี 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที่ หลังจากฉายรังสี ตัวอย่างถูกนำไปสกัดไฮโมพอลิเมอร์ด้วยเอทิล เมทิล คีโตน นาน 24 ชั่วโมง แล้วอบตัวอย่างอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

3.3.2.4 การศึกษาอิทธิพลความเข้มข้นของไกลซีดิลเมทาโคลเลต ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

นำผ้าฝ้ายขนาด 2×5 ตารางเซนติเมตร ชั่งน้ำหนัก แล้วบรรจุลงในขวดทดลอง เติมสารละลายไกลซีดิลเมทาโคลเลตเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, และ 20 โดยปริมาตรต่อปริมาตร (สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำละลาย) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตัวอย่างถูกผ่านก๊าซไนโตรเจนนาน 5 นาที ปิดฝาขวดให้แน่น แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ อัตราปริมาณรังสี 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที่ หลังจากฉายรังสี ตัวอย่างถูกนำไปสกัดไฮโมพอลิเมอร์ด้วยเอทิล เมทิล คีโตน นาน 24 ชั่วโมง แล้วอบตัวอย่างอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

3.3.3 การลดน้ำหนักโมเลกุลโคโตซานด้วยการฉายรังสีแกมมา

นำผงโคโตซานหนัก 10 กรัม น้ำหนักโมเลกุล 500 กิโลดอลตัน (ภาพที่ 3.4) ฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ เพื่อให้โคโตซานมีน้ำหนักโมเลกุลลดลง



ภาพที่ 3.4 ผงโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 500 กิโลดอลตัน

3.3.4 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยกระบวนการฉายรังสีแกมมา

นำผงโคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 70 กิโลเกรย์ หนัก 1 กรัม ละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ได้สารละลายโคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร จากนั้นนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ใส่ในสารละลายโคโตซานที่ได้เตรียมไว้ แล้วนำมาผ่านก๊าซไนโตรเจนเพื่อกำจัดออกซิเจนนาน 60 นาที ปิดฝาขวดให้แน่น (ภาพที่ 3.5) แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาที่อัตราปริมาณรังสี 0.09 กิโลเกรย์ต่ออนาที ปริมาณรังสี 30, 60 และ 90 กิโลเกรย์ (ภาพที่ 3.6) หลังจากฉายรังสีแล้ว ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น แล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้ง ซึ่งน้ำหนักเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์



ภาพที่ 3.5 ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในสารละลายโคโตซาน



ภาพที่ 3.6 การนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในสารละลายโคโตซานไปฉายรังสีแกมมา

3.3.5 การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ด้วยกระบวนการทางเคมี

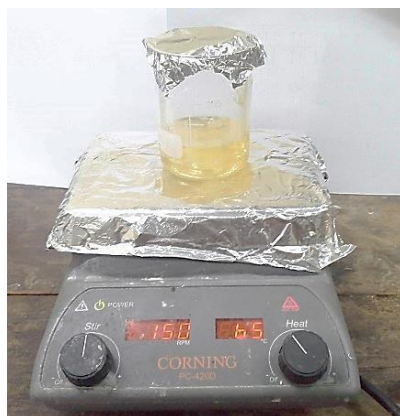
3.3.5.1 การเตรียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์

นำกรดอะซิติกเข้มข้น ปริมาตร 11.55 มิลลิลิตร ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.2 โมลาร์ และนำเกลือโซเดียมอะซิเตต 27.22 กรัม ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายเกลือโซเดียมอะซิเตตเข้มข้น 0.2 โมลาร์ จากนั้นนำสารละลายทั้งสองที่เตรียมไว้ตั้งที่กล่าวมาข้างต้นมาผสมกัน อย่างละปริมาตร 25.5 และ 24.6 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้น 0.1 โมลาร์ จากนั้นเปิดสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ pH 4.6 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.3.5.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต

นำผงโคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ อย่างละ 1 กรัม มาละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะได้สารละลายโคโตซานผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ เข้มข้นอย่างละ ร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เทใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เตรียมไว้สำหรับการทดลองขั้นตอนต่อไป

ชั่งผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ pH 4.6 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 135 รอบต่อนาที นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นย้ายผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต มาผสมในสารละลายโคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ ปริมาตรอย่างละ 100 มิลลิลิตร ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ กวนตัวอย่างด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที ปรับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส อยู่นาน 12 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.7) ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างย้ายออกจากสารละลายโคโตซาน แล้วล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 โมลาร์ และน้ำกลั่น ตามลำดับ แล้วอบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างไว้ในโถดูดความชื้น ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง



ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างการกวนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในสารละลายไคโตซาน ความเร็ว 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 12 ชั่วโมง เพื่อกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

3.3.5.4 การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลา ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

นำผงไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ อย่างละ 1 กรัม มาละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะได้สารละลายไคโตผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ เข้มข้นอย่างละ ร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ตามลำดับ เทใส่ปิกรอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เตรียมไว้สำหรับการทดลองขั้นตอนต่อไป

ซึ่งผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ใส่ในปิกรอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ pH 4.6 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดปิกรอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 135 รอบต่อนาที นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นย้ายผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต มาผสมในสารละลายไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ ปริมาตรอย่างละ 100 มิลลิลิตร ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ปิดปิกรอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ กวนตัวอย่างด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที ปรับอุณหภูมิที่สภาวะเหมาะสม อุณหภูมิ 8, 10 และ 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างย้ายออกจากสารละลายไคโตซาน แล้วล้างด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 1 โมลาร์ และน้ำกลั่น ตามลำดับ แล้วอบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างไว้ในโถดูดความชื้น ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.6 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยเทคนิค UV-visible Spectroscopy

3.3.6.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายไคโตซาน

นำผงไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ ชั่งน้ำหนักอย่างละ 0.008, 0.006, 0.004 และ 0.002 กรัม ละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายอะซิติกเข้มข้น 0.5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะได้สารละลายไคโตผ่านการฉายรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์

ความเข้มข้นอย่างละ ร้อยละ 0.008, 0.006, 0.004 และ 0.002 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงยูวี ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer โดยปรับสเปกตรัมยูวีพื้นหลัง (Back ground) เป็นศูนย์ด้วยสารละลาย สารละลายอะซิติกเข้มข้น 0.5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร นำค่าดูดกลืนแสงยูวีที่วัดได้ มาสร้างกราฟ ความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระดับความเข้มข้นโคโตซาน เพื่อใช้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับการคำนวณ ความเข้มข้นโคโตซานที่เกาะบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตต่อไป

3.3.6.2 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต

นำผ้าฝ้ายผ่านการกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน บรรจุลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปิดบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็ว 145 รอบต่อวินาที นาน 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.8) เพื่อสกัดโคโตซานออกจากผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และ โคโตซาน ให้หมด แล้วย้ายผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ออกจากสารละลาย จะเหลือสารสกัด โคโตซาน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดสารสกัดโคโตซาน 1 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric flask ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ สารสกัดโคโตซานจะเจือจางลง 100 เท่า แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสงยูวี โดยปรับสเปกตรัมยูวี พื้นหลังเป็นศูนย์ด้วยสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ค่าดูดกลืนแสงยูวี ที่วัดได้นำไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของโคโตซานที่สกัดออกมาได้

การคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) จะ คำนวณจากความเข้มข้นของโคโตซานที่สกัดออกมาจาก ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และ โคโตซาน เปรียบเทียบกับสารละลายโคโตซานเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ก่อนกราฟต์กับ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ดังสมการ 3.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (กรัม}^{-1} \text{ พอลิเมอร์)} = [(C/1) \times 100] \times 100 \quad \dots\dots\dots 3.1$$

เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของโคโตซานที่สกัดออกมาจาก ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีล- เมทาโคลเลต และโคโตซาน



ภาพที่ 3.8 การสกัดโคโตซานออกจาก ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยการ
 เขย่าในสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.6 เข้มข้นร้อยละ 50 มิลลิโมลาร์ นาน 48
 ชั่วโมง

3.3.7 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้าย กราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy

นำผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทา-
 โคลเลต และโคโตซาน มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR ที่ย่านความถี่ 600 – 4000 เซนติเมตร⁻¹ หัววัด
 แบบ ATR ใช้ความละเอียดความยาวคลื่น 1 เซนติเมตร⁻¹

3.3.8 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทา- โคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

นำผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต
 และโคโตซาน ฉาบด้วยทอง ขนาด 1 × 1 ตารางเซนติเมตร แล้วถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์
 อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 1000 เท่า สังเกตความแตกต่างเส้นใยเซลลูโลสของตัวอย่าง
 ทั้งสาม

3.3.9 การทดสอบความยับ

นำผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต
 และโคโตซาน ตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 1.5 × 4 ตารางเซนติเมตร แล้วนำไปทดสอบการยับด้วย
 มาตรฐาน ATCC method 66-2008 Wrinkle Recovery of Woven Fabrics: Recovery Angle
 ในแนวยืนกับพุ่ง ของด้านหน้าผ้าพับกับด้านหน้า และ ด้านหลังผ้าพับกับด้านหลัง ดังภาคผนวก ค.
 ข้อ 1

3.3.10 การทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

นำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน มาทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ตามมาตรฐาน ASTM E 2149 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ดังภาคผนวก ค. ข้อ 2

3.3.11 การทดสอบการยับยั้งผ่านการซัก

ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน มาซักตามมาตรฐาน ATCC method 135-2004 Dimensional Change of Fabric after Home Laundering 1 และ 2 รอบ แล้วนำไปทดสอบการยับยั้งตามมาตรฐาน ATCC method 66-2008 Wrinkle Recovery of Woven Fabrics: Recovery Angle ในแนวยืนกับพุ่ง ของด้านหน้าผ้าพบกับด้านหน้า และ ด้านหลังผ้าพบกับด้านหลัง ดังภาคผนวก ค. ข้อ 2 และ 1 ตามลำดับ

3.3.12 การทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียหลังผ่านการซัก

นำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซาน มาซักตามมาตรฐาน ATCC method 135-2004 Dimensional Change of Fabric after Home Laundering 1 และ 2 รอบ แล้วนำไปทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียต่อตามมาตรฐาน ASTM E 2149 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ดังภาคผนวก ค. ข้อ 2 และ 3 ตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

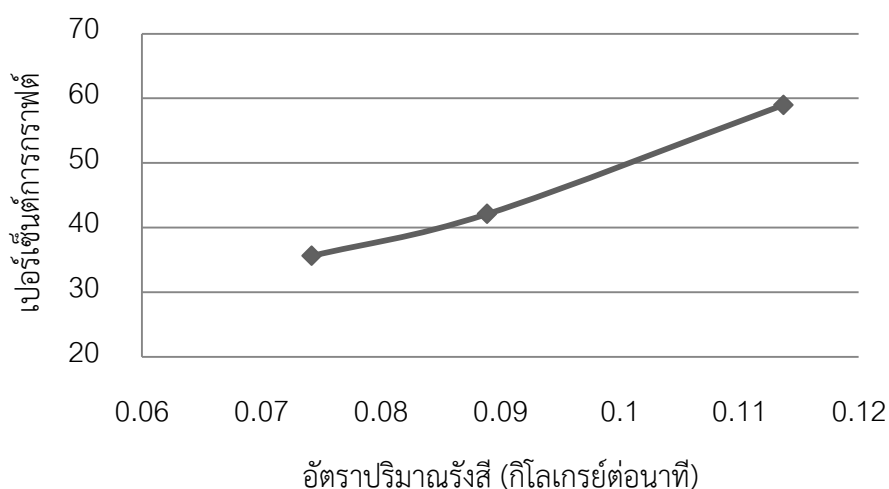
4.1 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสีแบบ Simultaneous irradiation

4.1.1 อิทธิพลของอัตราปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

จากการทดลองพบว่า อัตราปริมาณรังสีมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ กล่าวคืออัตราปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายสูงขึ้นด้วย จากการทดลองใช้อัตราปริมาณรังสีที่ 0.0742, 0.0889 และ 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของผ้าฝ้ายกราฟต์ด้วยสารละลายไกลซีดิลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร มีค่าเท่ากับ 35.61 42.10 และ 58.98 ตามลำดับ อัตราปริมาณรังสีที่ 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ที่สูงที่สุด ดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนต่อไปจะใช้อัตราปริมาณรังสีที่ 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที

ตารางที่ 4.1 อัตราปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย

อัตราปริมาณรังสี (กิโลเกรย์ต่อนาที)	น้ำหนักเฉลี่ยก่อนฉาย รังสี (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังฉาย รังสี (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)
0.0742	0.1070	0.1662	35.61
0.0889	0.1079	0.1863	42.10
0.1137	0.1101	0.2683	58.98



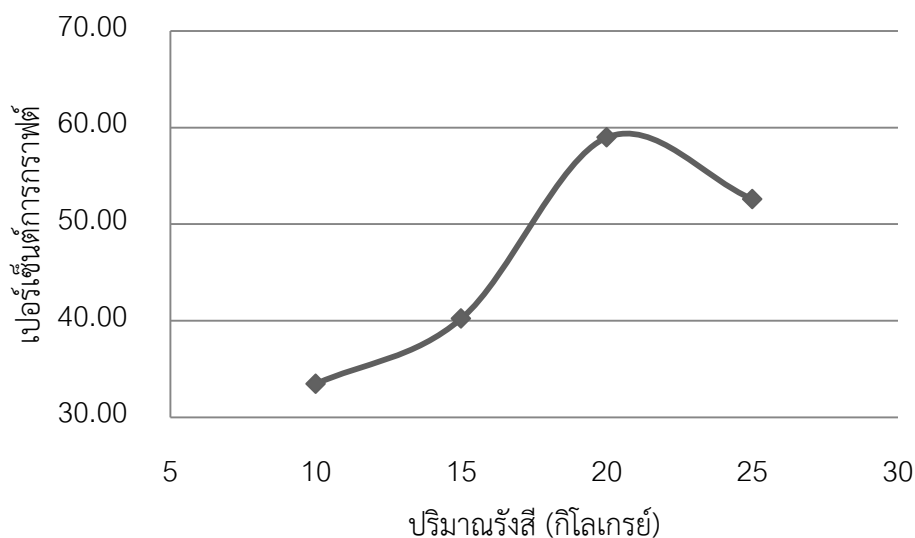
ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของอัตราปริมาณรังสีกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดิลเมทาโคลเลตบนผ้าฝ้าย

4.1.2 อิทธิพลของปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

จากการทดลองพบว่า ปริมาณรังสีมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ กล่าวคือปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดิลเมทาโคลเลตบนผ้าฝ้ายสูงขึ้นด้วย จากการทดลองใช้ปริมาณรังสีที่ 10, 15 และ 20 กิโลเกรย์ จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ผ้าฝ้ายกราฟต์ด้วยสารละลายไกลซีดิลเมทาโคลเลตเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร มีค่าเท่ากับ 33.46, 40.22 และ 59.98 ตามลำดับ แต่เมื่อใช้ปริมาณรังสี 25 กิโลเกรย์ จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ลดลงเหลือ 52.59 ปริมาณรังสีที่ 20 กิโลเกรย์ จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 ดังนั้นในการทดลองขั้นตอนต่อไปจะใช้ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์

ตารางที่ 4.2 ปริมาณรังสีต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลตบนผ้าฝ้าย

ปริมาณรังสี (กิโลเกรย์)	น้ำหนักเฉลี่ยก่อนฉายรังสี (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังฉายรังสี (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)
10	0.1081	0.1625	33.46
15	0.1061	0.1774	40.22
20	0.1101	0.2683	58.98
25	0.1061	0.1774	52.59



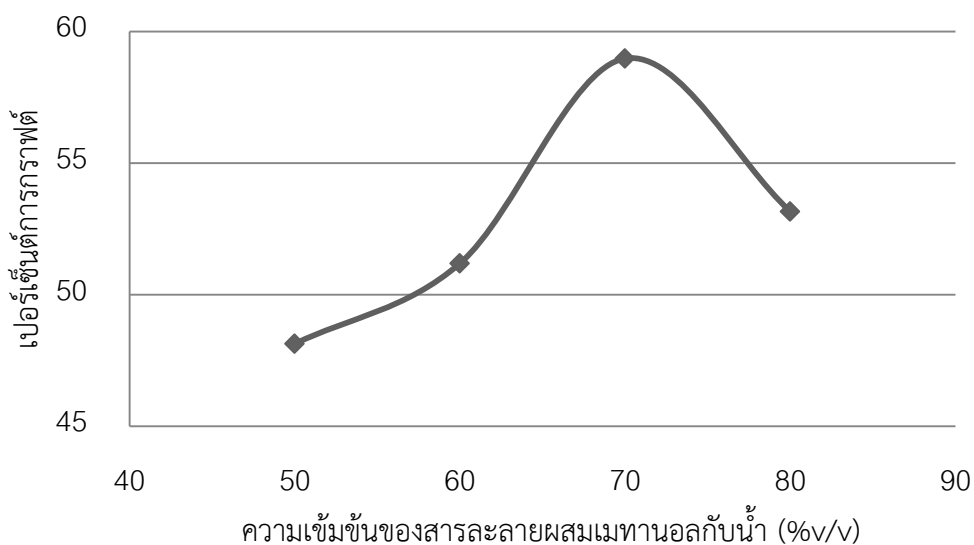
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดีลเมทาโคลเลตบนผ้าฝ้าย

4.1.3 อิทธิพลของความเข้มข้นตัวทำละลาย ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำเป็นตัวทำละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ กล่าวคือความเข้มข้นของสารละลายเมทานอลเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายสูงขึ้นด้วย จากการทดลองใช้ สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 โดยปริมาตรต่อ ปริมาตร จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ผ้าฝ้ายกราฟต์ด้วยสารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต เข้มข้น ร้อยละ 10 โดยปริมาตรต่อปริมาตร มีค่าเท่ากับ 48.13, 51.19, และ 58.98 ตามลำดับ แต่เมื่อใช้ สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 80:20 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะส่งผลให้ เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ลดลงเหลือ 53.16 สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำอัตราส่วน 70:30 โดย ปริมาตรต่อปริมาตร จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3 ดังนั้นในการ ทดลองจึงใช้สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัว ทำละลายที่เหมาะสมที่สุดของไกลซีดีลเมทาโคลเลต

ตารางที่ 4.3 ความเข้มข้นตัวทำละลายต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย

อัตราส่วนเมทานอลกับน้ำ (v/v)	น้ำหนักเฉลี่ยก่อนฉายรังสี (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังฉายรังสี (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)
50:50	0.1048	0.2021	48.13
60:40	0.1113	0.2280	51.19
70:30	0.1101	0.2683	58.98
80:20	0.1092	0.2331	53.16



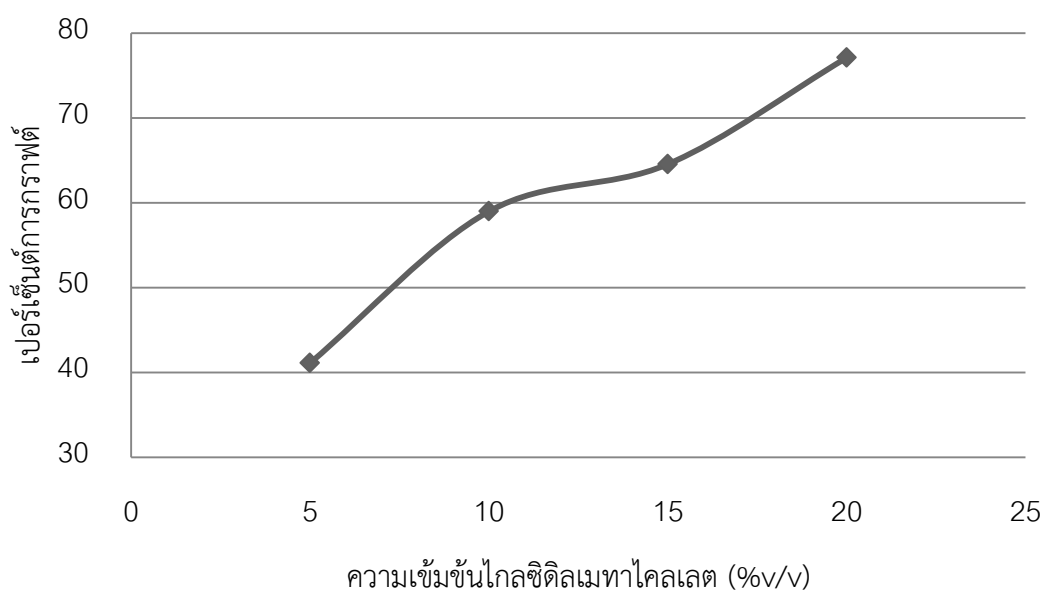
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นตัวทำละลายเมทานอลกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย

4.1.4 อิทธิพลของความเข้มข้นของไกลซีดีลเมทาโคลเลต ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์

จากการทดลองที่ผ่านมา พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย ด้วยการฉายรังสีแกมมา ได้แก่ การใช้อัตราปริมาณรังสีที่ 0.1137 กิโลเกรย์ต่อนาที่ ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ และใช้สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 โดย ปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต และผลการศึกษาอิทธิพลความเข้มข้น ของไกลซีดีลเมทาโคลเลต มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ที่สภาวะเหมาะสมดังกล่าวด้วย กล่าวคือ ความเข้มข้นของสารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต สูงขึ้น จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของ ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายสูงขึ้นด้วย จากการทดลองใช้สารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีค่า เท่ากับ 41.10, 58.98, 64.65 และ 77.10 ตามลำดับ สารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของไกลซีดีลเมทาโคลเลต ต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ผ้าฝ้ายกับไกลซีดีล-เมทาโคลเลต

ความเข้มข้นของ ไกลซีดีลเมทาโคลเลต (%v/v)	น้ำหนักเฉลี่ยก่อนฉาย รังสี (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังฉาย รังสี (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)
5	0.1106	0.1877	41.10
10	0.1101	0.2683	58.98
15	0.1068	0.3013	64.65
20	0.1086	0.4742	77.10



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไกลซีดีลเมทาโคลเลตกับเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของไกลซีดีล-เมทาโคลเลตบนผ้าฝ้าย

อย่างไรก็ตาม ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ที่มีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงจะมีลักษณะแห้ง หยาบกระด้าง และขาดคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีของผ้าฝ้าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ผ้าฝ้ายกราฟต์ด้วยสารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ที่สภาวะเหมาะสม โดยมีเปอร์เซ็นต์การกราฟต์เท่ากับ 41.10 มาการทดลองการกราฟต์โคโตนบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการลดน้ำหนักโมเลกุลของโคโตซานด้วยการฉายรังสีแกมมา

จากการนำผงโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 500 กิโลดอลตัน และ%DD เท่ากับ 90 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล %DD แผล่ง และขั้นตอนการผลิตเดียวกันกับงานวิจัยของสุกัญญา ยาเสรีจ [4] มาอย่างละ 10 กรัม แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 50, 70 และ 90 กิโลเกรย์ น้ำหนักโมเลกุลของโคโตซานจะลดลงเหลือ 284, 180 และ 76 กิโลดอลตัน ตามลำดับ ดังภาพที่ 2.12

4.3 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ด้วยการฉายรังสีแกมมา

จากการทดลองการกราฟต์โคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ด้วยการฉายรังสีแกมมา ที่ปริมาณรังสี 30, 60 และ 90 กิโลเกรย์ ไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ด้วยการฉายรังสีแกมมา

ปริมาณรังสี (kGy)	น้ำหนักเฉลี่ยก่อนฉายรังสี (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยหลังฉายรังสี (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)
30	0.1135	0.1134	-0.09
60	0.1156	0.1153	-0.25
90	0.1211	0.1215	0.33

การทดลองกลับพบว่า ละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน ผสมกับผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต หลังผ่านการฉายรังสีอีก 30, 60 และ 90 กิโลเกรย์ จะมีสีเข้มขึ้น ดังภาพที่ 4.5 จึงได้ลองนำสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน และผ่านการฉายรังสีอีก 60 กิโลเกรย์ มาทดสอบการวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลโคโตซานด้วยเครื่อง Gel Permeation Chromatography (GPC) พบว่าโคโตซานมีน้ำหนักโมเลกุลลดลงเหลือ 8386 ดอลตัน ดังนั้นการทดลองจึงพบการเสื่อมสลายโคโตซานในรูปสารละลาย แต่ไม่พบปฏิกิริยาการกราฟต์โคพอลิเมอร์-เซชันของโคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต จากผลการศึกษาดังกล่าว จึงไม่สามารถกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลต ด้วยการฉายรังสีแกมมาได้งานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาการกราฟต์โคโตซานกับ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิดิลเมทาโคลเลตด้วยกระบวนการทางเคมีในขั้นตอนต่อไปแทน

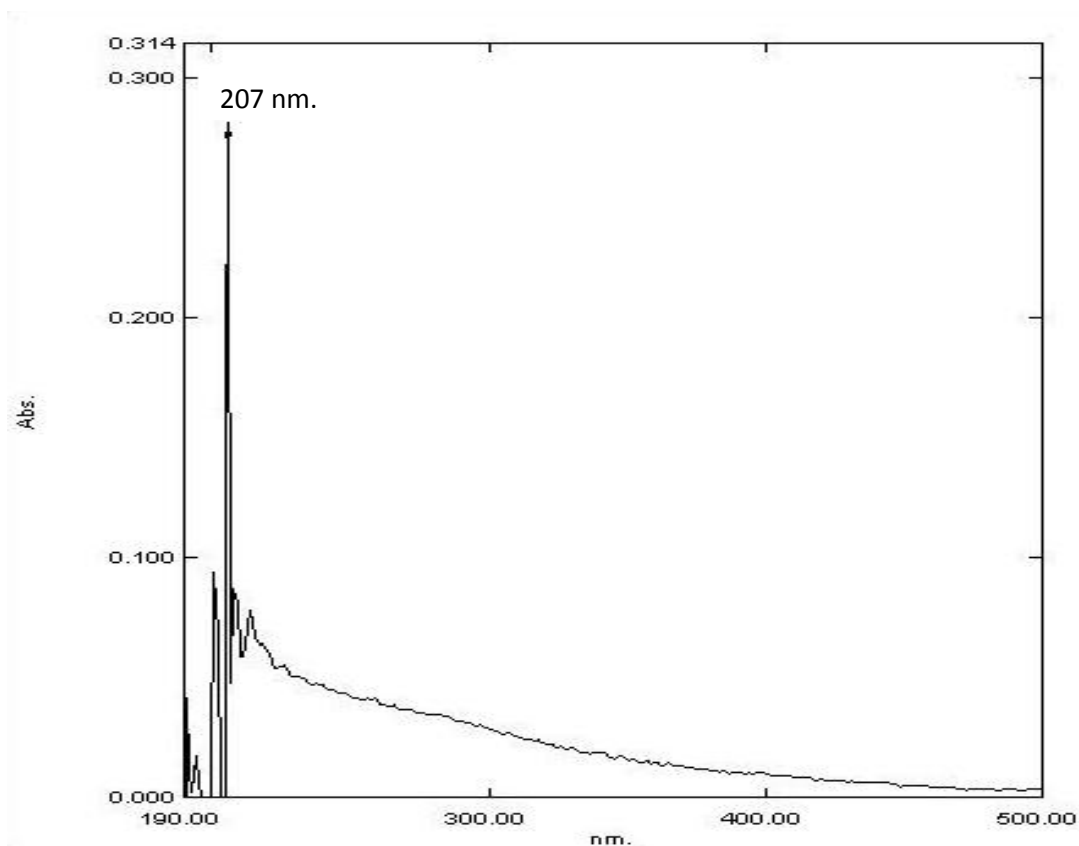


ภาพที่ 4.5 สารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 8386 ดอลตัน

4.4 ผลการศึกษาการกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยกระบวนการทางเคมี

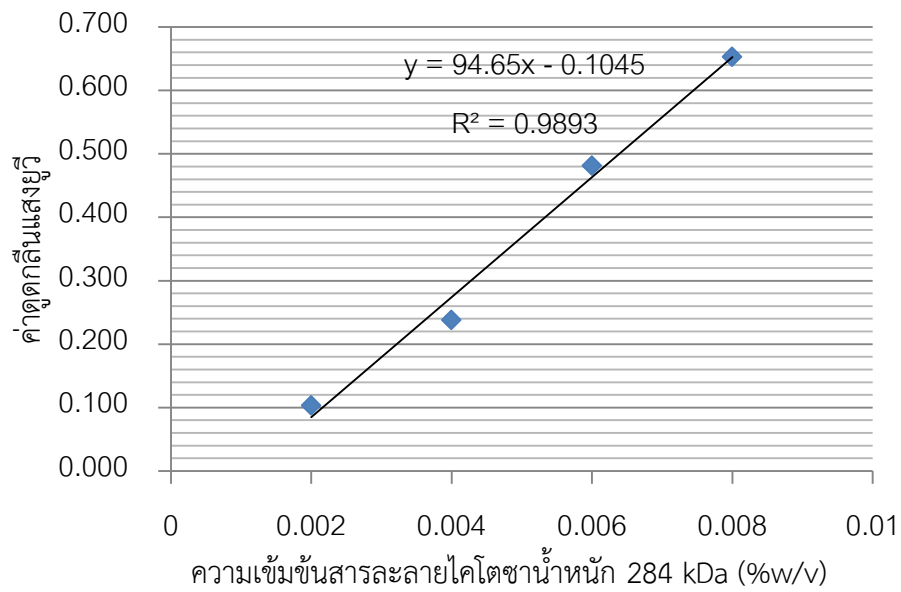
4.4.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของสารละลายโคโตซานกับค่าดูดกลืนแสงยูวี

จากรายงานวิจัยของ R. Czechowska-Biskup และคณะ [8] ได้ศึกษาสเปกตรัมรังสียูวี ด้วยเครื่อง UV-visible spectrometer พบว่าโคโตซานจะดูดกลืนรังสียูวีสูงสุดที่ความยาวคลื่น 203 นาโนเมตร งานวิจัยนี้จึงได้ทดลองวิเคราะห์สเปกตรัมยูวีที่ความยาวคลื่น 190 – 500 นาโนเมตร พบว่า สเปกตรัมการดูดกลืนแสงยูวีของสารละลายโคโตซานจะมีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่น 207 นาโนเมตร ดังภาพ 4.6 ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 207 นาโนเมตร

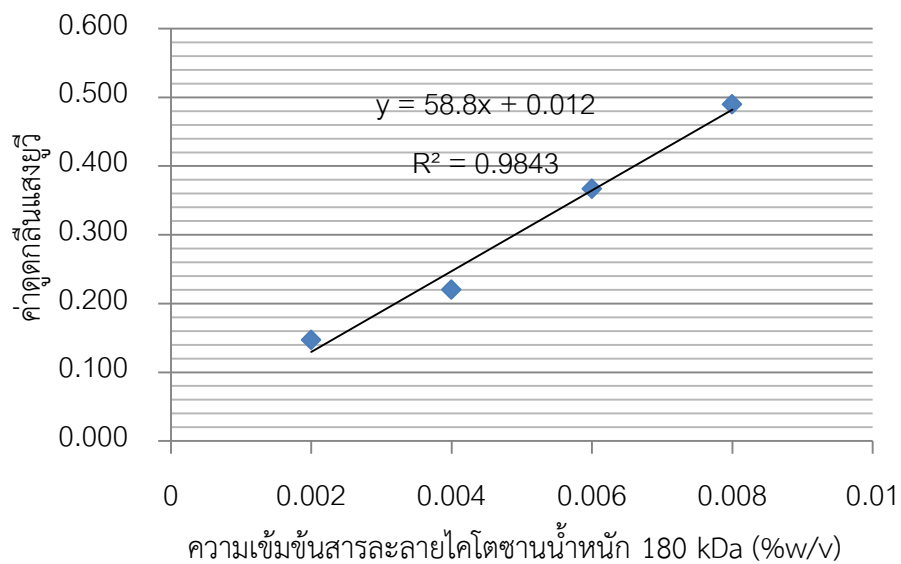


ภาพที่ 4.6 สเปกตรัมยูวีของสารละลายไคโตซาน

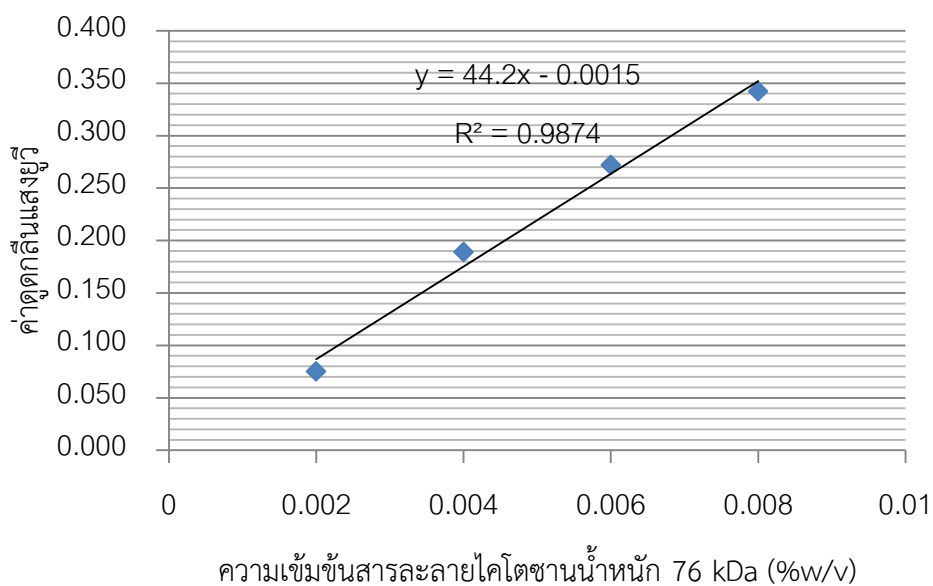
ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงยูวีของสารละลายไคโตซาน น้ำหนักโมเลกุล 284, 180 และ 76 กิโลดอลตัน ความเข้มข้นอย่างละ ร้อยละ 0.008, 0.006, 0.004 และ 0.002 โดยมวล ต่อปริมาตร พบว่าระดับความเข้มข้นของไคโตซาน น้ำหนักโมเลกุล 284, 180 และ 76 กิโลดอลตัน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าการดูดกลืนแสงยูวี ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.9893, 0.9843 และ 0.9874 ดังภาพที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงใช้กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284, 180 และ 76 กิโลดอลตัน กับค่าดูดกลืนแสงยูวี ดังกล่าว เป็นกราฟมาตรฐานต่อไป



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน กับค่าดูดกลืนแสงยูวี



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน กับค่าดูดกลืนแสงยูวี



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์เชิงเส้นของระดับความเข้มข้นสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตันกับค่าดูดกลืนแสงยูวี

4.4.2 ผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

จากการทดลองการนำสารสกัดไคโตซานที่สกัดได้จากผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลตและไคโตซาน มาวิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสงยูวีด้วยเครื่อง UV-visible spectrometer แล้วเทียบกับกราฟต์มาตรฐาน เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของไคโตซานที่สกัดได้ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิ และระยะเวลา มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284, 180 และ 76 กิโลดอลตัน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิล ดังนี้

4.4.2.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

จากการทดลองพบว่า การกำหนดระดับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส ในการอุ่นผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที นาน 12 ชั่วโมง จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยระดับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีค่าเท่ากับ 19.13 ± 0.99 , 18.05 ± 0.73 และ 18.18 ± 1.48 ตามลำดับ ระดับอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.10 ดังนั้นการศึกษอิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล

284 กิโลดอลตัน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในขั้นตอนต่อไป จะกำหนดอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต
หนัก 1 กรัม ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน

อุณหภูมิ (°C)	การทดลองที่	ค่าดูดกลืนแสงยูวี	ความเข้มข้นโคโตซานก่อนกราฟต์ (% w/v)	ความเข้มข้นโคโตซานที่สกัดได้ ($\times 10^{-3}$ %w/v)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เฉลี่ย \pm SD (%)
55	1	0.074	1	1.88	18.82	19.13 \pm 0.99
	2	0.087	1	2.02	20.23	
	3	0.069	1	1.83	18.33	
65	1	0.059	1	1.72	17.24	18.05 \pm 0.73
	2	0.072	1	1.86	18.65	
	3	0.068	1	1.83	18.26	
75	1	0.080	1	1.95	19.51	18.18 \pm 1.48
	2	0.053	1	1.66	16.59	
	3	0.070	1	1.85	18.45	

จากการทดลองพบว่า การกำหนดระดับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส ในการอุ่นผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ในสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที นาน 12 ชั่วโมง จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยระดับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีค่าเท่ากับ 16.27 ± 2.04 , 19.75 ± 1.26 และ 19.95 ± 1.98 ตามลำดับ ระดับอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.10 ดังนั้นการศึกษอิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์โคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในขั้นตอนต่อไป จะกำหนดอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส

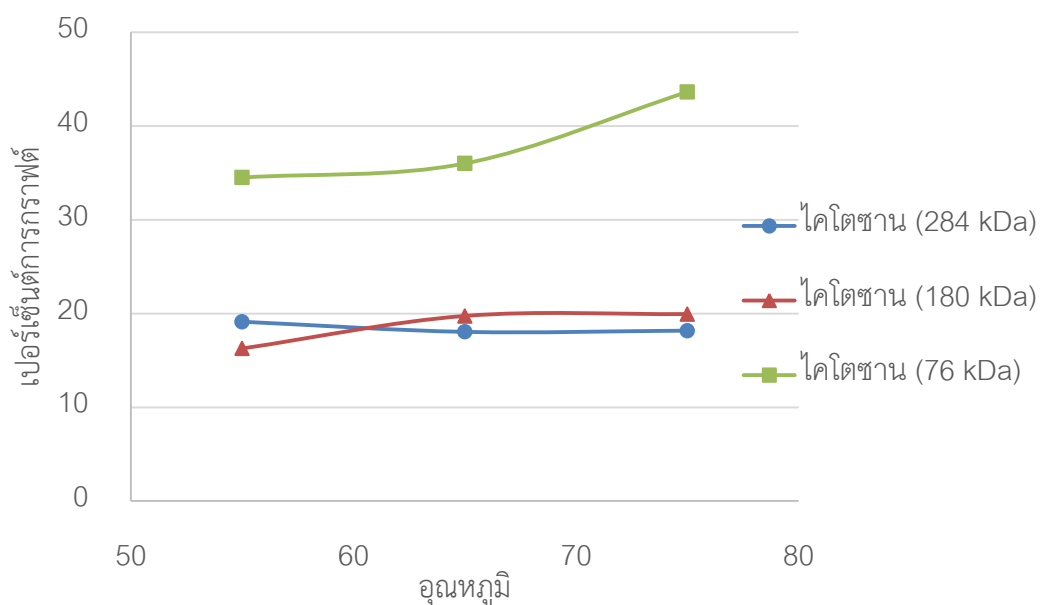
ตารางที่ 4.7 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต
หนัก 1 กรัม ด้วยสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน

อุณหภูมิ (°C)	การ ทดลอง ที่	ค่าดูดกลืน แสงยูวี	ความเข้มข้น ไคโตซาน ก่อนกราฟต์ (% w/v)	ความเข้มข้น ไคโตซานที่ สกัดได้ ($\times 10^{-3}$ %w/v)	เปอร์เซ็นต์ การกราฟต์ (%)	เปอร์เซ็นต์การ กราฟต์เฉลี่ย \pm SD (%)
55	1	0.088	1	1.70	17.01	16.27 \pm 2.04
	2	0.070	1	1.40	13.97	
	3	0.093	1	1.79	17.86	
65	1	0.104	1	1.96	19.64	19.75 \pm 1.26
	2	0.112	1	2.11	21.06	
	3	0.097	1	1.85	18.54	
75	1	0.094	1	1.80	17.97	19.95 \pm 1.98
	2	0.105	1	2.00	19.95	
	3	0.117	1	2.19	21.94	

จากการทดลองพบว่าการกำหนดระดับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส ในการอุ่น
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโล-
ดอลตัน เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวน
แม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที นาน 12 ชั่วโมง จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้าย
กราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยระดับอุณหภูมิ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้
เปอร์เซ็นต์การกราฟต์มีค่าเท่ากับ 34.62 ± 3.04 , 36.01 ± 1.71 และ 43.64 ± 2.02 ตามลำดับ
ระดับอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.10
ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล
76 กิโลดอลตัน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ในขั้นตอนต่อไป จะกำหนดอุณหภูมิ
75 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต
หนัก 1 กรัม ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน

อุณหภูมิ (°C)	การ ทดลองที่	ค่าดูดกลืน แสงยูวี	ความเข้มข้น โคโตซาน ก่อนกราฟต์ (% w/v)	ความเข้มข้น โคโตซานที่ สกัดได้ ($\times 10^{-3}$ %w/v)	เปอร์เซ็นต์ การกราฟต์ (%)	เปอร์เซ็นต์การ กราฟต์เฉลี่ย \pm SD (%)
55	1	0.161	1	3.67E-03	36.65	34.62 \pm 3.04
	2	0.157	1	3.59E-03	35.86	
	3	0.136	1	3.10E-03	31.03	
65	1	0.166	1	3.80E-03	37.97	36.01 \pm 1.71
	2	0.154	1	3.52E-03	35.22	
	3	0.153	1	3.48E-03	34.84	
75	1	0.186	1	4.23E-03	42.31	43.64 \pm 2.02
	2	0.187	1	4.26E-03	42.61	
	3	0.202	1	4.60E-03	46.00	



ภาพที่ 4.10 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284, 180 และ 76 บน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม

4.4.2.2 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต

จากการทดลองพบว่าการกำหนดระยะเวลา 8, 10 และ 12 ชั่วโมง ในการอุ่นผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน เข้มข้น ร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่อง กวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยระยะเวลานาน 8, 10 และ 12 ชั่วโมง จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ มีค่าเท่ากับ 16.56 ± 1.97 , 17.66 ± 0.86 และ 19.13 ± 0.99 ตามลำดับ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.11

ตารางที่ 4.9 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต
ด้วยสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284 กิโลดอลตัน

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	การ ทดลองที่	ค่าดูดกลืน แสงยูวี	ความเข้มข้น ไคโตซาน ก่อนกราฟต์ (% w/v)	ความเข้มข้น ไคโตซานที่ สกัดได้ ($\times 10^{-3}$ %w/v)	เปอร์เซ็นต์ การกราฟต์ (%)	เปอร์เซ็นต์การ กราฟต์เฉลี่ย \pm SD (%)
8	1	0.069	1	1.83	18.30	16.56 ± 1.97
	2	0.056	1	1.70	16.96	
	3	0.032	1	1.44	14.42	
10	1	0.069	1	1.83	18.35	17.66 ± 0.86
	2	0.065	1	1.79	17.94	
	3	0.054	1	1.67	16.69	
12	1	0.074	1	1.88	18.82	19.13 ± 0.99
	2	0.087	1	2.02	20.23	
	3	0.069	1	1.83E	18.33	

จากการทดลองพบว่าการกำหนดระยะเวลา 8, 10 และ 12 ชั่วโมง ในการอุ่นผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน เข้มข้น ร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่อง กวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยระยะเวลานาน 8, 10 และ 12 ชั่วโมง จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ มีค่าเท่ากับ 16.39 ± 1.21 , 18.60 ± 1.03 และ 19.96 ± 1.98 ตามลำดับ ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.11

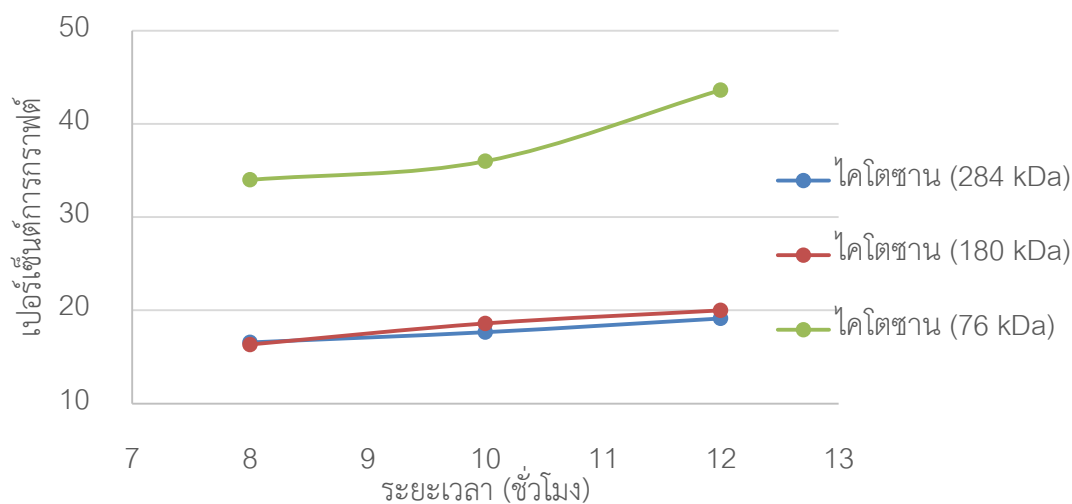
ตารางที่ 4.10 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ผ่าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	การทดลองที่	ค่าดูดกลืนแสงยูวี	ความเข้มข้นโคโตซานก่อนกราฟต์ (% w/v)	ความเข้มข้นโคโตซานที่สกัดได้ ($\times 10^{-3}$ %w/v)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เฉลี่ย \pm SD (%)
8	1	0.078	1	1.53	15.28	16.39 \pm 1.21
	2	0.092	1	1.77	17.69	
	3	0.083	1	1.62	16.21	
10	1	0.102	1	1.94	19.39	18.60 \pm 1.03
	2	0.100	1	1.90	18.99	
	3	0.091	1	1.74	17.43	
12	1	0.094	1	1.80	17.97	19.96 \pm 1.98
	2	0.105	1	2.00	19.95	
	3	0.117	1	2.19	21.94	

จากการทดลองพบว่า การกำหนดระยะเวลา 8, 10 และ 12 ชั่วโมง ในการอุ่นผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หนัก 1 กรัม ในสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 180 กิโลดอลตัน เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยระยะเวลานาน 8, 10 และ 12 ชั่วโมง จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ มีค่าเท่ากับ 33.71 ± 2.38 , 37.43 ± 1.06 และ 43.64 ± 2.02 ตามลำดับ ระยะเวลานาน 12 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด ดังตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทา-โคลเลต ด้วยสารละลายโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	การทดลองที่	ค่าดูดกลืนแสงยูวี	ความเข้มข้นโคโตซานก่อนกราฟต์ (% w/v)	ความเข้มข้นโคโตซานที่สกัดได้ ($\times 10^{-3}$ %w/v)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ (%)	เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เฉลี่ย \pm SD (%)
8	1	0.154	1	3.51	35.07	33.71 \pm 2.38
	2	0.135	1	3.10	30.96	
	3	0.154	1	3.51	35.11	
10	1	0.164	1	3.75	37.48	37.43 \pm 1.06
	2	0.169	1	3.85	38.46	
	3	0.159	1	3.63	36.35	
12	1	0.186	1	4.23	42.31	43.64 \pm 2.02
	2	0.187	1	4.26	42.61	
	3	0.202	1	4.60	46.00	



ภาพที่ 4.11 อิทธิพลของระยะเวลาต่อเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ของโคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 284, 180 และ 76 บน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต หน้า 1 กรัม

จากผลการศึกษาการกราฟต์ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต หน้า 1 กรัม ด้วยสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ทดลองกวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า 150 รอบต่อนาที นาน 12 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 43.64 ดังนั้นงานวิจัยนี้จะใช้ตัวอย่างดังกล่าวมาทดสอบการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

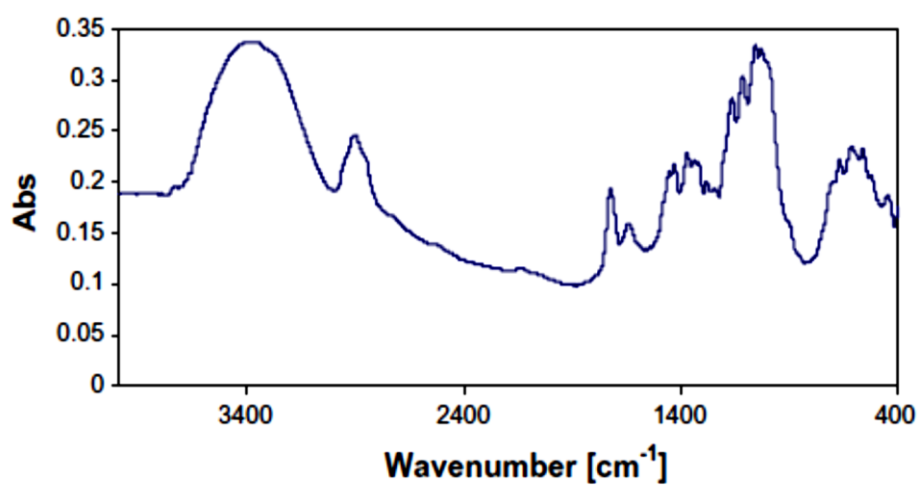
4.5 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ด้วยเทคนิค และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy

จากการนำผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต มาวิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรด ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy พบว่าสเปกตรัมอินฟราเรดของตัวอย่างทั้งสองมีความแตกต่างกัน จากผลการวิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ดังภาพ 4.14 จะพบพีกหมู่ฟังก์ชันของไกลซีดีลเมทาโคลเลต ที่ความถี่ 3333.83, 2922.21, 1724.04, 1251.98 และ 1147.94 เซนติเมตร⁻¹ คือ หมู่ฟังก์ชันของไฮดรอกซิล (OH), แอลิฟาติก (CH), เอสเทอร์ (C=O), อีเทอร์ (C-O ,การยึด) และอีพอกซี (-C-O-C, epoxy) ตามลำดับ แต่จะไม่พบพีกดังกล่าวในสเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายเปล่า ดังภาพที่ 4.13 และผลการวิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรดในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต ในงานวิจัยของ E.S. Abdel-Halim และคณะ [1] ดังตารางที่ 4.12 แสดงว่าวิธีการนี้สามารถกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายได้ ดังภาพที่ 4.16

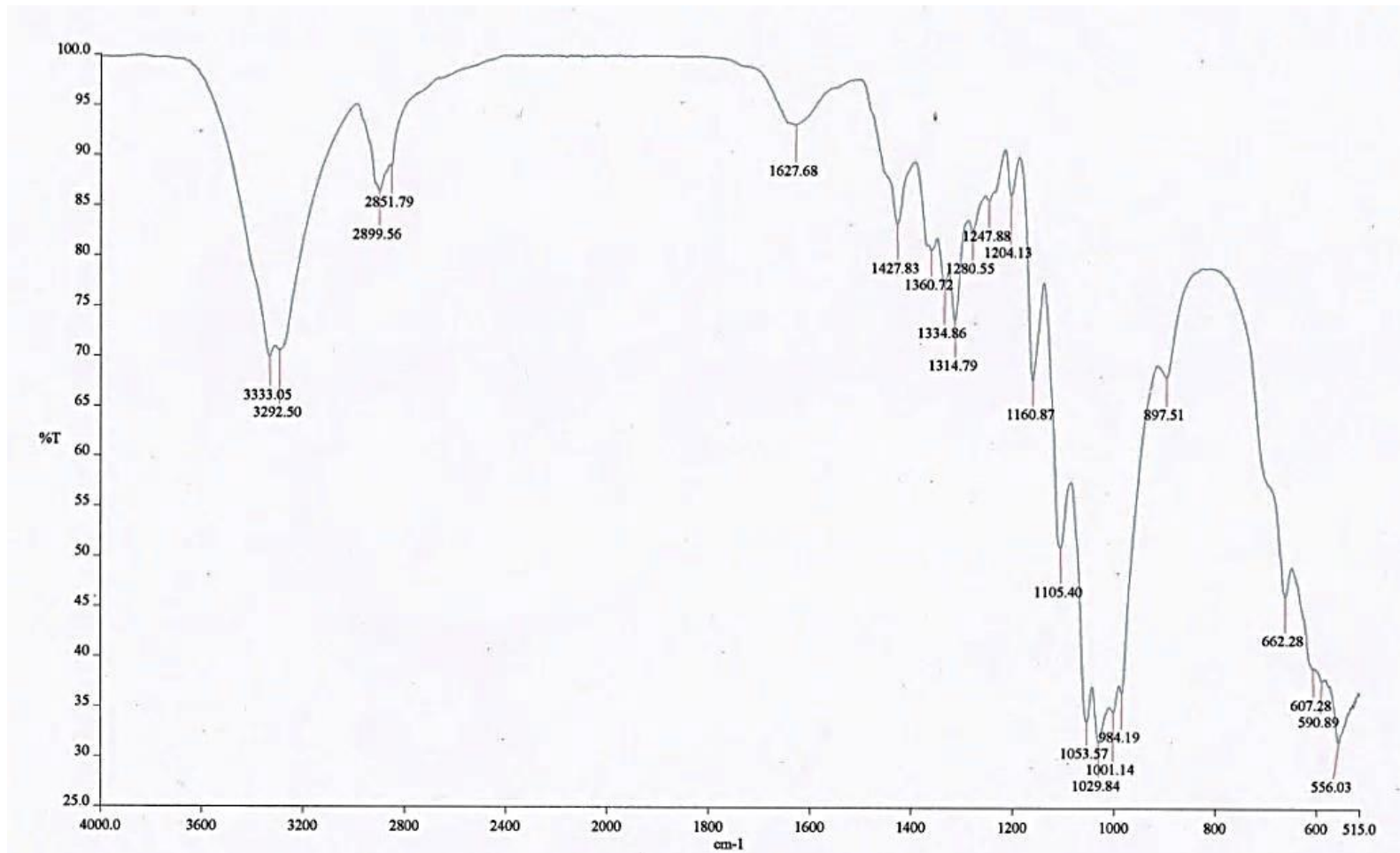
สำหรับการวิเคราะห์ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกระบวนการทางเคมี พบว่าสเปกตรัมไม่เปลี่ยนแปลง โดยยังพบหมู่ฟังก์ชันของไฮดรอกซิล แอลิฟาติก, เอสเทอร์, อีเทอร์, และอีพอกซี อยู่ครบ ที่ความถี่ 3338.31, 2924.30, 1723.62, 1250.88 และ 1148.06 เซนติเมตร⁻¹ ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.15 หมู่อีพอกซีของไกลซีดีลเมทาโคลเลต จึงไม่ได้เชื่อมต่อกับหมู่อะมิโนของไคโตซานด้วยพันธะโควาเลนต์ ดังนั้นจากผลการทดลองการกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตด้วยกระบวนการทางเคมี โมเลกุลของไคโตซานจะสร้างพันธะไฮออนิกกับผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบสเปกตรัมอินฟราเรดของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต กับ สเปกตรัมอินฟราเรดของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต ในงานวิจัยของ E.S. Abdel-Halim และคณะ

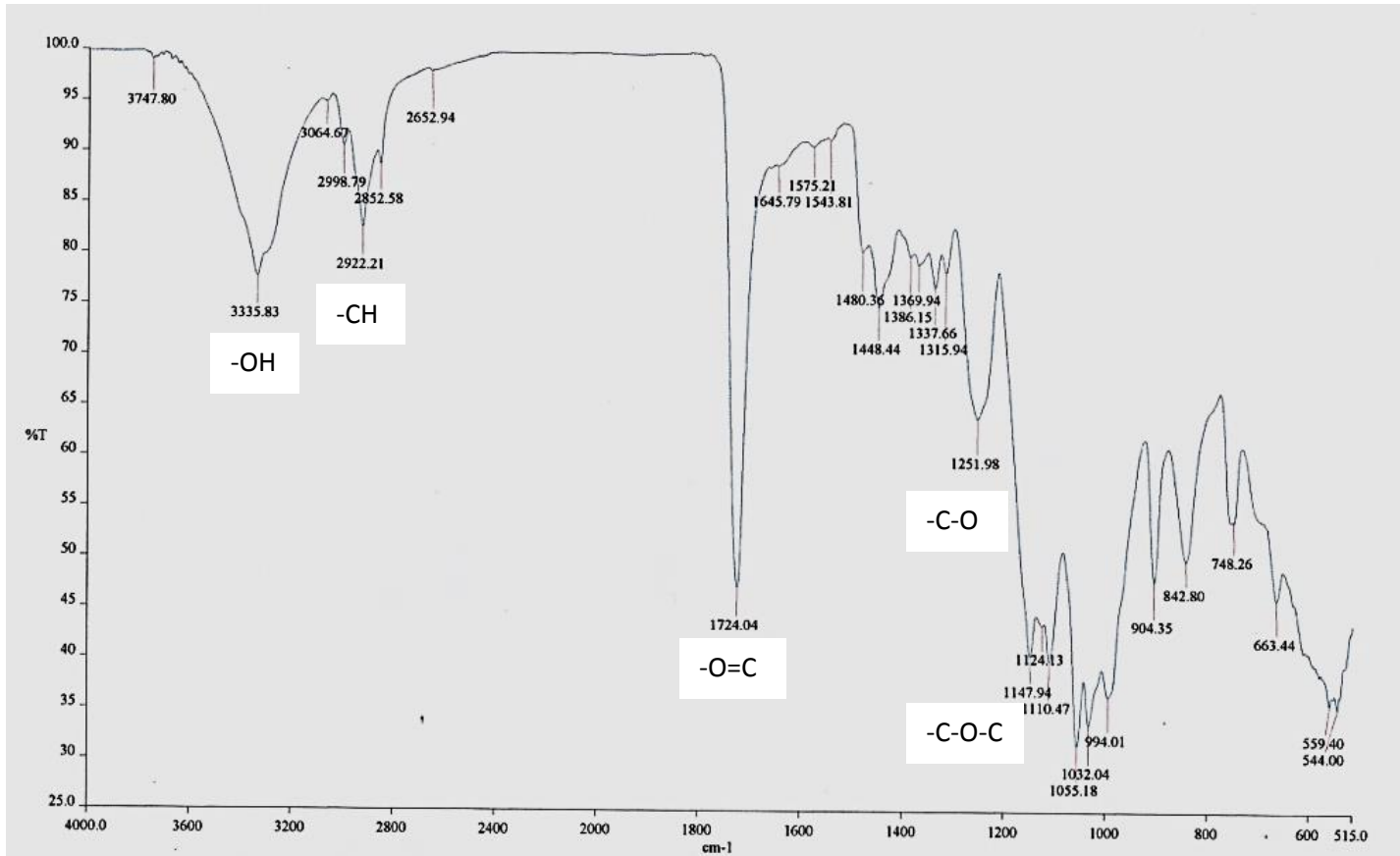
พีค ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديل-เมทาโคลเลต (cm^{-1}) (งานวิจัยของ E.S. Abdel-Halim และคณะ)	พีค ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديل-เมทาโคลเลต (cm^{-1}) (จากการทดลอง)	หมู่ฟังก์ชัน
3414	3333.83	-OH
2906	2922.21	-CH
1725	1724.04	-C=O
1259	1251.98	-C-O
1114	1147.94	-C-O-C



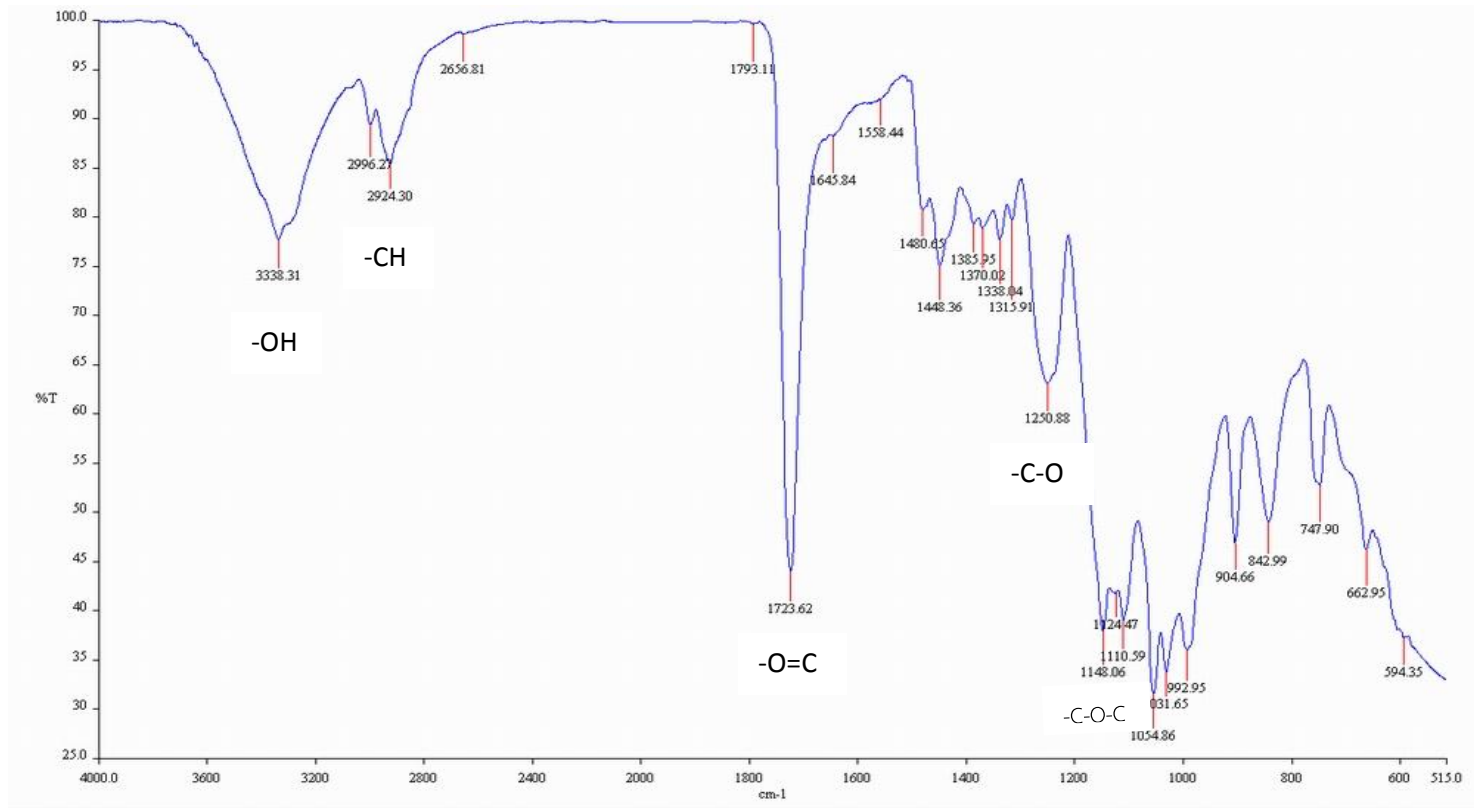
ภาพที่ 4.12 สเปกตรัมอินฟราเรดของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิديلเมทาโคลเลต ในงานวิจัยของ E.S. Abdel-Halim และคณะ



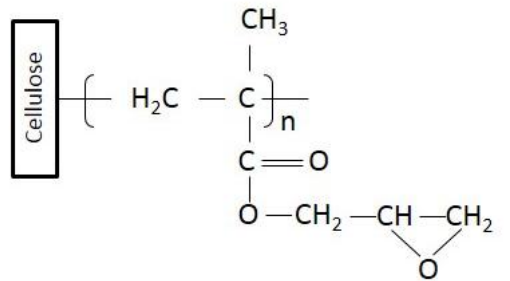
ภาพที่ 4.13 สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายเปล่า



ภาพที่ 4.14 สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายกราฟต์โกลซีดีลเมทาโคลเลต



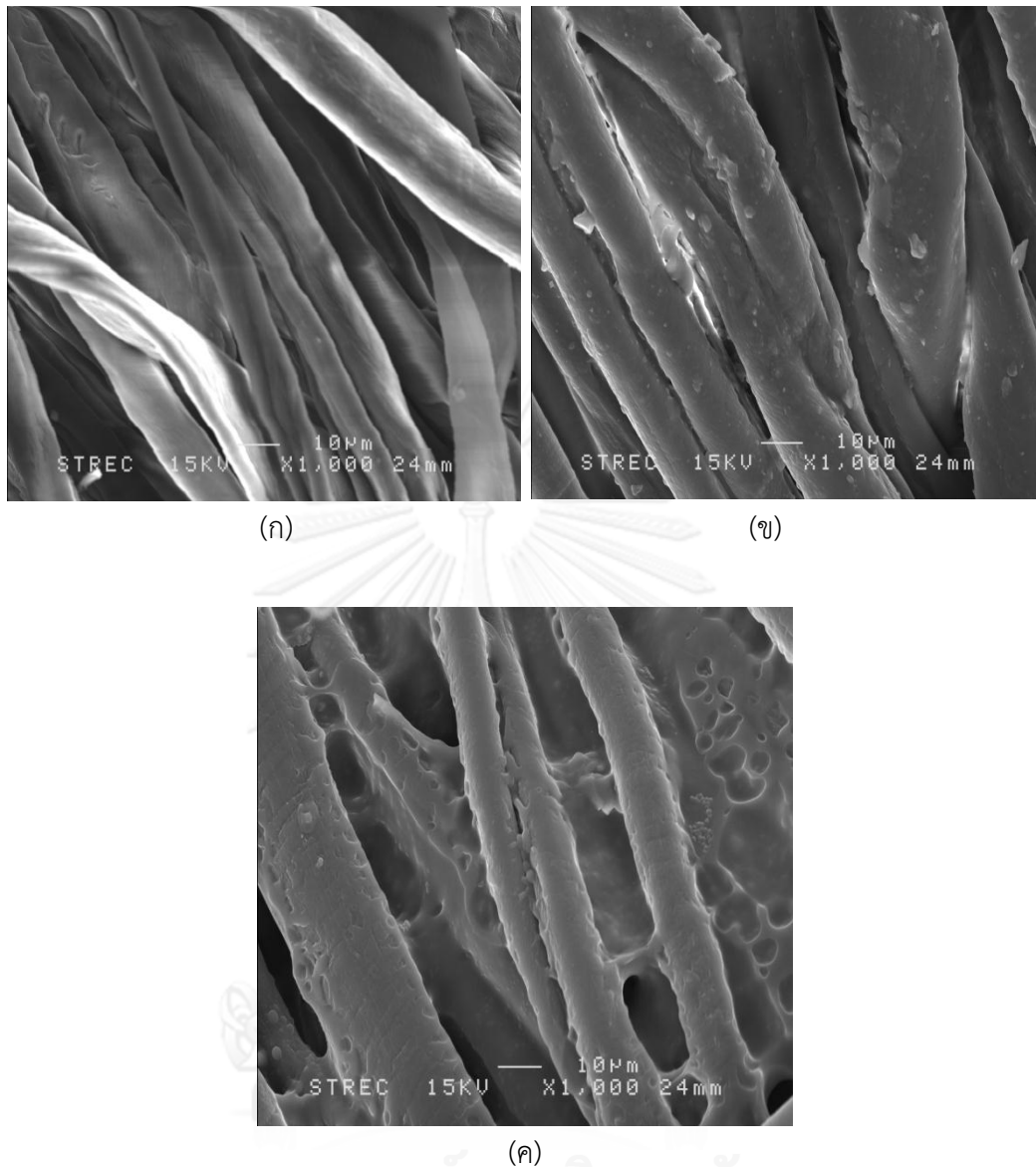
ภาพที่ 4.15 สเปกตรัมอินฟราเรดของผ้าฝ้ายกราฟต์โกลซิติลเมทาโคลเลต และโคโตนาน



ภาพที่ 4.16 โครงสร้างไกลซิซิลเมทาโคลเลต กราฟต์บนเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้าย

4.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิซิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิซิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากการทดลองการถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ของเส้นใยเซลลูโลสในตัวอย่างผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิซิลเมทาโคลเลต และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิซิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ด้วยกำลังขยาย 1000 เท่า ดังภาพที่ 4.17 ก, ข และ ค ตามลำดับ พบว่าเส้นใยเซลลูโลสทั้งสามมีความแตกต่างกัน โดยภาพ ก เส้นใยเซลลูโลสจะมีลักษณะเรียบ สำหรับภาพ ข จะสังเกตเห็นลักษณะผิวของเส้นใยเซลลูโลสขรุขระ เนื่องจากมีไกลซิซิลเมทาโคลเลตมาเกาะบนผิวเส้นใยเซลลูโลส และภาพ ค จะสังเกตเห็นลักษณะผิวของเส้นใยเซลลูโลสใหญ่ และหนาขึ้นเนื่องจากมีไกลซิซิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน เกาะบนผิวของเส้นใยเซลลูโลส



ภาพที่ 4.17 ภาพถ่ายพื้นผิวเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่า (ก), ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต (ข) และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน (ค) ด้วย SEM กำลังขยาย 1000

4.7 ผลการทดสอบความทนต่อการยับ

การประเมินผลความทนต่อการยับด้วยการวัดองศาการคืนตัวของผ้า หลังถูกทดสอบด้วยการพับแล้วทับด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน หลังจากเอาตุ้มน้ำหนักออกผ้าจะพยายามคืนตัวกลับสู่ตำแหน่งเดิมให้มากที่สุดเพื่อเกิดรอยยับให้น้อยที่สุด ดังนั้นถ้าผ้ามีองศาการคืนตัวมาก แสดงว่าผ้ามีความ

ต้านทานต่อการยับยั้งมาก ในทางตรงกันข้าม ผ้าที่มีองค์การคืนตัวน้อยจะเกิดรอยยับยั้งมาก เพราะมีความสามารถในการต้านทานต่อการยับยั้งต่ำ

ผลการทดสอบผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต 41.10 และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ ไคโตซาน 43.64 ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 องค์การคืนตัวต่อการยับยั้งของผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน

ตัวอย่าง	ด้านของผ้า	องค์การคืนตัว (°)	
		ยื่น	พุ่ง
ผ้าฝ้ายเปล่า	หน้าผ้า	144	138
	หลังผ้า	127	122
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต (%Grafting GMA = 41.10)	หน้าผ้า	201	197
	หลังผ้า	195	192
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน (%Grafting Chitosan = 43.64)	หน้าผ้า	178	175
	หลังผ้า	171	170

ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต จะให้ประสิทธิภาพการต้านทานต่อการยับยั้งมากที่สุด โดยวัดมุมมองการคืนตัวในแนวด้ายยืนกับพุ่ง ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า เท่ากับ 201 และ 195 กับ 197 และ 192 องศา ตามลำดับ เมื่อนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต มากราฟต์ด้วยสารละลายไคโตซานดังกระบวนการข้อ 3.6 แล้วนำมาทดสอบการยับ พบว่าประสิทธิภาพการต้านทานต่อการยับลดลง อย่างไรก็ตามผ้าฝ้ายที่ผ่านการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน มีความทนต่อการยับมากกว่าผ้าฝ้ายเปล่า

4.8 ผลการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

จากรายงานวิจัยของ Chung YC. และคณะ [6] ได้รายงานไว้ว่า ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 305 กิโลดอลตัน จะสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *E. coli* และ *S. aureus* ได้อย่างสมบูรณ์ จากการทดลองพบว่ากราฟต์ไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน บนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต จะให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์สูงสุดเท่ากับ 43.64 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แบคทีเรีย *E. coli* 1 สายพันธุ์ เป็นเชื้อสำหรับทดสอบในมาตรฐาน ASTM E 2149

การประเมินผลการทดสอบการต้านทานเชื้อ *E. coli* ของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน จะนับจำนวนโคโลนีของ *E. coli* ในหน่วยหน่วย CFU/ml ที่ผ่านการสัมผัสกับผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ด้วยวิธี Shake flask method ตามมาตรฐาน ASTM E 2149 เปรียบเทียบกับจำนวนโคโลนีของสารละลายเชื้อ *E. coli* ที่มีผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิล-

เมทาโคลเลต จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การต้านทานเชื้อ *E. coli* พบว่าผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีล-เมทาโคลเลต และไคโตซาน สามารถต้านทานเชื้อ *E. coli* ได้ร้อยละ 63.13

4.9 ผลการทดสอบความทนต่อการยับยั้งหลังผ่านการซัก

จากการนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต มาซักตามมาตรฐาน ATCC 135 1 และ 2 ครั้ง แล้วนำมาทดสอบการยับยั้งต่อตามมาตรฐาน ATCC 66 โดยกำหนดอุณหภูมิการซักเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส และการตากแห้งแบบ Line dry พบว่าองค์การคีนตัวของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีล-เมทาโคลเลตที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง จะมีองค์การคีนตัวต่อการยับยั้งลดลงในแนวด้ายยืนกับพุ่ง ของด้านหน้าพับกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพับกับด้านหลังผ้า เท่ากับ 11 และ 10 กับ 10 และ 12 องศา ตามลำดับ และเมื่อนำผ้าฝ้ายกราฟต์กราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตมาซักต่ออีก 1 ครั้ง แล้วทดสอบการยับยั้งอีกครั้ง พบว่ามีองค์การคีนตัวต่อการยับยั้งลดลงในแนวด้ายยืนกับพุ่ง ของด้านหน้าพับกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพับกับด้านหลังผ้า ลดลงอีกเท่ากับ 3 และ 6 กับ 4 และ 4 องศา ตามลำดับ ดังนั้นการซักจึงมีผลทำให้ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตยับยั้งง่ายขึ้น ดังตารางที่ 4.14

สำหรับการนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน มาซักตามมาตรฐาน ATCC 135 1 และ 2 ครั้ง แล้วนำมาทดสอบการยับยั้งต่อตามมาตรฐาน ATCC 66 โดยกำหนดอุณหภูมิการซักเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส และการตากแห้งแบบ Line dry พบว่าองค์การคีนตัวของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตที่ผ่านการซัก 1 ครั้ง จะมีองค์การคีนตัวต่อการยับยั้งลดลงในแนวด้ายยืนกับพุ่ง ของด้านหน้าพับกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพับกับด้านหลังผ้า เท่ากับ 13 และ 6 กับ 6 และ 8 องศา ตามลำดับ และเมื่อนำผ้าฝ้ายกราฟต์กราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน มาซักต่ออีก 1 ครั้ง แล้วทดสอบการยับยั้งอีกครั้ง พบว่ามีองค์การคีนตัวต่อการยับยั้งของด้านหน้าผ้ากับหลังผ้า ในแนวด้ายยืนและพุ่ง จะลดลงอีกเท่ากับ 4 และ 6 กับ 3 และ 2 องศา ตามลำดับ ดังนั้นการซักจึงมีผลทำให้ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซานยับยั้งง่ายขึ้น ดังตารางที่ 4.14

4.10 ผลการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียหลังผ่านการซัก

การทดสอบการต้านทานเชื้อ *E. coli* ตามมาตรฐาน ASTM E 2149 หลังผ่านการ 1 และ 2 ครั้ง ตามมาตรฐาน ATCC 135 โดยกำหนดอุณหภูมิการซักเท่ากับ 41 องศาเซลเซียส และการตากแห้งแบบ Line dry พบว่าการต้านทานเชื้อ *E. coli* จะลดลงเหลือร้อยละ 26.09 และ 21.74 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.15 อุณหภูมิ ผงซักฟอก น้ำ และการปั่นเหวี่ยง มีผลทำให้ไคโตซานหลุดออกจากผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E. coli* ลดลง ดังนั้นผ้าฝ้ายที่ผ่านการกราฟต์ไกลซีดีล เมทาโคลเลต และไคโตซาน ในงานวิจัยนี้ สามารถทนต่อการยับยั้งเพิ่มขึ้น และฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้ระดับหนึ่ง

ตารางที่ 4.14 องศาการคืนตัวของผ้าฝ้ายเปล่า, ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ผ่านการซัก 1 และ 2 ครั้ง

ตัวอย่าง	ซัก (รอบ)	ด้านของผ้า	องศาการคืนตัว (°)	
			ยืน	พุ่ง
ผ้าฝ้ายเปล่า	0	หน้าผ้า	144	138
		หลังผ้า	127	122
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต (%Grafting GMA = 41.10)	0	หน้าผ้า	201	197
		หลังผ้า	195	192
	1	หน้าผ้า	190	187
		หลังผ้า	185	180
	2	หน้าผ้า	187	181
		หลังผ้า	181	176
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน (%Grafting Chitosan = 43.64)	0	หน้าผ้า	178	175
		หลังผ้า	171	170
	1	หน้าผ้า	172	169
		หลังผ้า	165	162
	2	หน้าผ้า	168	163
		หลังผ้า	162	160

ตารางที่ 4.15 ประสิทธิภาพการต้านทาน *E. coli* ของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ก่อนซัก และผ่านการซัก 1 และ 2 ครั้ง ตามลำดับ

ตัวอย่าง	จำนวนโคโลนีในหลอด ทดลองที่มี ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีล- เมทาโคลเลต (CFU/ml)	จำนวนโคโลนีในหลอด ทดลองที่มี ผ้าฝ้าย กราฟต์ไกลซีดีลเมทา- โคลเลต และไคโตซาน (CFU/ml)	ประสิทธิภาพการ ต้าน <i>E. coli</i> (%)
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทา- โคลเลต และไคโตซาน ก่อนซัก	1.9×10^5	7.0×10^4	63.16
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทา- โคลเลต และไคโตซาน ซัก 1 ครั้ง	2.3×10^5	1.7×10^5	26.09
ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทา- โคลเลต และไคโตซาน ซัก 2 ครั้ง	2.3×10^5	1.8×10^5	21.74

4.11 การทดสอบความทนต่อแรงดึงของผ้าฝ้ายกราฟต์ด้วยไกลซีดิล เมทาโคลเลต และไคโตซาน

การทดสอบความทนต่อแรงดึงของผ้าฝ้าย ต้องทดสอบด้วยมาตรฐาน ASTM D5035 Breaking strength and elongation of textile fabrics – strip method เท่านั้น เพราะเป็นมาตรฐานเดียวสำหรับทดสอบผ้าทอ ตามมาตรฐานนี้จะใช้ตัวอย่างขนาด 5 × 20 ตารางเซนติเมตร ในแนวด้ายยืน และพุ่งของผ้า อย่างละ 8 ชั้น รวมเป็น 16 ชั้น ด้วยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ จึงไม่สามารถเตรียมปริมาณสารเคมีสำหรับขั้นตอนการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน ตามขนาด และจำนวนผ้า ได้อย่างครบถ้วน และสมบูรณ์ เนื่องจากไกลซีดิล-เมทาโคลเลต และสารเคมีอื่นในขั้นตอนการทดลอง มีราคาแพง และปริมาณจำกัด ดังนั้นการทดสอบตามมาตรฐานนี้จึงไม่สามารถทดสอบได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน บนผ้าฝ้าย ด้วยการฉายรังสีแกมมา

ผลการศึกษาการกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้าย ด้วยการฉายรังสีแกมมา พบว่าสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ อัตราปริมาณรังสีที่ 0.1137 กิโลเกรย์ต่ออนาที ปริมาณรังสี 20 กิโลเกรย์ ใช้สารละลายผสมเมทานอลกับน้ำ อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตรต่อปริมาตร เป็นตัวทำละลายไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไกลซีดิลเมทาโคลเลต เข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์เท่ากับ 41.10 ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะทำให้ผ้าฝ้ายมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีได้ทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy จะพบหมู่ไฮดรอกซิล เอสเทอร์ อีเทอร์ และอีพอกซี ของไกลซีดิลเมทาโคลเลต แสดงว่ามีไกลซีดิลเมทาโคลเลต เกาะบนผ้าฝ้าย หลังจากนั้นจึงทำการกราฟต์ไคโตซานกับผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต โดยการฉายรังสีแกมมา พบว่า วิธีนี้ไม่เหมาะสม เนื่องจากไม่สามารถกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ดังนั้นจึงใช้วิธีการทดลองการกราฟต์ไคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ด้วยวิธีทางเคมี การกราฟต์ไคโตซานบน ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ทำได้โดยการนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต อุณหภูมิในสารละลายไคโตซานน้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์การกราฟต์สูงสุด 43.64 จากภาพถ่ายโครงสร้างของเส้นใยผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิล และไคโตซาน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเส้นใยเซลลูโลสของผ้าฝ้ายเปล่าจะมีลักษณะเรียบ ส่วนเส้นใยของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน จะสังเกตเห็นเส้นใยมีลักษณะใหญ่ และหนามากขึ้นตามลำดับ จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่ามีไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน เกาะบนผ้าฝ้าย

ผลการศึกษาความทนต่อการยับ

ในขั้นตอนนี้ได้นำผ้าฝ้ายเปล่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต เท่ากับ 41.10 และ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน เปอร์เซ็นต์การกราฟต์ไคโตซานเท่ากับ 43.64 มาทดสอบการยับตามมาตรฐาน ATCC method 66-2008 Wrinkle Recovery of Woven Fabrics: Recovery Angle พบว่า ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต ยับยากที่สุด แต่สำหรับ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน กลับพบว่าความสามารถต้านทานการยับลดลง อย่างไรก็ตาม ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และไคโตซาน มีความทนต่อการยับสูงกว่าผ้าฝ้ายเปล่า โดยมีองศาการคืนตัวต่อการยับสูงกว่าในแนว

ยื่น ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า 34 และ 38 องศา และในแนวพุ่ง ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า 38 และ 48 องศา ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ที่ผ่านการซักจะทำให้ความสามารถด้านทานการยับลดลง โดยผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลตผ่านการซัก 2 ครั้ง จะมีองศาการคืนตัวต่อการยับลดลงในแนวยืน ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า 14 และ 14 องศา และในแนวพุ่ง ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า 16 และ 16 องศา ตามลำดับ ส่วนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน จะมีองศาการคืนตัวต่อการยับลดลงในแนวยืน ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า 10 และ 9 องศา และในแนวพุ่ง ของด้านหน้าพบกับด้านหน้าผ้า และด้านหลังพบกับด้านหลังผ้า 12 และ 10 องศา ตามลำดับ

ผลการศึกษการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์

ในขั้นตอนนี้ได้นำ ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ก่อนซัก และหลังซัก 1 และ 2 รอบ มาทดสอบการต้านทานเชื้อ *E. coli* ตามมาตรฐาน ASTM E 2149 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions พบว่าผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ก่อนซัก สามารถต้านทานเชื้อ *E. coli* ได้ร้อยละ 63.16 ส่วนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ที่ผ่านการซัก 1 และ 2 รอบ จะต้านทานเชื้อ *E. coli* ลดลงเหลือร้อยละ 26.09 และ 21.74 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในขั้นตอนการทดลองการนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต อุ้มน้ำในสารละลายโคโตซาน น้ำหนักโมเลกุล 76 กิโลดอลตัน ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง แล้วนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซานที่ได้ไปวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค Infrared spectroscopy พบว่ามีพีคสเปกตรัมอินฟราเรดหมู่เอพอกซีของไกลซีดิลเมทาโคลเลต ดังนั้นผลของการกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต จึงไม่สามารถสร้างพันธะโควาเลนต์ของหมู่เอมีโนของโคโตซานกับหมู่เอพอกซีของไกลซีดิลเมทาโคลเลต ได้เช่นเดียวกับงานวิจัยของ M. Yakup Arica และคณะ พันธะเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างโคโตซานกับผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลตจึงเป็นพันธะไฮโดรเจน เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะที่อ่อนแอ จึงส่งผลให้ผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดิลเมทาโคลเลต และโคโตซาน ที่ผ่านการซัก 1 และ 2 ครั้ง มีความสามารถต้านทานเชื้อ *E. coli* ลดลงจากเดิมร้อยละ 63.16 ลดลงเหลือ 26.09 และ 21.74 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ไม่สามารถกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายได้ด้วยกระบวนการฉายรังสีแกมมา แต่สามารถกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตได้ด้วยการสร้างพันธะไอออนิก จึงส่งผลให้ตัวอย่างต้านทานเชื้อ *E. coli* ลดน้อยลงมากเมื่อผ่านการซักหลายครั้ง ดังนั้นควรศึกษาหาวิธีการกราฟต์โคโตซานบนผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลตอื่นเพิ่มเติม เพื่อสร้างพันธะเคมีที่แข็งแรงระหว่างโคโตซานกับผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต แล้วส่งผลให้ตัวอย่างมีความคงทนต่อการต้านทานเชื้อ *E. coli* แม้ผ่านการซักหลายครั้ง และควรนำผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต และโคโตซานมาศึกษาความสามารถการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์อื่นเพิ่มเติม เช่น รา เป็นต้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

1. E.S. Abdel-Halim, et al., *Incorporation of chlorohexidin diacetate into cotton fabrics grafted with glycidyl methacrylate and cyclodextrin*. Carbohydrate Polymers, January 2010. **79**: p. 47 – 53
2. A. Hebeish, A. El-Shafei, and M. El-Bisi., *Synthesis and characterization of poly(acrylic acid) and poly(glycidyl methacrylate) chitosan graft copolymers and their application to cotton fabric*. Polymer-plastic technology and engineering, September 2006. **44**: p. 427-445.
3. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ and พริยะ แก่นทับทิม, การตกแต่งผ้าฝ้ายทนต่อการยับย่นด้านทานเชื้อรา และแบคทีเรีย ด้วยสารไกลออกซอล และไคโตซาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2547, กรุงเทพมหานคร.
4. สุกัญญา ยาเสร็จ, การยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่โดยเคลือบไคโตซานที่เตรียมจากการฉายรังสีแกมมา. 2554, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. S., G., et al., *Synthesis, characterization and metal ion sorption studies of graft copolymers of cellulose with glycidyl methacrylate and some comonomers*. Cellulose 12 March 2004: p. 97-110.
6. Hesham H. Sokker, et al., *Radiation-induced grafting of glycidyl methacrylate onto cotton fabric waste and its modification for anchoring hazardous wastes from their solutions*. Journal of Hazardous Materials 168, August 2009: p. 137-144.
7. M. Yakup Arica, Meltem Yilmaz, and G. Bayramoglu, *Chitosan-Grafted Poly(hydroxyethyl methacrylate-co-glycidyl methacrylate) Membranes for Reversible Enzyme Immobilization*. Journal of Applied Science DOI 10.1002/app.25466, March 2007: p. 3084-3093.
8. Renata Czechowska-Biskup, et al., *Determination of Degree of Deacetylation of Chitosan Comparison of Method*. Progress in Chemistry and Application of Chitin, September 2012. **Volume XVII**: p. 1 – 20.
9. Sciences, D.o.B., *Carbohydrate*, in *University of Delhi* April 13, 2013, http://eduframe.net/andc/biology/SunitaBio/carbohydrates%20%20text_html_m2eb651d0.png
10. Portland State University, *Organic chemistry 3* 2013, March 30: <http://web.pdx.edu/~wamserc/CH332W97/14gifs/14g.gif>.
11. The university of Waikato, *Plant structure and fution* 2013, March 30: <http://sci.waikato.ac.nz/farm/images/cellulose%20structure%20RF.jpg>

12. Cheer J., *Bare Bone Chemistry* 2013, May 22:
http://andersonlab.qb3.berkeley.edu/Tutorials/Bare_Bones_Biochemistry_files/image023.jpg
13. Aldrich, S., *Glycidyl methacrylate*. 2013, March 30:
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/151238?lang=en®ion=TH2013>
14. The mac graw hill company, *Ether, Epoxides and sulfides* 2013, March 30:
<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/carey/student/olc/ch16reactionsepoxides.html>
15. Chung Y.-S., Lee K.-K., and K. J.-W., *Durable press and antimicrobial finishing of cotton fabrics with a citric acid and chitosan treatment*. *Textile Research Journal*, October 1998. **68**: p. 772–775.
16. Lian-Ying Zheng and J.-F. Zhu., *Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights*. *Carbohydrate Polymers* December 2003. **54** p. 527–530.
17. Bhattacharya A, *Radiation industrial polymers*. Vol. 25 January 2000: Progress in polymer science



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก.
วิธีการคำนวณหา

ประสิทธิภาพการกราฟต์

กำหนดสูตรคำนวณ

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = [(w_1 - w_0)/w_0] \times 100$$

เมื่อ w_0 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าฝ้ายก่อนกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน

เมื่อ w_1 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าฝ้ายหลังกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน และสกัดโพลิเมอร์แล้ว

ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพการกราฟต์จากตารางที่ 4.1

น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าฝ้ายเปล่า (w_0) = 0.1070 กรัม

น้ำหนักเฉลี่ยของผ้าฝ้ายกราฟต์ไกลซิลิเลทาโคลเลต (w_1) = 0.1662 กรัม

ประสิทธิภาพ (%) = $[(0.1662 - 0.1070)/0.1070] \times 100$

= 35.61

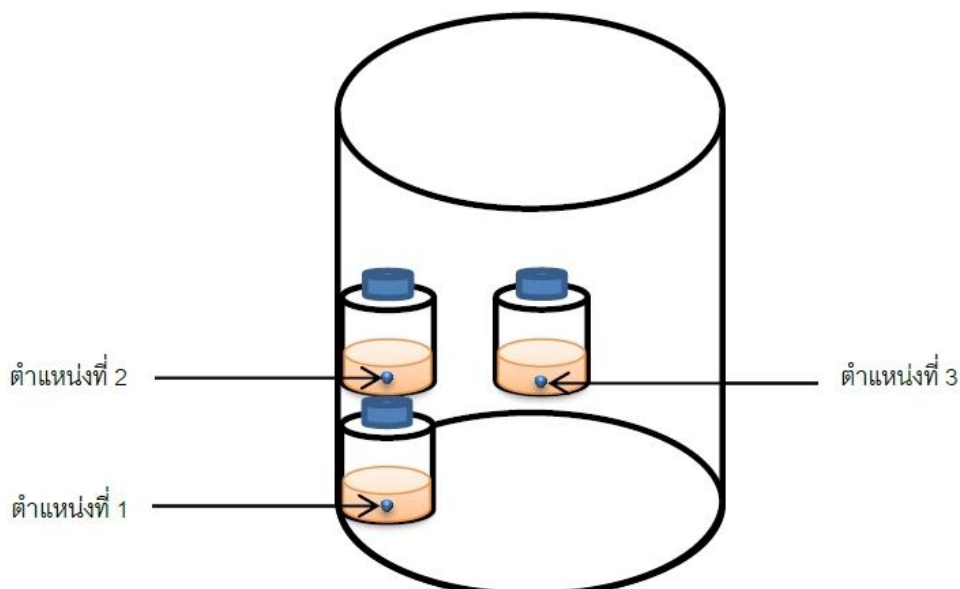
ภาคผนวก ข.

รายงานผลการวัดปริมาณรังสี
(การกระจายของปริมาณรังสี)

<u>ชื่อโครงการ</u>	การกราฟต์ไกลซีดีลเมทาโคลเลต บนผ้าฝ้ายด้วยการฉายรังสี
<u>ผู้ขอวัดปริมาณรังสี</u>	ณัฐธิน โยคจักษ์ศรี (นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
<u>วันที่ฉายรังสี</u>	13 กรกฎาคม พ.ศ. 2555
<u>เครื่องฉายรังสี</u>	Gammacell 220 excell
<u>ชนิดของเครื่องวัดปริมาณรังสี</u>	ใช้ Alanine เป็น Dosimeter
<u>ผลิตภัณฑ์ที่ฉายรังสี</u>	ชื่อผลิตภัณฑ์ ผ้าฝ้ายจุ่มสารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต ภาชนะบรรจุ ขวดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร

รายละเอียดการฉายรังสี

ผ้าฝ้ายขนาด 2.5×5 ตารางเซนติเมตร จุ่มในสารละลายไกลซีดีลเมทาโคลเลต ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ติด Alanine ที่ตำแหน่งด้านนอกหลอดทดลองไม่เกินความสูงของสารละลาย เพื่อหาอัตราปริมาณรังสี (กิโลเกรย์ต่อนาที) 3 ตำแหน่งดังภาพ



ผลการวัดปริมาณรังสี

ตำแหน่ง	เวลาในการฉายรังสี (นาที)	ปริมาณรังสี (กิโลเกรย์)	อัตราปริมาณรังสี (กิโลเกรย์ต่อนาที)
1	90	6.680	0.0742
2		10.238	0.1137
3		8.001	0.0889



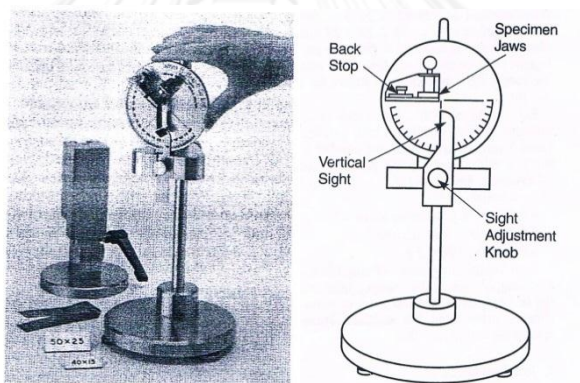
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค.

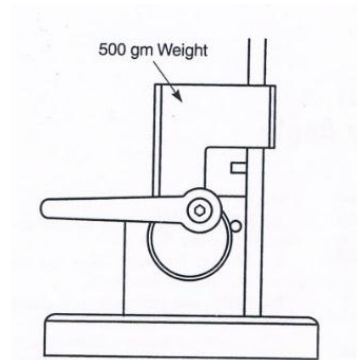
มาตรฐานการทดสอบ

1. มาตรฐาน ATCC method 66-2008 Wrinkle Recovery of Woven Fabrics: Recovery Angle

การทดสอบความยับของผ้าทอ ด้วยการวัดองศาการคืนตัวหลังถูกกดทับด้วยน้ำหนักมาตรฐาน อุปกรณ์ที่ใช้คือ Wrinkle Recovery Angle Tester และ Loading device วิธีก็คือ ตัดผ้าขนาด 1.5×4 ตารางเซนติเมตร แล้วกดทับด้วย Loading Device น้ำหนักมาตรฐาน 500 กรัม แนวด้ายยืน (Warp) และพุ่ง (Filling) ของด้านหน้าพบกับด้านหน้า และด้านหลังพบกับด้านหลัง นาน 60 วินาที แล้วปล่อยให้ผ้าคลายตัวจนนิ่ง ทิ้งไว้ 5 นาที แล้ววัดองศาการคืนตัวของผ้า ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของมุมการคืนตัว กำหนดอุณหภูมิ 21 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้น 65 ± 2 %RH



Wrinkle Recovery Angle Tester



Loading device

2. มาตรฐาน ATCC method 135-2004 Dimensional Change of Fabric after Home Laundering

การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสมบัติของผ้าทอหลังผ่านการซักแบบมาตรฐาน ใช้เปรียบเทียบกับ การซักทั่วไปในครัวเรือนด้วยเครื่องซักผ้า สมบัติทางกายภาพที่ใช้รายงานผล ได้แก่ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Dimensional Change) ความยาว และความกว้าง และการลดลงของรอยเปื้อน การเตรียมตัวอย่างเตรียมได้หลายขนาด ได้แก่ 610 × 610 และ 380 × 380 ตารางมิลลิเมตร สำหรับผ้าที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดที่กำหนดดังกล่าว สามารถเตรียมผ้าทอความกว้างเท่าไรก็ได้ แต่ ความยาวต้องมีขนาด 380 มิลลิเมตร การกำหนดเงื่อนไขการซัก จะเลือกกำหนดอุณหภูมิ 27, 41, 49 และ 60 องศาเซลเซียส (ปกติในประเทศไทยมักเลือกกำหนด 41 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิ ใกล้เคียงกับบรรยากาศในประเทศไทย) การกำหนดเงื่อนไขทำให้แห้งมีหลายแบบได้แก่ การปั่นแห้ง (Tumble dry) การตากแห้ง (Line dry) และการตากแห้งด้วยไม้แขวนเสื้อ (Drip dry) การกำหนด เงื่อนไขของเครื่องซักผ้ามีสามแบบได้แก่ Normal, Delicate และ Permanent Press

การซักจะถ่วงตม้ น้ำหนักกับผ้า 1.8 กิโลกรัม ปรับระดับน้ำ 18 gal หรือ 22 gal อุณหภูมิ ของน้ำเริ่มต้น 29 องศาเซลเซียส เติมผงซักฟอกมาตรฐาน 66 กรัม (1993 AATCC Standard Reference Detergent) เริ่มต้นซักโดยกำหนดอุณหภูมิการซักและวิธีทำให้แห้งตามมาตรฐานที่เลือก ไว้ หลังจากกระบวนการซักและทำให้แห้งแล้วจะคำนวณการเปลี่ยนแปลงรูปร่างดังสมการที่ 2.2

$$\text{Average\% DC} = 100(B - A)/A$$

..... 2.2

- เมื่อ
- DC คือ ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
 - A คือ ค่าเฉลี่ยรูปร่างเริ่มต้น
 - B คือ ค่าเฉลี่ยรูปร่างหลังผ่านการซัก

เงื่อนไขการซักของเครื่องซักผ้า

เงื่อนไข	Normal	Delicate	Permanent press
ระดับน้ำ	18 ± 1 gal	18 ± 1 gal	18 ± 1 gal
ความเร็วของใบพัด	179 ± 2 spm	119 ± 2 spm	179 ± 2 spm
เวลาการซัก	12 min	8 min	10 min
ความเร็วการปั่นหมาด	645 ± 15 rpm	430 ± rpm	430 ± rpm
เวลาการปั่นหมาด	6 min	4 min	4min

3. มาตรฐาน ASTM E 2149 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions

การทดสอบฤทธิ์ต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการ Shake flask method โดยตัวอย่างจะจุ่มอยู่ในสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ แล้วรายงานผลเป็นอัตราการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์เทียบกับสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ควบคุม สามารถทดสอบตัวอย่างได้หลายชนิด เช่น ไฟเบอร์ ผ้า เป็นต้น

การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ สามารถเลือกเชื้อในการทดลองได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับความต้องการทดสอบเชื้อชนิดใด ตัวอย่างเช่น การเลี้ยงเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* จะถูกบ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ 18 ชั่วโมง แล้วเจือจางสารละลายเชื้อด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ แล้ววัดค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารละลายเชื้อได้ 0.28 ± 0.01 ที่ความยาวคลื่น 475 นาโนเมตร จำนวนโคโลนีของเชื้อจะเท่ากับ $1.5 - 3.0 \times 10^8$ CFU/ml เจือจางต่อจนกระทั่ง จำนวนโคโลนีเท่ากับ $1.5-3.0 \times 10^5$ CFU/ml สำหรับเชื้อสายพันธุ์อื่นจะเจือจางในสารละลายบัฟเฟอร์ด้วยวิธีที่เหมาะสมจนมีจำนวนโคโลนีของเชื้อเท่ากับ $1.5-3.0 \times 10^5$ CFU/ml เช่นกัน

เติมสารละลายเชื้อลงใน Erlenmeyer flask สะอาดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ขนาด 250 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าครั้งแรกด้วยเครื่อง Wrist-action shaker ความเร็วสูงสุดนาน 1 นาที เพื่อให้สารละลายเข้ากัน เทสารละลายในจานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) แล้วนำไปบ่ม เพื่อใช้เป็นตัวอย่างควบคุม เติมตัวอย่าง 0.1 กรัมลงในสารละลายเชื้อที่เหลือ เขย่าต่ออนาน 1 ชั่วโมง แล้วถ่ายสารละลายลงจานเลี้ยงเชื้อ บ่มเขื่อนาน 24 ถึง 48 ชั่วโมง แล้วนับโคโลนีในหน่วย Colony forming units per milliliter (CFU/ml) การคำนวณประสิทธิภาพการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ดังสมการที่ 2.3

$$\text{Reduction, \% (CFU/ml)} = [(B - A)/B] \times 100 \quad \dots\dots\dots 2.3$$

- เมื่อ
- A คือ ปริมาณเชื้อหลังผ่านการเขย่ากับตัวอย่าง (CFU/ml)
 - B คือ ปริมาณเชื้อของสารละลายเชื้อควบคุม (CFU/ml)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ณัฏฐ์ธัน โยคจักษุศรี เกิดเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา (รังสีประยุกต์และไอโซโทป) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2551 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2552



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY