

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูลอสบนผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

นางสาว ฐัฐนิชา เสงประภากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CARBOXYMETHYLATION ON COTTON GAUZE BY EXHAUSTION
AND PAD-DRY-CURE METHODS

Miss Natnicha Hengprapakron

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology
Department of Materials Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2008
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

คาร์บอกซีเมทิลเลชันบนผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีการดูดซับและ
วิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปั๊ม

โดย

นางสาว ณัฐนิชา เสงประภากร

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร. วนิดา จันทริวิกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพันธ์ เจียมศิริเลิศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร. วนิดา จันทริวิกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษษา แสงวัฒนาโรจน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร์)

ณัฐธิดา เสงประภากร : คาร์บอกซีเมทิลเลชันบนผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีการดูดซับและวิธีการ
 อัดรีด-อบแห้ง-ป่ม. (CARBOXYMETHYLATION ON COTTON GAUZE BY
 EXHAUSTION AND PAD-DRY-CURE METHODS). อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก :
 ผศ.ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ดร. วนิดา จันทวิบูล
 83 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดแปรรูปผ้าฝ้ายกอสด้วยกระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบ
 วิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ซึ่งการตัดแปรรูปผ้าฝ้ายกอสทำได้ด้วยการใช้ปฏิกิริยา
 อีเทอร์ฟิเคชันกับโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดโมโนคลอโรแอซิดิก และศึกษาตัวแปรของความ
 เข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และระยะเวลาในการทำ
 ปฏิกิริยา ที่มีผลกระทบต่อการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายกอสด้วยหมู่คาร์บอกซิล และศึกษา
 สมบัติการแข็งตัวของเลือด การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรีย ประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลาย
 ไคโตซานและสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต การดูดซึมน้ำ ความขาว และความแข็งแรงต่อแรงดัน
 ทะลุของผ้าฝ้ายกอสที่ตัดแปรรูป จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าระดับของการแทนที่เทียบเคียงมี
 แนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอก
 ซไซด์ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ผ้าฝ้ายกอสตัดแปรรูปที่มีระดับการแทนที่หมู่ไฮดรอก
 ซิลของผ้าฝ้ายกอสด้วยหมู่คาร์บอกซิลเพิ่มขึ้น มีความสามารถดูดซับไคโตซานและซิลเวอร์ไนเตรต
 ได้มากขึ้นและเก็บสารทั้งสองได้ในระยะเวลาที่นานขึ้น ผ้าฝ้ายกอสตัดแปรรูปสามารถต้านทานเชื้อ
 แบคทีเรียได้ดีกว่าผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ตัดแปรรูป ค่าดัชนีความขาวและค่าการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอส
 ตัดแปรรูปใกล้เคียงกับผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ตัดแปรรูป ส่วนค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอส
 ตัดแปรรูปมีค่าเพิ่มขึ้น ผ้าฝ้ายกอสตัดแปรรูปซึ่งมีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงประมาณ 0.4-0.5 ช่วย
 เร่งการแข็งตัวของเลือดได้ดีกว่าผ้าฝ้ายกอสตัดแปรรูปที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงที่สูงกว่า

ภาควิชาวัสดุศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
 ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4972620923 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEYWORDS : gauze dressing / carboxymethylcellulose / blood clotting / chitosan

NATNICHIA HENGPRAPAKRON : CARBOXYMETHYLATION ON COTTON GAUZE
BY EXHAUSTION AND PAD-DRY-CURE METHODS.

THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SIRIWAN KITTINAOVARAT, Ph.D.,

THESIS CO-ADVISOR : WANIDA JANVIKUL, Ph.D., 83 pp.

The objective of this research was to modify cotton gauze by carboxymethylation by exhaustion and pad-dry-cure method by etherification with sodium hydroxide and monochloroacetic acid. Effect of three factors of monochloroacetic acid, sodium hydroxide and reaction time on the degree of substitution on modified cotton gauze were studied. Blood clotting, antibacterial, chitosan and silver nitrate absorption, water absorption, whiteness and bursting strength of the unmodified and modified cotton gauze were also studied. The results of this research found that increasing the concentration of monochloroacetic acid, concentration of sodium hydroxide and reaction time could provide a better relative degree of substitution on modified cotton gauze. Modified cotton gauze having a higher degree of substitution had a better absorption of chitosan and silver nitrate and retained two agents longer than those of unmodified cotton gauze and those of modified cotton gauze having a low degree of substitution. Modified cotton gauze had more efficiency of antibacterial than unmodified cotton gauze. Bursting strength of modified cotton gauze increased due to the shrinkage of cotton gauze. Whiteness and water absorption of modified cotton gauze were comparable to those of unmodified cotton gauze. Modified cotton gauze having the relative degree of substitution about 0.4-0.5 provided a faster rate of blood clotting, compared with cotton gauze having the higher relative degree of substitution.

Department : Materials Science

Field of Study : Applied Polymer Science and Textile Technology

Academic Year : 2008

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ.....	ฒ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ฟ้าฝ้ายกอส.....	4
2.2 สารประเภทเซลลูโลสอีเทอร์ (Cellulose ethers)	5
2.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (Carboxymethylcellulose : CMC)	7
2.3.1 ระบบของปฏิกิริยา (Reaction system) ในการสังเคราะห์ซีเอ็มซี.....	7
2.3.2 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ซีเอ็มซี.....	8
2.3.3 สมบัติของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี.....	8
2.3.3.1 การละลาย.....	8
2.3.3.2 ความหนืด.....	9
2.3.3.3 เสถียรภาพ.....	9
2.3.3.4 ความสามารถในการเกิดฟิล์ม.....	9
2.3.3.5 ความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต.....	9
2.3.4 การประยุกต์ในอุตสาหกรรม.....	10
2.4 ส่วนประกอบของเลือดและกลไกการแข็งตัวของเลือด.....	11
2.4.1 ลักษณะทั่วไปของเลือด.....	11
2.4.2 ส่วนประกอบของระบบเลือด.....	11
2.4.2.1 พลาสมา.....	12

บทที่	หน้า
2.4.2.2 เม็ดเลือด.....	12
2.4.3 การสร้างเลือด.....	13
2.4.4 กลไกการแข็งตัวของเลือด.....	13
2.5 ไคโตซาน.....	14
2.5.1 ลักษณะทั่วไปของไคโตซาน.....	14
2.5.2 ประยุกต์ใช้งานของไคโตซาน.....	15
2.6 ซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate)	16
2.7 แบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i>	17
2.7.1 ลักษณะของแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i>	17
2.7.2 ที่มาของแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i>	18
2.7.3 การเข้าสู่ร่างกาย.....	18
2.8 แบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i>	19
2.8.1 ลักษณะของแบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i>	19
2.8.2 การก่อให้เกิดโรค.....	19
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
2.9.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส.....	20
2.9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด.....	21
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
3.1 วัสดุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	22
3.1.1 วัสดุดิบ.....	22
3.1.2 สารเคมี.....	22
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	22
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	23
3.4 การดำเนินงานการวิจัย.....	23
3.4.1 การตัดแปรร่วมผ้าฝ้ายกชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน.....	23
3.4.1.1 การตัดแปรร่วมผ้าฝ้ายกชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน โดยวิธีการดูดซับ (Exhaustion).....	23
3.4.1.2 การตัดแปรร่วมผ้าฝ้ายกชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน โดยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม (Pad-dry-cure).....	25

บทที่	หน้า
3.4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรด้วย เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR).....	26
3.4.2.1 หลักการทำงานของเทคนิค ATR.....	27
3.4.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์.....	27
3.4.2.3 การคำนวณหาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution ; DS _{rel})	27
3.4.3 การหาประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายไคโตซานของผ้าฝ้ายกอล....	28
3.4.3.1 ขั้นตอนการทดสอบ.....	28
3.4.3.2 วิธีคำนวณหาค่าร้อยละของไคโตซานที่เหลืออยู่ บนผ้าฝ้ายกอล (Chitosan retained ; %).....	29
3.4.4 การหาประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ของผ้าฝ้ายกอล.....	29
3.4.4.1 ขั้นตอนการทดสอบ.....	29
3.4.4.2 วิธีคำนวณหาค่าร้อยละของซิลเวอร์ไนเตรตที่เหลืออยู่ บนผ้าฝ้ายกอล (Silver nitrate retained ; %).....	30
3.4.5 การทดสอบสมบัติการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT).....	30
3.4.5.1 ขั้นตอนการทดสอบ.....	30
3.4.5.2 การคำนวณค่าการแข็งตัวของเลือด.....	31
3.4.6 การทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย.....	32
3.4.6.1 ขั้นตอนการทดสอบ.....	32
3.4.6.2 การคำนวณหาร้อยละของการลดลงของแบคทีเรีย.....	33
3.4.7 การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water absorption)	33
3.4.7.1 ขั้นตอนการทดสอบ.....	33
3.4.7.2 วิธีคำนวณหาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water absorption)	34
3.4.8 การหาค่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรของผ้าฝ้ายกอล.....	34
3.4.8.1 ขั้นตอนการทดสอบ.....	34

บทที่	หน้า
3.4.9 การทดสอบดัชนีความขาว (Whiteness Index).....	34
3.4.10 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (Bursting strength).....	34
4. ผลและการอภิปรายผลการทดลอง.....	35
4.1 การตัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน.....	35
4.1.1 ผลการตัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบ วิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม.....	35
4.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอช.....	36
4.2.1 การศึกษาภาวะที่มีผลต่อการตัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วย วิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	36
4.2.1.1 ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิกที่มีผลต่อ ระดับการแทนที่เทียบเคียงบนผ้าฝ้ายกอชตัดแปร.....	37
4.2.1.2 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อ ระดับการแทนที่เทียบเคียงบนผ้าฝ้ายกอชตัดแปร.....	39
4.2.1.3 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อ ระดับการแทนที่เทียบเคียงบนผ้าฝ้ายกอชตัดแปร.....	40
4.2.2 การศึกษาภาวะที่มีผลต่อการตัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วย วิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม.....	41
4.2.2.1 ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิกที่มีผลต่อ ระดับการแทนที่เทียบเคียงบนผ้าฝ้ายกอชตัดแปร.....	42
4.2.2.2 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อ ระดับการแทนที่เทียบเคียงบนผ้าฝ้ายกอชตัดแปร.....	44
4.2.2.3 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อ ระดับการแทนที่เทียบเคียงบนผ้าฝ้ายกอชตัดแปร.....	45
4.3 ประสิทธิภาพการเก็บไคโตซานหรือสารซิลเวอร์ในเตรต.....	46
4.3.1 ประสิทธิภาพการเก็บไคโตซานของผ้าฝ้ายกอชตัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	46
4.3.2 ประสิทธิภาพการเก็บไคโตซานของผ้าฝ้ายกอชตัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม.....	47

บทที่	หน้า
4.3.3 ประสิทธิภาพการเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	48
4.3.4 ประสิทธิภาพการเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม.....	49
4.4 ผลการทดสอบการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT)...	50
4.4.1 ผลการทดสอบการแข็งตัวของเลือดของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	50
4.4.2 ผลการทดสอบการแข็งตัวของเลือดของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม.....	51
4.5 ผลการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย	52
4.5.1 ผลการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	52
4.5.2 ผลการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม.....	54
4.6 ผลการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water absorption).....	56
4.6.1 ผลการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	56
4.6.2 ผลการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม.....	57
4.7 ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอชและค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ.....	58
4.7.1 ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอชและค่าความแข็งแรงต่อ แรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน แบบวิธีการดูดซับ.....	58
4.7.2 ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอชและค่าความแข็งแรงต่อแรง ดันทะลุของผ้าฝ้ายกอชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน แบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม.....	59
4.8 ผลการทดสอบดัชนีความขาว (Whiteness index).....	60
4.8.1 ผลการทดสอบดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	60

บทที่	หน้า
4.8.2 ผลการทดสอบดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอสตัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป้อม.....	60
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	67
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	83

สารบัญญัตราจ

ตารางที่		หน้า
2.1	ชนิด จำนวนเส้นด้าย และน้ำหนัก.....	4
2.2	แสดงสมบัติของซีเอ็มซีที่นำมาประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ.....	10
3.1	สูตรที่ใช้ในดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบการดูดซับ.....	24
3.2	สูตรที่ใช้ในดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบการ อัครีด-อบแห้ง-ป่ม.....	26
4.1	ภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอสดัดแปร และลักษณะกายภาพของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบ วิธีการดูดซับ.....	36
4.2	ภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอสดัดแปร และลักษณะกายภาพของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบ วิธีการอัครีด-อบแห้ง-ป่ม.....	41
4.3	ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปร ด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์ บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ.....	49
4.4	ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปร ด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์ บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัครีด-อบแห้ง-ป่ม.....	50
4.5	ผลของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> และเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยวิธีการ คาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างกัน รวมทั้งที่มีและไม่มีสารโคโตซานและสารซิลเวอร์ในเตรต.....	54
4.6	ผลของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i> และเชื้อ <i>Escherichia coli</i> ของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอก ซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัครีด-อบแห้ง-ป่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง ต่างกัน.....	56

ตารางที่		หน้า
4.7	ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอมและความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอมที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเอชันแบบวิธีการดูดซับ.....	58
4.8	ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอมและความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอมที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเอชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม.....	59

สารบัญญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส.....	5
2.2	ตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลใน Anhydroglucose unit.....	6
2.3	ตัวอย่างของค่า Degree of substitution ที่เท่ากับ 2.0.....	6
2.4	ปฏิกิริยาทั่วไปของการสังเคราะห์เซลลูโลสอีเทอร์.....	7
2.5	ปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส.....	8
2.6	แสดงขั้นตอนการแข็งตัวของเลือด.....	14
2.7	แสดงโครงสร้างของโคโคซาน.....	15
2.8	แสดงลักษณะแบคทีเรีย <i>Staphylococcus aureus</i>	18
2.9	แสดงลักษณะแบคทีเรีย <i>Escherichia coli</i>	19
3.1	เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy รุ่น Nicolet 6700.....	27
3.2	เครื่อง Ultra centrifugal mill.....	31
3.3	การเจาะเลือดโดยใช้ Two-syringe technique.....	32
3.4	อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)	32
4.1	เปรียบเทียบ ATR-FTIR spectrum ของผ้าฝ้ายกอชไม่ดัดแปรและ ผ้าฝ้ายกอชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ และวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม.....	35
4.2	ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดติดต่อดัชนีการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 (W/V) เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้น แบบวิธีการดูดซับ.....	38
4.3	ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดติดต่อดัชนีการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 45 (W/V) เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้น แบบวิธีการดูดซับ.....	38
4.4	ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อดัชนีการแทนที่เทียบเคียง ใน ภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอซิดร้อยละ 30 (W/V) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ..	39

รูปที่		หน้า
4.5	ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่ ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสีติกคองที่ร้อยละ 30 (W/V) และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คองที่ร้อยละ 40 (W/V) ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการดูดซับ.....	40
4.6	ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสีติกต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 30 (W/V) เป็นเวลา 3, 7 และ 10 นาที ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ปม.....	43
4.7	ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสีติกต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 35 (W/V) เป็นเวลา 3, 7 และ 10 นาที ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ปม.....	44
4.8	ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสีติกร้อยละ 25 (W/V) เป็นเวลา 10 นาที ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ปม.....	45
4.9	ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่ ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสีติกคองที่ร้อยละ 25 (W/V) และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คองที่ร้อยละ 30 (W/V) ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ปม.....	46
4.10	ร้อยละของการเก็บสารโคโคซานของผ้าฝ้ายกอลที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการดูดซับ.....	47
4.11	ร้อยละของการเก็บสารโคโคซานของผ้าฝ้ายกอลที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ปม.....	48
4.12	ผลการทดสอบสมบัติการแข็งตัวของเลือด (whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอลที่ไม่ดัดแปรและดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลขันแบบวิธีการดูดซับ.....	51

รูปที่	หน้า
4.13	ผลการทดสอบสมบัติการแข็งตัวของเลือด (whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอซที่ไม่ดัดแปรและดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลรีด-อบแห้ง-ปม..... 52
4.14	ร้อยละของการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอซที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน..... 57
4.15	ร้อยละของการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอซที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลรีด-อบแห้ง-ปม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน..... 57
4.16	ค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอซที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน..... 60
4.17	ค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอซที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลรีด-อบแห้ง-ปม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน..... 61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันการเกิดอุบัติเหตุมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี บาดเจ็บที่พบบ่อยจากการเกิดอุบัติเหตุ เช่น ผีวหนังสือขาด ผีวหนังสือถลอกจากการเสียดสี ส่งผลให้เกิดการเสียดเลือดเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต้องมีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อป้องกันการติดเชื้อและช่วยให้การหยุดไหลของเลือดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่สุด วัสดุที่สำคัญมากอย่างหนึ่งที่น่านำมาใช้ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้นคือ ผ้ากอซ ซึ่งผ้ากอซเป็นผ้าปิดแผลหรือผ้าพันแผลที่นิยมนำมาใช้ในการรักษาบาดแผลเบื้องต้น เพราะสามารถหาได้ง่าย ราคาไม่แพง และผลิตได้ในประเทศ วัสดุปิดแผลมีหน้าที่ช่วยปกป้องแผลจากสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาทำลายเนื้อเยื่อ ดูดซับของเหลวที่ไหลออกจากบริเวณบาดแผล และบางวัสดุอาจช่วยในการแข็งตัวของเลือดเพื่อให้เลือดหยุดไหลเร็วที่สุด

หลักการดูแลบาดแผลเบื้องต้น คือจะต้องดูแลบาดแผลให้สะอาด สามารถดูดซับของเหลวจากบาดแผลเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการติดเชื้อ ซึ่งโดยทั่วไปผ้าฝ้ายกอซที่ทำจากเส้นใยเซลลูโลสมีสมบัติในการดูแลรักษาบาดแผลได้ในระดับหนึ่ง ในด้านการดูดซับของเหลว แต่ยังคงขาดสมบัติการต้านทานเชื้อจุลินทรีย์และช่วยในการแข็งตัวของเลือด ซึ่งตัวอย่างวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการแข็งตัวของเลือด เช่น ซีโอไลต์ เคลย์ ดินไดอะตอม วัสดุที่เป็นพวกซิลิกา อัลจิเนต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ไคติน ไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน และวัสดุเชิงประกอบของวัสดุต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น จากวัสดุที่มีสมบัติการช่วยในการแข็งตัวของเลือด ทั้งของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิลไคโตซาน มีโครงสร้างโมเลกุลที่คล้ายคลึงอย่างมากกับโครงสร้างของเซลลูโลส เช่น ผ้ากอซ เพียงแต่มีหมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในโครงสร้างแตกต่างกัน ซึ่งผ้ากอซจะมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหลัก ส่วนวัสดุที่มีสมบัติการแข็งตัวของเลือดทั้งสองมีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นคาร์บอกซิลเป็นหลักภายในโครงสร้าง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการดัดแปรคาร์บอกซีเมทิลเลชันบนผ้าฝ้ายกอซ โดยวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม ด้วยกรดโมโนคลอโรแอซิดิก เพื่อเปลี่ยนแปลงหมู่ไฮดรอกซิลบนผ้าฝ้ายกอซให้เป็นหมู่คาร์บอกซิล ในระดับการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซิลที่แตกต่างกัน และนำมาผ้าฝ้ายกอซที่ผ่านการดัดแปรที่มีการแทนที่หมู่คาร์บอกซิลในระดับที่แตกต่างกัน มาศึกษาสมบัติการแข็งตัวของเลือด การต้านทานเชื้อแบคทีเรีย การดูดซึมน้ำ สมบัติความขาว และความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุผ้าฝ้ายกอซหลังการดัดแปร เนื่องจากผ้าฝ้ายกอซที่ดัดแปรด้วยกระบวนการ

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แล้วมีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลที่สามารถยึดจับกับประจุบวกของสารต้านทานเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ซิลเวอร์ไนเตรตและสารโคโตซานได้ดีขึ้นจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในด้านประสิทธิภาพการดูดซับของสารซิลเวอร์ไนเตรตและสารโคโตซาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของสารทั้งสองชนิดให้นานขึ้น โดยเฉพาะสำหรับซิลเวอร์ไนเตรต ทั้งนี้เพราะสารซิลเวอร์ไนเตรตซึ่งเป็นสารฆ่าเชื้อที่นิยมใช้มากตามโรงพยาบาล และปริมาณการใช้สารดังกล่าวไม่ควรเกินร้อยละ 0.5 แต่เนื่องจากอัตราการแห้งตัวของสารซิลเวอร์ไนเตรตเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องทำการจุ่มสารดังกล่าวซ้ำเป็นจำนวนที่บ่อยครั้ง ส่งผลให้ไม่สะดวกในการใช้งาน และถ้าผ้าฝ้ายกอชทำการดัดแปรด้วยกระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถดูดซับสารซิลเวอร์ไนเตรตได้มาก จำนวนการจุ่มซ้ำในสารดังกล่าวก็น้อยลง เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม ต่อระดับการแทนที่หมู่คาร์บอกซิลบนผ้าฝ้ายกอชดัดแปร
2. เพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช
3. เพื่อศึกษาสมบัติทางด้านการแข็งตัวของเลือด ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ การดูดซับน้ำ ความขาว การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายโคโตซานและสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตเมื่อระดับการแทนที่หมู่คาร์บอกซีเมทิลบนผ้าฝ้ายกอชดัดแปรต่างๆ กัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการดัดแปรเฉพาะผ้าฝ้ายกอชที่นำไปใช้เป็นผ้าพันแผล
2. ดัดแปรผ้าฝ้ายกอชให้มีหมู่คาร์บอกซิลด้วยวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม
3. ตัวแปรที่ศึกษาในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชประกอบด้วย ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาในการทำปฏิกิริยา
4. ศึกษาสมบัติทางด้านการแข็งตัวของเลือด ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ การดูดซับน้ำ ความขาว การต้านทานต่อเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร และประสิทธิภาพในการ

ดูดซับสารละลายโคโคซานและสารละลายซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรด้วย
กระบวนการคาร์บอกซีเมทิลเลชันที่มีระดับการแทนที่หมู่คาร์บอกซิลแตกต่างกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรแล้วมีสมบัติช่วยในการแข็งตัวของตัวเลือด ด้านทานเชื้อแบคทีเรียและ
ดูดซับน้ำได้ดีเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุในการห้ามเลือด
2. ผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรแล้วเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายโคโคซานและสารละลาย
ซิลเวอร์ในเตรต ทำให้สามารถใช้ประสิทธิภาพการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของสารทั้งสอง
ชนิดได้ยาวนานขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

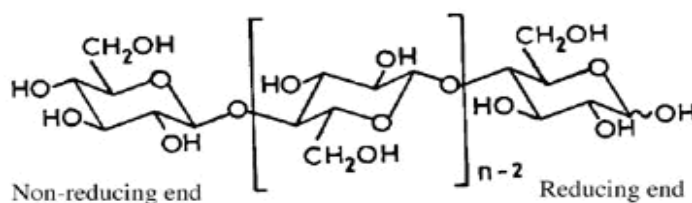
2.1 ผ้าฝ้ายกอส

ผ้ากอสตามความหมายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [1] มีดังต่อไปนี้ ผ้าโปร่ง ดูดซึม (Absorbent gauze) หมายถึง ผ้าฝ้ายขาวลายขีดหรือผ้าฝ้ายขาวผสมเรยอน โปร่งบางและ ดูดซึมได้ดี ผ้าพันแผล (Gauze bandage) หมายถึง ผ้าโปร่งที่ทำเป็นแถบยาวและม้วนไว้ ผ้าซับ (Gauze pad) หมายถึงผ้าโปร่งที่พับทบกันเป็นชั้นๆ ให้เป็นชั้นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยซ้อนริมผ้าไว้ด้านใน แต่ละชั้นเป็นผ้าผืนเดียวกัน ซึ่งผ้าปิดแผลที่ดีต้อง ป้องกันการติดเชื้อ ช่วย เยียวยาให้แผลหายเป็นปกติได้เร็วขึ้น ปกป้องบาดแผลจากสิ่งแปลกปลอมที่ทำลายเนื้อเยื่อ ช่วย ลดความเจ็บปวด สามารถดูดซับของเหลวที่ไหลออกจากบริเวณแผลและอาจสามารถใช้ในการ ห้ามเลือดได้ ผ้ากอสจะแบ่งเป็น 8 ชนิด ตามจำนวนเส้นด้ายและน้ำหนักตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิด จำนวนเส้นด้าย และน้ำหนัก [1]

ชนิด	จำนวนเส้นด้ายต่อ 1 นิ้ว		จำนวนเส้นด้ายเฉลี่ย ต่อ 1 ตารางนิ้ว	น้ำหนัก กรัมต่อ ตารางเมตร
	ด้ายยืน	ด้ายพุ่ง		
เบอร์ I	41 - 47	33 - 39	76 - 84	43.8 - 55.8
เบอร์ II	30 - 34	26 - 30	57 - 63	32.9 - 41.9
เบอร์ III	26 - 30	22 - 26	49 - 55	28.4 - 36.2
เบอร์ IV	22 - 26	18 - 22	41 - 47	24.5 - 31.1
เบอร์ V	20 - 24	16 - 20	37 - 43	22.5 - 28.8
เบอร์ VI	18 - 22	14 - 18	33 - 39	19.8 - 25.2
เบอร์ VII	18 - 22	8 - 14	27 - 35	18.1 - 23.1
เบอร์ VIII	12 - 16	8 - 12	21 - 27	12.1 - 15.5

ผ้าฝ้ายกอชเป็นผ้าที่ได้จากเส้นใยฝ้ายซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติ [2] โดยเส้นใยธรรมชาติจากพืชทุกชนิดจัดเป็นเส้นใยประเภทเซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่เกิดจากกลูโคสยึดเกาะกันด้วยพันธะโควาเลนต์เป็นโมเลกุลขนาดใหญ่มีสูตรเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ โครงสร้างของเซลลูโลสจะเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ เกิดจากมอนอเมอร์ที่เรียกว่า แอนไฮโดรกลูโคไพราโนส (Anhydroglucopyranose) มาต่อดัวยพันธะ β -1,4-glycosidic linkage ดังรูปที่ 2.1 จึงทำให้เซลลูโลสมีสมบัติแตกต่างจากแป้ง เซลลูโลสแต่ละเส้นเรียงขนานกันและยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีลักษณะเป็นกลุ่มที่เรียกว่า “ไมโครไฟบริล”ซึ่งหลายๆไมโครไฟบริลจะรวมกันเป็นไฟบริล (fibril) เซลลูโลสแต่ละเส้นเรียงขนานกันและยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน แต่ละหน่วยของกลูโคสประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลทั้งหมด 3 หมู่ด้วยกัน (เป็น primary 1 หมู่ และ secondary 2 หมู่) ซึ่งเหมือนกับโครงสร้างของน้ำตาลทั่วไป แต่เนื่องจากโมเลกุลต่อกันเป็นสายโซ่ยาวทำให้ไม่ละลายน้ำเหมือนกับน้ำตาล ลักษณะการเรียงตัวเป็นสายโซ่โมเลกุลยาวในโมเลกุลของเซลลูโลส ทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงสูง เนื่องจากเกิดผลึกได้ดีและมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่โมเลกุลจำนวนมาก นอกจากนี้การที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากในเส้นใยเซลลูโลสทำให้เส้นใยเซลลูโลส มีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดี โดยปกติเซลลูโลสมักปรากฏใน 3 รูปแบบ [3] คือ แอลฟา (α) บีต้า (β) และแกมมา (γ) โดยแอลฟา-เซลลูโลสจะมีค่าองศาของการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization) สูงที่สุดและไม่ละลายในสารละลายต่างเข้มข้น และเมื่อกล่าวถึงสมบัติของเซลลูโลสก็มักจะหมายถึงส่วนที่เป็นแอลฟา-เซลลูโลสเป็นสำคัญ ส่วนบีต้า-เซลลูโลสและแกมมา-เซลลูโลส จะมีค่าองศาของการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization) ต่ำกว่ามาก ซึ่งเมื่อนำทั้งสองส่วนนี้มารวมกันจะเรียกว่า เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ส่วน คำว่า โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose) นั้นหมายถึงส่วนประกอบทั้งหมดของพืชที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งไม่ละลายน้ำ

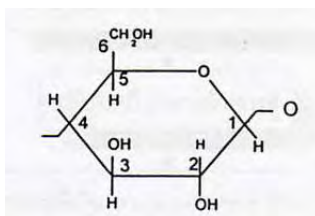


รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส

2.2 สารประเภทเซลลูโลสอีเทอร์ (Cellulose ethers)

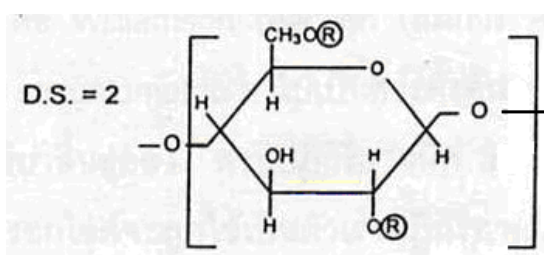
สารประเภทเซลลูโลสอีเทอร์[4] (Cellulose ethers) เมื่อพิจารณาตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลสที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า D-glucose unit หรือ

Anhydroglucose unit แต่ละหน่วยของสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลสนั้นมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) อยู่ถึง 3 หมู่ คือ ที่ตำแหน่ง C-2, C-3 และ C-6 ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยา Esterification หรือ Etherification เกิดเป็นอนุพันธ์ชนิดต่าง ๆ ได้



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลใน anhydroglucose unit

สารในกลุ่มเซลลูโลสอีเทอร์ คืออนุพันธ์ของเซลลูโลสที่จัดว่าเป็นพอลิเมอร์ละลายน้ำได้ (Water-soluble polymers) มีการผลิตขึ้นโดยใช้เซลลูโลสเป็นสารตั้งต้น และจำแนกประเภทไปตามชนิดของการแทนที่ ค่า degree of substitution (D.S.) ซึ่งได้มีการกำหนดนิยามของเซลลูโลสอีเทอร์ ไว้ดังนี้ เซลลูโลสอีเทอร์ จัดอยู่ในสารประเภทพอลิเมอร์ซึ่งมีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของเซลลูโลสบางส่วนด้วยหมู่อีเทอร์ ปริมาณของหมู่อีเทอร์ที่เข้าไปแทนที่นั้น สามารถบอกได้ด้วยค่า D.S. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 เช่นถ้ามีค่าเท่ากับ 2.0 ก็หมายความว่า โดยเฉลี่ยแล้วมีหมู่อีเทอร์ 2 หมู่ เข้าไปแทนที่หน่วยของแอนไฮโดรกลูโคส 1 หน่วย ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของค่า Degree of substitution ที่เท่ากับ 2.0

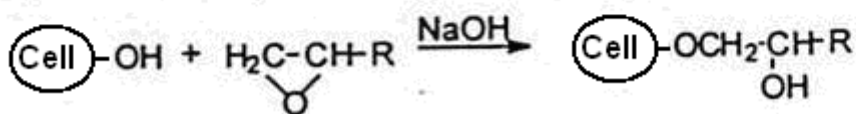
ปฏิกิริยาเคมีของการสังเคราะห์เซลลูโลสอีเทอร์ ปฏิกิริยา Etherification ที่ใช้กันโดยทั่วไปในการสังเคราะห์เซลลูโลสอีเทอร์มี 2 ชนิด แสดงในรูปที่ 2.4 คือ Williamson reaction (สมการ A) ซึ่งจะใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามการคำนวณทาง Stoichiometric ลงไปเป็นสารตั้งต้นสำหรับทำปฏิกิริยา และต่างก็จะถูกใช้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุดลง ส่วนปฏิกิริยาชนิด

Alkaline catalyzed oxalkylation (สมการ B) นั้นไฮเดียมไฮดรอกไซด์จะถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นลงแล้ว จะต้องมีขั้นตอนการปรับให้เป็นกลางด้วยกรดแยกออกไปต่างหาก

A) Williamson-Etherification



B) Alkaline-catalysed Oxalkylation



รูปที่ 2.4 ปฏิกิริยาทั่วไปของการสังเคราะห์เซลลูโลสอีเทอร์ [4]

2.3 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือซีเอ็มซี (Carboxymethylcellulose : CMC) [5]

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จัดเป็นเซลลูโลสอีเทอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างเยื่อเซลลูโลสที่มีแอลฟา-เซลลูโลสอยู่ในปริมาณสูง กับ Etherifying agent ในภาวะที่มีต่างอยู่ด้วย

2.3.1 ระบบของปฏิกิริยา (Reaction system) ในการสังเคราะห์ซีเอ็มซี

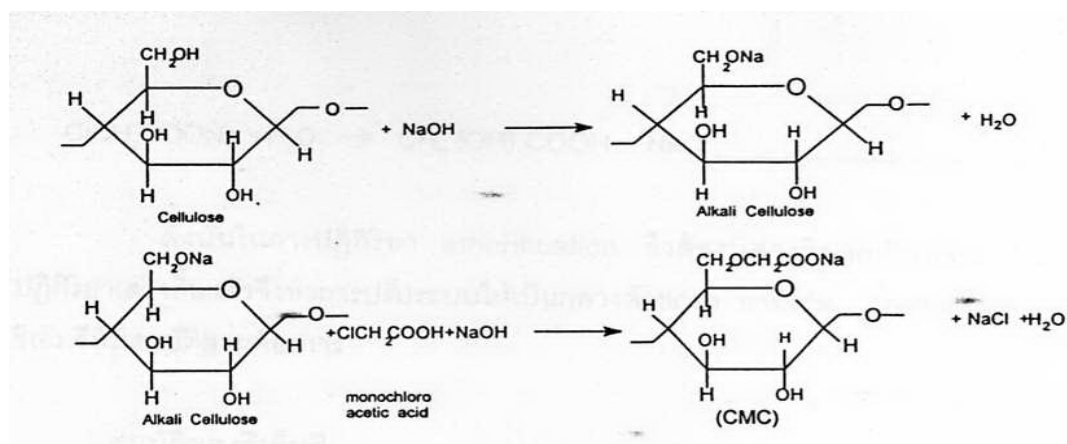
โดยทั่วไปมักใช้ไฮเดียมไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่เป็นต่าง และใช้กรดโมโนคลอโรแอซิดิกเป็น Etherifying agent ซึ่งระบบของปฏิกิริยาในการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ใช้กันโดยทั่วไป นั้น มี 2 ระบบ คือ

- 1) Aqueous medium process เป็นระบบที่ใช้น้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลาง
- 2) Solvent process ตัวกลางที่ใช้ในปฏิกิริยา ได้แก่ ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล Isopropanol เป็นต้น ตัวทำละลายผสมที่อาจประกอบด้วยน้ำ หรือมีตัวทำละลายอินทรีย์มากกว่า 2 ชนิด เช่น เอทานอล/โทลูอีน เป็นต้น

ระบบ Solvent process เป็นวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเพราะมีข้อดีเนื่องจากปริมาณต่างที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียม Alkali cellulose นั้นจะใช้น้อยกว่า ปฏิกิริยา Etherification สามารถเสร็จสิ้นลงได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว ปริมาณ Etherifying agent ที่ต้องการใช้จะน้อยกว่าและได้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีคุณภาพสูง

2.3.2 ปฏิบัติการสังเคราะห์ซีเอ็มซี

ปฏิบัติการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ปฏิบัติการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส [5]

ปฏิบัติการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะเกิดขึ้นเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเซลลูโลสจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น Alkali cellulose ต่อจากนั้นก็จะทำปฏิกิริยา Etherification กับกรดโมโนคลอโรแอซิดต่อไป ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

2.3.3 สมบัติของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี [6]

2.3.3.1 การละลาย

ซีเอ็มซีสามารถละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์แต่จะละลายได้ในตัวทำละลายผสมระหว่างน้ำกับตัวทำละลายอินทรีย์ที่เข้ากับน้ำได้ เช่น เอทานอล แอซีโตน ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของซีเอ็มซี ได้แก่

1) ขนาดอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่จะทำให้ละลายได้ช้า การกระจายตัวในน้ำจะมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ อนุภาคที่มีขนาดเล็กหรือมีความละเอียดมากขึ้น จะช่วยประหยัดเวลาในการเตรียมสารละลาย

2) โครงสร้างทางเคมี ถ้ามีค่า D.S. สูง จะสามารถละลายได้เร็วและถ้าน้ำหนักโมเลกุลต่ำ อัตราในการละลายจะเร็วขึ้น

2.3.3.2 ความหนืด

สารละลายซีเอ็มซีที่มีลักษณะใสและหนืด โดยมีพฤติกรรมไหลเป็นแบบนอน-นิวโทเนียน (Non-Newtonian) คือ ค่าความหนืดจะเปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนอัตราเฉือน (Shear rate) ซึ่งค่าความหนืดของสารละลายที่วัดได้นั้น จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากปัจจัยต่อไปนี้

1) ค่า D.P. (Degree of polymerization) ค่า D.P. ของเซลลูโลสโดยปกติมีค่าประมาณ 5,000 ยิ่งเซลลูโลสมีค่า D.P. สูง ความหนืดของซีเอ็มซีก็ยิ่งสูงขึ้น

2) ความเข้มข้น เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น ค่าความหนืดจะสูงขึ้น

3) อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดของสารละลายจะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจะไม่มีผลอย่างถาวรต่อลักษณะของสารละลาย แต่การให้ความร้อนอุณหภูมิสูง ๆ แก่สารละลายเป็นเวลานานอาจเป็นการทำลายโครงสร้างของซีเอ็มซี และทำให้ความหนืดของสารละลายลดลงได้

4) ความเป็นกรดต่าง สารละลายซีเอ็มซีจะมีความเสถียรภาพและมีความหนืดสูงสุดที่ pH ระหว่าง 7-9 ถ้า pH ต่ำกว่า 4 ซีเอ็มซีที่อยู่ในรูปของกรดอิสระซึ่งละลายน้ำได้น้อยจะมีมากขึ้นและทำให้ค่าความหนืดสูงขึ้น แต่ที่ pH มากกว่า 10 พบว่าค่าความหนืดจะลดลงเล็กน้อย

5) การใช้ตัวทำละลายผสม เมื่อใช้ตัวทำละลายผสม เช่น กลีเซอรอล-น้ำ สำหรับการเตรียมสารละลายซีเอ็มซีที่มีค่า D.S. สูง ๆ พบว่าความหนืดของตัวทำละลายจะมีผลต่อความหนืดของสารละลายด้วย เช่น สารละลายซีเอ็มซีที่ใช้ตัวทำละลายผสมกลีเซอรอล-น้ำ ในอัตราส่วน 60 : 40 จะมีความหนืดเป็น 10 เท่าของสารละลายซีเอ็มซีในน้ำ

2.3.3.3 เสถียรภาพ (Stability)

แม้ว่าสารละลายซีเอ็มซีจะมีเสถียรภาพดีกว่าสารชนิดอื่น ๆ ที่ละลายน้ำได้ แต่สมบัติความหนืดก็อาจถูกทำลายได้ เนื่องจากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์เซลลูโลสจากจุลินทรีย์ อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง ออกซิเจน เป็นต้น

2.3.3.4 ความสามารถในการเกิดฟิล์ม

ซีเอ็มซีสามารถเกิดเป็นฟิล์มใส แข็งแรงและมีความทนทานต่อน้ำมัน โดยฟิล์มซีเอ็มซีจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน ไขมัน และตัวทำละลายอินทรีย์

2.3.3.5 ความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิต

จากการศึกษาทางด้านพิษวิทยา ไม่พบว่าซีเอ็มซีเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์รวมทั้งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์วิทยาน้อยที่สุด

2.3.4 การประยุกต์ในอุตสาหกรรม

จากสมบัติเฉพาะตัวที่มีอยู่มากมายในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อีกทั้งยังมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้แนวโน้มของการใช้ซีเอ็มซีนั้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสมบัติของซีเอ็มซีที่นำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้นสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงสมบัติของซีเอ็มซีที่นำมาประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ [6]

อุตสาหกรรม	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	สมบัติของซีเอ็มซีที่นำมาประยุกต์
สารซักฟอก และซักกรีด	ผงซักฟอก น้ำยารีดผ้า	สมบัติด้านความขาว สมบัติทางประจุไฟฟ้า ป้องกันสิ่งสกปรกย้อนกลับมาติดบนเส้นใย การเกิดฟิล์มที่เรียบและการปรับปรุงคุณภาพเส้นใย
กาว	วอลล์เปเปอร์ กาวลาเท็กซ์	สมบัติการเกิดฟิล์มที่มีแรงยึดเกาะสูง การละลายในน้ำได้ดี และช่วยการกระจายตัว
สีทา	สีทา	สมบัติการเกิดฟิล์มเป็นสารช่วยในการแขวนลอย ความทนต่อน้ำมัน และตัวทำละลายต่างๆ
กระดาษ	สารเคลือบกระดาษ	สมบัติการเกิดฟิล์มเป็นสารเพิ่มความแข็งแรง ด้านทานต่อน้ำมัน ควบคุมสมบัติการไหล
สิ่งทอ	สารเคลือบเส้นด้าย สีพิมพ์ผ้า	สมบัติการเกิดฟิล์ม เกิดแรงยึดเกาะที่แข็งแรง ละลายน้ำง่าย ทนต่อเชื้อแบคทีเรีย ควบคุมสมบัติการไหล
เซรามิก	น้ำสลิบของ	สมบัติการกระจายตัว ให้แรงยึดเกาะที่แข็งแรง
เครื่องสำอางค์	porcelain clay mud ยาสีฟัน ครีม โลชั่น แชมพู	สมบัติการคงสภาพอิมัลชัน การเกิดฟิล์ม ให้แรงยึดเกาะที่แข็งแรง การอุ้มน้ำ
อาหารและยา	ซอส ไซรัป ไอศกรีม เค้ก ครีม โลชั่น เม็ด ยา วัสดุปิดแผล	สมบัติการคงสภาพการแขวนลอย การเกิดฟิล์ม ให้แรงยึดเกาะที่แข็งแรง ช่วยหล่อลื่น การอุ้มน้ำ ช่วยรักษาสภาพโปรตีนภายใต้ภาวะที่เป็นกรด การช่วยในการแข็งตัวของเลือด

2.4 ส่วนประกอบของเลือดและกลไกการแข็งตัวของเลือด [7]

เลือดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบไหลเวียน เลือดเป็นที่รวมของเซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด และส่วนที่เป็นพลาสมา เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย เลือดมีหน้าที่สำคัญหลายอย่าง คือ

- 1) นำออกซิเจนไปยังเซลล์ต่างๆและนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์โดยเม็ดเลือดแดง
- 2) นำสารต่างๆ ที่มีอยู่ในเลือดได้แก่ น้ำ อาหาร แร่ธาตุต่างๆ วิตามิน ฮอริโมนและอื่นๆ อีกมากมายที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเซลล์ ไปให้ส่วนต่างๆ ของร่างกาย
- 3) ช่วยต่อต้านเชื้อโรคและอันตรายต่างๆ โดยใช้เม็ดเลือดขาวและแอนติบอดี เคลื่อนตัวไปยังบริเวณที่มีการอักเสบ ติดเชื้อ หรือได้รับอันตราย
- 4) ช่วยรักษาสมดุลของภาวะกรด-ด่าง และรักษาความสมดุลของอุณหภูมิร่างกาย โดยนำความร้อนไปสู่เส้นเลือดเล็กๆ บนผิวหนังเพื่อขับออก
- 5) ช่วยควบคุมภาวะเลือดออกผิดปกติให้คงที่โดยใช้เกล็ดเลือด และสารที่ช่วยให้เลือดแข็งตัว

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของเลือด

- 1) สีในหลอดเลือดแดงจะพบสีแดงสดจากเนื่องจากมีออกซิเจนรวมตัวกับฮีโมโกลบิน ส่วนในหลอดเลือดดำจะมีสีคล้ำกว่าเพราะมีออกซิเจนต่ำกว่า
- 2) ความหนืด มีความหนืดมากกว่าน้ำ 3-4 เท่า
- 3) pH 7.35-7.45
- 4) ปริมาณ 70- 75 cc./kg body weight โดยเฉลี่ย 4-5 ลิตรต่อคน

2.4.2 ส่วนประกอบของระบบเลือด

เลือดประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- 1) ส่วนที่เป็นน้ำเหลืองหรือพลาสมา (Plasma) มีประมาณ 55% ของเลือดทั้งหมด ประกอบด้วยสารโปรตีนต่างๆ ไขมัน น้ำตาล แร่ธาตุ ฮอริโมน และสารที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด
- 2) ส่วนที่เป็นเม็ดเลือด มีประมาณ 45% ประกอบด้วย เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือด

2.4.2.1 พลาสมา

เป็นส่วนของเหลวในเลือด มีหน้าที่สำคัญคือ รักษาระดับปริมาณเลือดในร่างกายให้คงที่ พลาสมามีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 90-92 % และมีของแข็งราว 8-10 % เป็นโปรตีนประมาณ 7 % ที่เหลือเป็นสารอื่น ๆ เช่น อิเล็กโทรไลต์ สารอาหาร ฮอร์โมน และของเสีย (Waste product) เช่น Urea, Creatinine, Uric acid, Bilirubin ส่วนที่เป็นโปรตีนในพลาสมา ในปัจจุบันมีการศึกษา รายงานแล้วพบมากกว่า 500 ชนิด แต่ที่พบเป็นจำนวนมากและสำคัญได้แก่

อัลบูมิน (Albumins) มีปริมาณมากที่สุด มีความเข้มข้นในเลือด 3.5-5.2 กรัม/เดซิลิตร หรือราว 60% ของโปรตีนในเลือด ทำหน้าที่รักษาแรงดันออสโมติก ควบคุมการผ่านของน้ำออก จากหลอดเลือดในหลอดเลือดฝอย และยังนำพาสารที่เป็นส่วนประกอบของเลือด และอื่น ๆ เช่น ฮอร์โมน กรดไขมัน เกลือแร่และยาบางชนิด

โกลบูลิน (Globulin) มีหลายชนิดที่สำคัญคือสารแอนติบอดีในระบบภูมิคุ้มกัน มี 5 ชนิด คือ IgG, IgM, IgA, IgD, และ IgE

สารที่ทำให้เลือดแข็งตัว ช่วยยับยั้งเลือดออกเมื่อหลอดเลือดฉีกขาด สารที่สำคัญคือ ไฟบริโนเจนและโปรทรอมบิน

โปรตีนชนิดอื่น ๆ ในพลาสมา เช่น คอมพลีเมนต์ ไลโปโปรตีน เป็นต้น

2.4.2.2 เม็ดเลือด

เม็ดเลือด ได้แก่ เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด

เม็ดเลือดแดง (Erythrocytes or red blood cell) ทำหน้าที่นำออกซิเจนไปยังเซลล์และ เนื้อเยื่อ ภายในไซโตพลาสซึมของเม็ดเลือดแดงประกอบด้วย ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin, Hb) น้ำ แกลส และอิเล็กโทรไลต์ เม็ดเลือดแดงที่เจริญเต็มที่ที่ไม่มีนิวเคลียส จึงไม่สามารถแบ่งตัวได้ จะมีลักษณะเป็นแผ่นกลม ตรงกลางเว้า เข้าหากัน อ่อนนุ่ม ปรับรูปร่างได้และกลับคืนดั้งเดิมอย่างรวดเร็ว เม็ดเลือดแดงมีเป็นจำนวนมากที่สุดในเพศชายมีประมาณร้อยละ 48 และในเพศหญิง มีร้อยละ 42 ของปริมาณเลือด ภายในเม็ดเลือดแดงจะมี ฮีโมโกลบินเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่ง ออกซิเจน ฮีโมโกลบินประกอบไปด้วย ฮีม (Heme) และ โกลบิน (Globin)

เม็ดเลือดขาว (Leucocytes or white blood cells) ทำหน้าที่ในการต่อต้านกับเชื้อโรคและ ขจัดส่วนของเซลล์ที่ไม่ต้องการ ในผู้ใหญ่จะมีจำนวนประมาณ 5,000 – 10,000 เซลล์/ซีซี เม็ด เลือดขาวมี 5 ชนิด คือ

Neutrophil (PMN) มีจำนวนร้อยละ 60-70 ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด มีหน้าที่ในการ ทำลายเชื้อโรค

Lymphocyte มีจำนวนร้อยละ 20 - 30 ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด มีหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกันโรค

Monocyte มีจำนวนร้อยละ 1-5 ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด

Eosinophil มีจำนวนร้อยละ 1-5 ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด

Basophil มีจำนวนร้อยละ 0-1 ของเม็ดเลือดขาวทั้งหมด

เกล็ดเลือด (Thrombocytes or platelets) เป็นชิ้นส่วนที่เกิดจากการแตกตัวของเซลล์ต้นกำเนิด (Megakaryocytes) ทำหน้าที่ในการแข็งตัวของเลือด ควบคุมภาวะเลือดออก ไม่มีนิวเคลียส แบ่งตัวไม่ได้ปกติจะมีจำนวนประมาณ 140,000 – 340,000 เซลล์/ซีซี ในเลือด อีก 1/3 ส่วนจะเก็บสำรองไว้ที่ม้าม เกร็ดเลือดจะมีอายุประมาณ 10 วัน เมื่อตายจะถูกขจัดโดยแมคโครฟาจ (Macrophage)

2.4.3 การสร้างเลือด

เซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ กำเนิดจาก Stem cell มีกระบวนการสร้างในไขกระดูก ม้าม ตับ ต่อมน้ำเหลือง การสร้างเลือดแต่ละวัยจะมีตำแหน่งการสร้างแตกต่างกันดังนี้

วัยทารก สร้างที่ ตับ ม้าม ไขกระดูก

วัยเด็ก สร้างที่กระดูกซี่โครง กระดูกหน้าอก กระโหลกศีรษะ กระดูกสะโพก บางครั้งสร้างที่ตับและม้าม

วัยผู้ใหญ่ สร้างที่กระดูกสันหลัง กระดูกซี่โครง กระโหลกศีรษะ ส่วนต้นของกระดูกยาว กระดูกสะโพก ม้าม ในผู้ที่บาดเจ็บบางครั้งอาจสร้างที่ตับ

2.4.4 กลไกการแข็งตัวของเลือด

การแข็งตัวของเลือด (Homeostasis) หมายถึง การที่เลือดแข็งตัวเพื่อหยุดการมีเลือดออกในภาวะที่เกิดการบาดเจ็บหรือฉีกขาดของหลอดเลือดไม่มากจะเสียเลือดน้อย และเลือดหยุดไหลเอง โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- 1) การหดตัวของหลอดเลือดบริเวณที่ฉีกขาด (Vasoconstriction)
- 2) การสร้างก้อนเกล็ดเลือด (Platelet plug)
- 3) การกระตุ้นสารที่ทำให้เลือดแข็งตัว (Clotting factors)
- 4) การสร้างลิ่มเลือด
- 5) การหลุดและละลายของลิ่มเลือด

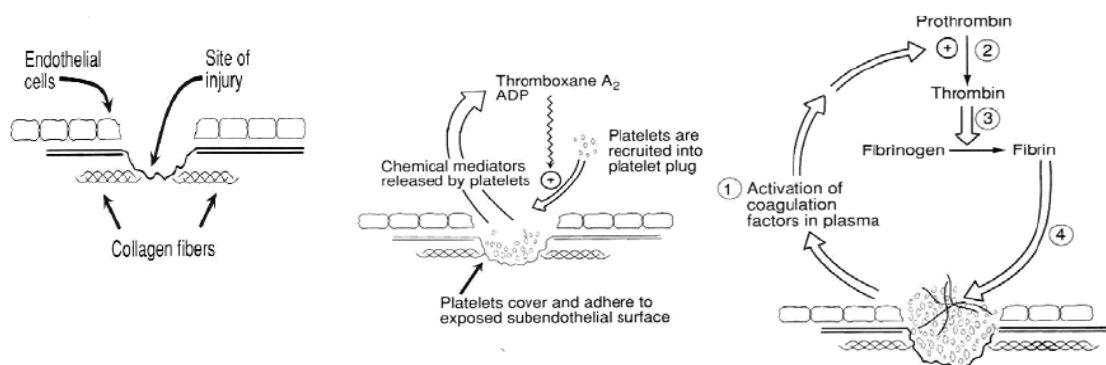
กลไกการแข็งตัวของเลือดจึงประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ [8]

1) หลอดเลือด เมื่อมีการฉีกขาด ผนังหลอดเลือดจะหดตัว จาก Local reflex และ การทำงานของระบบประสาท ทำให้เลือดมาเลี้ยงบริเวณนั้นลดลง

2) เกิดลิ่มเลือด หากหลอดเลือดฉีกขาด สารคอลลลาเจนในชั้นเยื่อบุผนังหลอดเลือดจะสัมผัสกับเกล็ดเลือด ดึงให้เกล็ดเลือดมาบริเวณดังกล่าวภายในเวลา 15-20 วินาที และเกาะติดผนังหลอดเลือด แล้วปล่อยแกรนูโลออกมา ทำให้มีการรวมตัวกันเป็นก้อนเกล็ดเลือด หากไม่มีการฉีกขาดของหลอดเลือด เกล็ดเลือดจะไหลเวียนในกระแสเลือดไปเรื่อยๆ

3) สารช่วยให้เลือดแข็งตัว (Clotting factors) เป็นพลาสมาโปรตีนที่ไหลเวียนอยู่ในกระแสเลือดก่อนลิ่มเลือดจับกันเป็นร่างแห โดยกลไกภายใน (Intrinsic pathway) หรือ ภายนอก (Extrinsic pathway) ซึ่งจะกระตุ้น Factor X เกิดเป็นลิ่มเลือด

ขั้นตอนการแข็งตัวของเลือดโดยทั่วไป แสดงดังรูปที่ 2.6 คือเมื่อหลอดเลือดเกิดการฉีกขาดจะทำให้คอลลลาเจนที่อยู่ในชั้น Subendothelium สัมผัสกับเลือด จะเกิดการกระตุ้นให้เกล็ดเลือดมารวมตัวกันเป็นก้อนเหนียวคล้ายวุ้น ทำให้เลือดที่บาดแผลหยุดไหล ในขณะที่เดียวกันเซลล์ที่มีลักษณะเป็นเส้นใยจะแบ่งตัว และสร้างเส้นใยใหม่และเมทริกซ์ที่มีลักษณะคล้ายเจลขึ้นมาเชื่อมปิดปากแผล ในกรณีที่แผลไม่ติดเชื้อจะมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงบริเวณปากแผลเพื่อสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันขึ้นมาใหม่

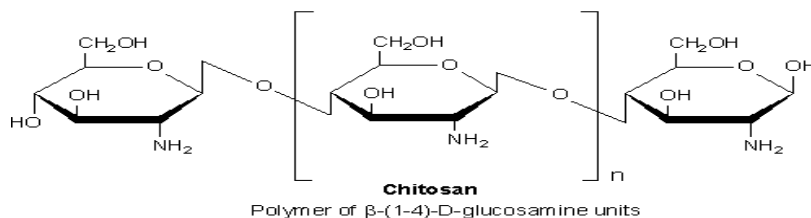


รูปที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการแข็งตัวของเลือด [8]

2.5 ไคโตซาน (Chitosan)

2.5.1 ลักษณะทั่วไปของไคโตซาน

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินมีชื่อทางเคมีว่า poly-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose ซึ่งสามารถผลิตได้โดยการแยกหมู่อะซิทิล (Deacetylation) ออกจากไคตินให้เหลือเป็นหมู่อะมิโน (-NH₂) อีลระที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ซึ่งสูตรโครงสร้างไคโตซานแสดงไว้ในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของไคโตซาน

ไคโตซาน (Chitosan) คืออนุพันธ์ของไคตินซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่พบมากในธรรมชาติ เป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส เนื่องจากไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ สกัดได้จากเปลือกกุ้ง เปลือกปู แกนหมึก ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหาร จึงมีราคาถูกและหาได้ง่ายในประเทศ ประกอบกับมีสมบัติที่เป็นประโยชน์หลายประการ เช่น เข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต ไม่เป็นพิษ มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียซึ่งสมบัติการยับยั้งแบคทีเรียของไคโตซานเป็นผลเนื่องมาจากการที่หมู่อะมิโนในโมเลกุลไคโตซานซึ่งมีประจุเป็นบวกในภาวะที่เป็นกรด สามารถยึดเกาะกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งมีประจุเป็นลบ จึงมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การแพทย์ และเภสัชกรรม

2.5.2 ประยุกต์การใช้งานของไคโตซาน [9]

ด้านการเกษตร ใช้ไคโตซานเคลือบเมล็ดข้าวสารเพื่อป้องกันเชื้อรา ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 20 และใช้ไคตินในการเตรียมดินสำหรับเพาะปลูกทำให้ลดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราในดินได้ นอกจากนี้มีการใช้ไคตินในรูปผลึกขนาดเล็ก 2% ผสมกับหางนม 20% ในอาหารสำหรับเลี้ยงไก่ พบว่า ไก่กินอาหารผสมที่มีไคติน และหางนมจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อเทียบกับไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ และอาหารที่มีการเติมหางนมหรือไคตินเพียงอย่างเดียวและจากการที่ไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ ที่อุ้มน้ำ การนำมาห่อหุ้มต้นอ่อน จะช่วยให้มีการเจริญเติบโตดีขึ้น

ด้านการแพทย์และเภสัชวิทยา ใช้ไคติน และไคโตซาน ในการรักษาบาดแผล เพื่อใช้ในการรักษา แผลผ่าตัดและไฟไหม้ ซึ่งจะช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ทำผลิตภัณฑ์แผ่นปิดตกแต่งแผล ด้ายเย็บแผล ซึ่งข้อดีของมันก็คือ จะสลายตัวอย่างช้าๆ และถูกดูดซับเข้าร่างกาย อย่างไม่มีปฏิกิริยาต่อต้านจากร่างกาย ใช้เป็นเลนส์สายตา เนื่องจากมีสมบัติยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้ และไม่

ก่อให้เกิดอาการแพ้ ใช้เป็นแคปซูลบรรจุยา ใช้เป็นสารป้องกันการตกตะกอนของเลือด ใช้เป็นตัวจับและตกตะกอนเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว ใช้ผลิตผนังเทียม เช่น ผนังไต ใช้เป็นสารลดโคเลสเตอรอล และใช้เป็นสารเชื่อมหรืออุดฟันในด้านทันตกรรม

ด้านอุตสาหกรรม โดยอาศัยสมบัติของโคโตซานที่สำคัญหลายประการ เช่น การเป็นสารก่อให้เกิดอิมัลชัน การจับกับสี การเกิดแผ่นฟิล์ม การเกิดเจล และการเป็นสารลดแรงตึงผิว จึงสามารถประยุกต์ใช้โคติน-โคโตซานได้ ในอุตสาหกรรมหลายด้าน เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารมีความเป็นไปได้ที่จะใช้โคโตซานเป็นวัสดุห่อหุ้มอาหารหรือยืดอายุของผลไม้ได้ เนื่องจากมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ การทำให้น้ำผลไม้ใส ตกตะกอนไวน์ขาวและไวน์แดง เนื่องจากไม่มีผลต่อสีของไวน์ และ ลดสารที่ไม่ต้องการบางชนิดในอาหาร เช่น แทนนินได้ ตลอดจนจากการวิจัย ในสัตว์หลายชนิดพบว่า การบริโภคโคโตซานสามารถลดปริมาณโคเลสเตอรอล ในเลือดได้ ในประเทศญี่ปุ่นจึงมีการผลิตขนมคุกกี้ควบคุมน้ำหนัก และบะหมี่สำเร็จรูป ซึ่งมีส่วนผสมโคโตซานออกมาจำหน่าย นอกจากนี้แล้วยังมีน้ำส้มสายชูที่มีโคโตซานผสมอยู่ออกมาจำหน่ายอีกด้วย สำหรับประเทศไทยได้มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ โคโตซานแคปซูล เพื่อลดโคเลสเตอรอล และควบคุมน้ำหนักซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในรูปแบบอาหารเสริม

ด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง โคโตซานได้ถูกนำมาใช้เพื่อจุดประสงค์หลายอย่าง เช่น เป็นสารเพิ่มความข้นเหนียวในครีม เป็นส่วนผสมในโลชั่น เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นและความเนียนนุ่ม เป็นส่วนผสมในแชมพูสระผม ครีมนวดผมและครีมปรับสภาพผม เนื่องจากมีสมบัติ ความหนืด และการเคลือบ เพื่อช่วยเก็บความชุ่มชื้นไว้ ทำให้เส้นผมนุ่มได้ บริษัทในประเทศเยอรมนี และบริษัทญี่ปุ่นได้ใช้สารโคโตซานเป็นส่วนประกอบในแป้งแต่งหน้า เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น ความเรียบรวมทั้งได้มีการนำสารโคโตซานมาใช้ในโฟมล้างหน้า เพื่อการรักษาความสะอาดและลดความมันบนใบหน้า

ด้านอุตสาหกรรมกระดาษโคโตซานได้ถูกใช้เพื่อเป็นสารช่วยการยึดติดโดยใช้เพียง 1% โดยน้ำหนักกระดาษที่ได้จะมีความทนทานเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะขณะเปียกซึ่งเหมาะสำหรับทำผ้าอ้อมแบบใช้แล้วทิ้งหรือทำกระดาษเช็ดมือ รวมทั้ง อุตสาหกรรมทอผ้า อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรม การแปรรูปไม้ และการถ่ายภาพ

2.6 ซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate) [10]

ซิลเวอร์และสารประกอบของซิลเวอร์มีสมบัติในการทำลาย หรือยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราได้มากมายหลายชนิด เช่น *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *E.Coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aspergillus niger* และ *Bacillus subtilis*

และนับเป็นเวลาหลายสิบปีมาแล้ว ที่มีการนำสารประกอบของเงินมาใช้ ในทางการแพทย์ เช่น ซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate) ใช้หยดนัยน์ตาของเด็กแรกเกิดเพื่อป้องกันการติดเชื้อ ซิลเวอร์ซัลฟาไดอะซีน (Silver sulfadiazine) ใช้ในการรักษาแผลไฟไหม้และฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อเซลล์ของสัตว์ชั้นสูงหรือเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ด้วยเหตุนี้จึงเกิดความสนใจที่จะนำโลหะเงินมาใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในสิ่งทอ

นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นสารตัวกลางในปฏิกิริยาเคมี สารเร่งปฏิกิริยา น้ำยาฆ่าเชื้อโรค และรีเอเจนท์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ใช้ในภาพถ่าย และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ หมึกพิมพ์ และเภสัชภัณฑ์ ใช้ทำให้แผลไหม้ด้วยความร้อนหรือสารเคมีเพื่อให้เลือดหยุดไหลหรือป้องกันการติดเชื้อ ย่อยสีผม และลงสีเครื่องเคลือบ

2.7 แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* [11]

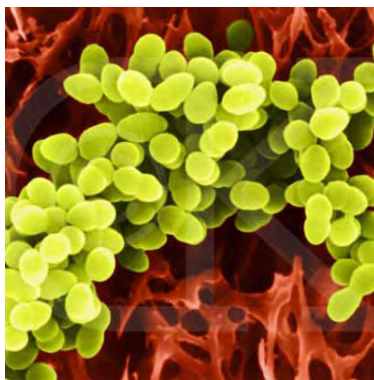
เชื้อ *Staphylococci* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งเป็นเชื้อที่แพร่กระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ มักพบที่ผิวหนัง ปาก จมูกของมนุษย์และสัตว์ ก่อให้เกิดโรคหลายโรค เช่น ฝี หนอง พุพอง ปอดอักเสบ อาหารเป็นพิษ *Staphylococci* ที่สำคัญคือ *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษที่มีการระบาดอยู่เสมอ เนื่องจากเชื้อมีการสร้าง Exotoxin ที่เรียกว่า Enterotoxin ออกมาในอาหารซึ่งทนความร้อนได้พอสมควรเมื่อผู้บริโภครับประทานอาหารที่มี เชื้อเจริญอยู่ หรือไม่มีเชื้อแต่มี Toxin อยู่จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย แต่มีอัตราการตายต่ำ มักมีอาการดีขึ้นเองภายใน 24 ชั่วโมง อาหารที่มักตรวจพบเชื้อนี้ได้เสมอ ได้แก่ น้ำสลัด มันฝรั่ง เนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังพบใน นมและผลิตภัณฑ์อีกด้วย

2.7.1 ลักษณะของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* แสดงดังในรูปที่ 2.8

- 1) แบคทีเรีย ที่มีลักษณะกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่นหรือเป็นคู่หรือเป็นสายสั้นๆ
- 2) ไม่เคลื่อนที่
- 3) โคโลนีมีสีเหลืองหรือสีทอง
- 4) เจริญเติบโตได้ดีในสภาพมีออกซิเจนมากกว่าในสภาพไม่มีออกซิเจน
- 5) ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตคือ 35-40 องศาเซลเซียส
- 6) ช่วง pH หรือความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการเติบโตอยู่ที่ 7-7.5
- 7) ส่วนค่า Aw (ปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเติบโต) ต่ำสุดสำหรับการเติบโตในสภาพมีออกซิเจนประมาณ 0.86 สภาพไม่มีออกซิเจนประมาณ 0.90

- 8) บางสายพันธุ์ผลิตสารพิษที่เรียกว่า เอนเทอโรทอกซิน ทำให้อาหารเป็นพิษ
- 9) เอนเทอโรทอกซินที่ผลิตมีหลายชนิด แต่ชนิดที่พบว่าทำให้เกิดอาหารเป็นพิษบ่อย คือ ชนิดเอ และดี โดยช่วงอุณหภูมิที่เชื้อผลิตเอนเทอโรทอกซินอยู่ระหว่าง 15.6 และ 46.1 องศาเซลเซียส และผลิตได้ดีที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* [11]

2.7.2 ที่มาของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

- 1) มีชีวิตอยู่ได้ในอากาศ ฝุ่นละออง ขยะมูลฝอย น้ำ อาหารและนม หรืออาหารบรรจุเสร็จ สภาวะแวดล้อมภายนอกมนุษย์และสัตว์
- 2) มนุษย์และสัตว์นั้นเป็นแหล่งของเชื้อชนิดนี้โดยจะพบอยู่ตามทางเดินหายใจ ลำคอ หรือ เส้นผมและผิวหนังถึง 50% หรือมากกว่านี้ในคนที่มีสุขภาพดี และอาจพบเชื้อชนิดนี้ 60-80 % ในผู้ที่สัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วยหรือผู้ที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมในโรงพยาบาล
- 3) ตลอดจนผู้ประกอบอาหาร รวมทั้งในขั้นตอนของการบรรจุและสภาพแวดล้อมภายนอกนั้นนับเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อน
- 4) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ การเก็บอาหารไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมเป็นผลให้อาหารที่มีการปนเปื้อนอยู่แล้วมีการเพิ่มจำนวนของเชื้อและสร้างสารพิษได้อย่างรวดเร็ว

2.7.3 การเข้าสู่ร่างกาย

- 1) ร่างกายมีบาดแผลเกิดการติดเชื้อจากอากาศ จากการสัมผัส
- 2) เข้าสู่ร่างกายได้จากการรับประทานอาหารที่มีเชื้อปนเปื้อน
- 3) อาหารที่มักพบเชื้อ สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส ปนเปื้อนได้แก่ เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื้อสัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์จากไข่ อาหารประเภทสลัดเช่น ไข่ ทูน่า เนื้อไก่ มันฝรั่ง และมักกะโรนี

ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ครีมพาย เค้ก แคลร์ ช็อกโกแลต แซนวิช และผลิตภัณฑ์นม ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม และเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนรับประทาน

2.8 แบคทีเรีย *Escherichia coli* [12]

2.8.1 ลักษณะของแบคทีเรีย *Escherichia coli* แสดงดังในรูปที่ 2.9

Escherichia coli เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่ง (Gram negative rod) มีขนาด $1.1-1.5 \times 2.0-6.0 \mu\text{m}$ มักพบเดี่ยวๆ หรืออยู่เป็นคู่ เคลื่อนที่โดย Peritrichous flagell และยังพบโครงสร้างใช้ยึดเกาะเรียกว่า Fimbriae *E.coli* สามารถเจริญได้ที่ อุณหภูมิมากกว่า 40 เซลเซียส ที่ $\text{pH} = 5.0-9.0$ จัดเป็นพวก Facultative anaerobe และยังเป็นแบคทีเรียจำพวก Chemorganotrophic bacterium มีการแบ่งเซลล์แบบ Binary fission ได้เซลล์ใหม่ที่มีเหมือน Parental cell



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะแบคทีเรีย *Escherichia coli* [12]

2.8.2 การก่อให้เกิดโรค

การก่อโรคของเชื้อ *E.coli* นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของเชื้อไปจากเดิมซึ่งไม่ก่อให้เกิดโรค กลายเป็นเชื้อที่ก่อโรค โดยส่วนที่เปลี่ยนแปลงคือ

O - antigen : เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ Cell wall

H - antigen : เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ Flagella

K - antigen : เกิดจากการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเชื้อที่สร้าง Capsule

โดยเชื้อจะเข้าไปสู่ เยื่อบุลำไส้ และยึดติดกับ Mucosal cell ในลำไส้หลังโปรตีนรบกวนการทำงานของเยื่อบุลำไส้ก่อให้เกิดท้องร่วง กระเพาะปัสสาวะอักเสบ หรือพบตามบาดแผล โดยการสร้าง Enterotoxin แต่การก่อโรคจะจำเพาะกับตัวผู้ให้อาศัย (Host)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

โสภณ เริงสำราญ และคณะ [13] สังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย ด้วยระบบที่ใช้ตัวละลาย โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดโมโนคลอโรแอซิดในการทำปฏิกิริยา พบว่า สารละลายซีเอ็มซีจะมีลักษณะ หนืด สีเหลืองอ่อน ส่วนความสามารถในการละลาย และค่า D.S. ของซีเอ็มซีจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดโมโนคลอโรแอซิดที่ใช้ ปริมาณเยื่อชานอ้อย ต่อกรดโมโนคลอโรแอซิด เท่ากับ 1 : 1.25 จะให้ซีเอ็มซีที่มีค่าระดับการแทนที่ เท่ากับ 0.79 และมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 92

Pushpamalar และคณะ [14] สังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษสาकु โดยการแยกส่วนที่เป็นเนื้อสาकु หนัก 5 กรัม มาทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับโซเดียมโมโนคลอโรอะซีเตต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปฏิกิริยา ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณของโซเดียมโมโนคลอโรอะซีเตตซึ่งใช้เศษสาकु จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่า D.S. สูงสุดเท่ากับ 0.821 ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 25 W/V ปริมาณโซเดียมโมโนคลอโรอะซีเตต 6 กรัม ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 180 นาที และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 45 องศาเซลเซียส

Natthasuang Mulkarat และคณะ [15] ผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษกระดาษสา หนัก 15 กรัม โดยนำเศษกระดาษสาทำปฏิกิริยาในสารละลายไอโซโพรพานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-60 เติมกรดโมโนคลอโรแอซิด หนัก 22.5 กรัม โดยศึกษาผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของฟิล์ม พบว่า เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นความแข็งแรงต่อแรงดึง และร้อยละการยืดของฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสก็จะเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถ้าเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ถึงร้อยละ 60 จะไม่สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ เนื่องจากสารละลายมีความหนืดที่ต่ำมาก

Nattaya Sutiposuwan และคณะ [16] สังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอก โดยนำผงเซลลูโลสที่ได้จากเปลือกมะละกอก มาทำปฏิกิริยาโดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 40 W/V และเติมโมโนคลอโรแอซิด หนัก

18 กรัม ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3.5 ชั่วโมง ทำให้เป็นกลาง โดยใช้กรดแอสซิติคและล้างด้วยเอทานอลร้อยละ 70 กรองเหลือแต่ส่วนที่เป็นของแข็ง ซึ่งก็คือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอ

2.9.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

วนิดา จันทรวีภูล และคณะ [17] ศึกษาผลของไคติน ไคโตซาน และอนุพันธ์ที่มีต่อกระบวนการแข็งตัวของเลือดในหลอดทดลอง อนุพันธ์ที่นำมาทดสอบเป็นอนุพันธ์ที่ละลายได้ในน้ำ สมบัติการละลายน้ำอาจมีผลต่อกระบวนการแข็งตัวของเลือด สารดังกล่าวจะถูกผสมลงในน้ำเลือดเพื่อทดสอบหาค่า Whole blood clotting time (WHBCT) โดยใช้วิธี Lee and White จากผลการทดลองพบว่าค่า WHBCT ของน้ำเลือดที่ผสมด้วยไคติน ไคโตซานและคาร์บอกซีเมทิลไคโตซานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเลือดบริสุทธิ์ (ตัวควบคุม) ในขณะที่การเติม เอ็น-ซัลเฟตไคโตซาน (N-sulfated chitosan) และเอ็น-(2-ไฮดรอกซี)โพรพิล-3-ไตรเมทิลแอมโมเนียมไคโตซานคลอไรด์ (N-(2-hydroxy)propyl-3-trimethylammonium chitosan chloride) ลงในน้ำเลือด ให้ค่า WHBCT ไม่แตกต่างจากค่า WHBCT ของตัวควบคุม และการศึกษาผลของพื้นผิวฟิล์มตัวอย่างที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด โดยวัดมุมระหว่างน้ำกับผิวของฟิล์มแต่ละตัวอย่าง ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของมุมที่น้ำสัมผัสอยู่บนพื้นผิวของฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลไคโตซานมีค่าน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าคาร์บอกซีเมทิลไคโตซานมีพื้นผิวซึ่งมีความเป็นไฮโดรฟิลิกมากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ กล่าวคือ ฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลไคโตซานจะสัมผัสกับน้ำเลือดได้มาก และทำการกระตุ้นให้เกิดการแข็งตัวของเลือดได้ดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุดิบ

- 1) ผ้าฝ้ายกอช ชนิดเบอร์ V จากบริษัท ลิเมอร์
จำนวนเส้นด้ายยืน เท่ากับ 21 เส้นต่อ 1 นิ้ว
จำนวนเส้นด้ายพุ่ง เท่ากับ 19 เส้นต่อ 1 นิ้ว
- 2) ไคโตซาน Commercial grade จากบริษัท บรรัวซ์ไฮโอ-ไลน์
- น้ำหนักโมเลกุล 480,000 ดาลตัน
- ร้อยละการกำจัดหมู่อะซิทิล (% Degree of deacetylation ; %DD) เท่ากับ 90

3.1.2 สารเคมี

- 1) Isopropanol (C_3H_7OH) AR grade จากบริษัท SK Chemicals
- 2) Monochloroacetic acid ($ClCH_2COOH$) AR grade จากบริษัท Sigma-Aldrich
- 3) Sodium hydroxide ($NaOH$) AR grade จากบริษัท Ajax Finechem
- 4) Hydrochloric acid (HCl) AR grade จากบริษัท J.T. Baker
- 5) Ethanol (C_2H_5OH) AR grade จากบริษัท J.T. Baker
- 6) Acetic acid (CH_3COOH) AR grade จากบริษัท J.T. Baker
- 7) Silver nitrate ($AgNO_3$) AR grade จากบริษัท POCH SA.

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) เครื่องบีบอัด (Pad-mangle)
- 2) เครื่องบด (Ultra centrifugal mill)
- 3) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 1) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) : Nicolet รุ่น 6700
- 2) Spectrophotometer : รุ่น Macbeth color-eye 7000
- 3) Bursting Strength Tester : รุ่น CY-6103A1

3.4 การดำเนินการงานการวิจัย

3.4.1 การตัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน

3.4.1.1 การตัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันโดยวิธีการดูดซับ (Exhaustion) [14]

- 1) เตรียมผ้าฝ้ายกอสน้ำหนัก 20 กรัม
- 2) นำผ้าฝ้ายกอสที่เตรียมไว้ในข้อ 1 ไปจุ่มลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลายผสมระหว่างน้ำ 80 มิลลิลิตร และไฮโซโพรพานอล 320 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของน้ำต่อไฮโซโพรพานอล เท่ากับ 20 : 80) พร้อมทั้งปั่นกวนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 30 นาที
- 3) เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 โดยนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 40 กรัม ละลายในน้ำให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร
- 4) หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ที่เตรียมในข้อ 3 ลงไปในบีกเกอร์ ข้อ 2 พร้อมทั้งปั่นกวนด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลา 30 นาที
- 5) เตรียมสารละลายกรดโมโนคลอโรแอซิดิกเข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยนำ กรดโมโนคลอโรแอซิดิก ปริมาณ 15 กรัม ละลายในไฮโซโพรพานอลให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร
- 6) เติมน้ำสารละลายกรดโมโนคลอโรแอซิดิกเข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักต่อปริมาตร ที่เตรียมในข้อ 5 ลงในบีกเกอร์ข้อ 4 พร้อมทั้งปั่นกวนด้วยแท่งแม่เหล็กเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส
- 7) เมื่อครบ 3 ชั่วโมง นำผ้าฝ้ายกอสออกจากบีกเกอร์ในข้อ 6 แล้วนำผ้ากอสไปจุ่มลงใน บีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
- 8) ทำให้เป็นกลางโดยหยดสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 M หยดลงไปในบีกเกอร์ข้อ ที่ 7 จนสารละลายได้ค่า pH = 7
- 9) นำผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 8 มาล้างด้วยสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ โดย อัตราส่วนเท่ากับ 90 : 10

10) นำผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 9 มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

11) ทำการทดลองซ้ำ โดยการเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาในการทำปฏิกิริยา ตามที่แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้ในตัดแปรร่วมผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

สูตร	ความเข้มข้นของ กรดโมโนคลอโรแอซีติก (% w/v)	ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (% w/v)	เวลาในการทำ ปฏิกิริยา (hr)
1	15	40	3
2	15	40	4
3	15	45	3
4	15	45	4
5	20	40	3
6	20	40	4
7	20	45	3
8	20	45	4
9	25	40	3
10	25	40	4
11	25	45	3
12	25	45	4
13	30	40	3
14	30	40	4
15	30	45	3
16	30	45	4

3.4.1.2 การตัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีการบดเคมีเส้นใยโดยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปั๊ม (Pad-dry-cure)

- 1) เตรียมผ้าฝ้ายกอกซ์น้ำหนัก 20 กรัม
- 2) เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 30 โดยนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 60 กรัม ละลายในน้ำให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 200 มิลลิลิตร
- 3) เตรียมสารละลายกรดโมโนคลอโรแอซิดิกเข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยนำ กรดโมโนคลอโรแอซิดิก ปริมาณ 30 กรัม ละลายในไอโซโพรพานอลให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 200 มิลลิลิตร
- 4) นำสารละลายที่เตรียมในข้อ 2 และข้อ 3 มาผสมกัน จะได้เป็นสารละลายผสมระหว่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดโมโนคลอโรแอซิดิก
- 5) นำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่เตรียมในข้อ 1 วางลงบนถาดอะลูมิเนียม จากนั้นเทสารละลายที่ เตรียมในข้อ 4 ลงบนถาด พร้อมทั้งจับเวลา 1 นาที
- 6) เมื่อครบ 1 นาที นำผ้าฝ้ายกอกซ์ขึ้นมาอัดรีดด้วยเครื่อง Pad-mangle จำนวน 1 รอบ
- 7) นำผ้าฝ้ายกอกซ์จากข้อ 6 ไปวางลงบนถาดในข้อ 5 ซ้ำอีกครั้ง พร้อมทั้งจับเวลา 1 นาที เมื่อครบ 1 นาที นำผ้าฝ้ายกอกซ์ขึ้นมาอัดรีดด้วยเครื่อง Pad-mangle อีกครั้ง
- 8) นำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ได้จากข้อ 7 ไปอบที่ตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 70 องศาเซลเซียส เป็น ระยะเวลา 10 นาที
- 9) เมื่อครบ 10 นาที นำผ้าฝ้ายกอกซ์ออกจากตู้ และย้ายไปอบที่ตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที
- 10) เมื่อครบ 3 นาที นำผ้าฝ้ายกอกซ์ออกจากตู้อบในข้อ 9 แล้วนำผ้าฝ้ายกอกซ์ไปจุ่มลงใน ปีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
- 11) ทำให้เป็นกลางโดยหยดสารละลายไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.5 M หยดลงไปในปีกเกอร์ ข้อที่ 10 จนได้สารละลายมีค่า pH = 7
- 12) นำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ได้จากข้อ 11 มาล้างด้วยสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ โดยอัตราส่วนเท่ากับ 90 : 10
- 13) นำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ได้จากข้อ 11 มาตากแห้งที่อุณหภูมิห้อง
- 14) ทำการทดลองซ้ำ โดยการเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความ เข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาในการทำปฏิกิริยา ตามที่แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรที่ใช้ในดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

สูตร	ความเข้มข้นของ กรดโมโนคลอโรแอซิดิก (% w/v)	ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (% w/v)	เวลาในการทำ ปฏิกิริยา (hr)
1	15	30	3
2	15	30	7
3	15	30	10
4	15	35	3
5	15	35	7
6	15	35	10
7	20	30	3
8	20	30	7
9	20	30	10
10	20	35	3
11	20	35	7
12	20	35	10
13	25	30	3
14	25	30	7
15	25	30	10
16	25	35	3
17	25	35	7
18	25	35	10

3.4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ดัดแปรด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy รุ่น Nicolet 6700 แสดงในรูปที่ 3.1 เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งจะใช้เทคนิค Attenuated Total Reflection (ATR) ในการวิเคราะห์

3.4.2.1 หลักการทำงานของเทคนิค ATR

นำสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาสัมผัสกับ Internal reflection element (IRE) หรือ ATR crystal ซึ่งมีดัชนีหักเหมากกว่าสารตัวอย่าง และเป็นวัสดุที่ไม่ดูดกลืนแสง IR เพื่อทำให้เกิดการสะท้อนได้ดีภายในผลึกโดยรังสี Infrared ในช่วง Mid-infrared (IR incidence) ที่ฉายเข้ามาจะผ่านทะลุ (Transmitting) เข้าไปใน ATR crystal เมื่อคลื่นแสงตกกระทบระนาบของผลึกจะสะท้อนกลับที่ผิวรอยต่อระหว่างสารตัวอย่างกับผลึก เนื่องจากดัชนีหักเหที่ต่างกัน และมุมตกกระทบบนสารตัวอย่างมากกว่ามุมวิกฤต (Q_c) คลื่นแสงจึงสะท้อนออกมาสู่ผลึก และออกจากผิวผลึกเข้าสู่ตัววัดสัญญาณ



รูปที่ 3.1 เครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy รุ่น Nicolet 6700

3.4.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำผ้าฝ้ายกอสพับซ้อนกัน 4 ชั้น วางผ้าฝ้ายกอสบนผิวบน Crystal หลังจากนั้นวาง Gripper ลงบนผ้าฝ้ายกอส เพื่อกดให้ผ้าฝ้ายกอสกับ Crystal อยู่ชิดกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์ โดยตั้งค่า Resolution 4.0 cm^{-1} และ Number of sample scan เท่ากับ 64 วิเคราะห์ซ้ำจำนวน 5 จุดบนผ้าฝ้ายกอส 1 ตัวอย่าง

3.4.2.3 การคำนวณหาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution ; DS_{rel})

การคำนวณหาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง จากการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่คาร์บอกซิลบนผ้าฝ้ายกอสดัดแปร ซึ่งจะนำการคำนวณหา DS_{rel} มาจากงานวิจัยของ Pushpamalar, V และคณะ [14] ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนการดูดซับที่เทียบเคียงของสเปกตรัมที่ 1605 cm^{-1} และ 2920 cm^{-1} สามารถเขียนได้ในรูปสมการได้ตามสมการที่ (3.1)

$$R_{rel} = A_{1605}/A_{2920} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ } R_{\text{rel}} &= \text{อัตราส่วนของพื้นที่ได้กราฟของการดูดซับที่ } 1605 \text{ cm}^{-1} \text{ ต่อพื้นที่ได้กราฟ} \\
 &\quad \text{ของการดูดซับที่ } 2920 \text{ cm}^{-1} \\
 A_{1605} &= \text{พื้นที่ได้กราฟของการดูดซับที่ } 1605 \text{ cm}^{-1} \text{ ที่กำหนดให้เป็นการสั่นแบบ} \\
 &\quad \text{ยืดออก (Stretching vibration) ของหมู่คาร์บอกซิล (COO)} \\
 A_{2920} &= \text{พื้นที่ได้กราฟของการดูดซับที่ } 2920 \text{ cm}^{-1} \text{ ที่กำหนดให้เป็นการสั่นแบบ} \\
 &\quad \text{ยืดออก (Stretching vibration) ของ Methane (C-H)}
 \end{aligned}$$

จากสมการ (3.1) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาระดับการแทนที่เทียบเคียง (DS_{rel}) ซึ่งมีค่าเท่ากับสมการ (3.2)

$$DS_{\text{rel}} = R_{\text{rel}} - 1 \quad (3.2)$$

นำค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง (DS_{rel}) ที่ได้จากสมการที่ (3.2) ทั้ง 5 ค่ามาหาค่าเฉลี่ย

3.4.3 การหาประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายไคโตซานของผ้าฝ้ายกอซ

วิธี Dunk-and-drain [18] ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบสำหรับหาความสามารถในการเปียกหรือประสิทธิภาพในการเปียกน้ำ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้หาประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายไคโตซานของผ้าฝ้ายกอซ

3.4.3.1 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) นำผ้าฝ้ายกอซที่ต้องการทดสอบ ไปไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ
- 2) เตรียมผ้าฝ้ายกอซที่ได้จากข้อ 1 น้ำหนักประมาณ 2 กรัม จำนวน 5 ชิ้น ต่อ 1 ตัวอย่าง
- 3) เตรียมสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 โดยชั่งไคโตซานน้ำหนัก 0.5 กรัม ไปละลายในกรดแอสติกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร
- 4) นำผ้าฝ้ายกอซที่เตรียมไว้ในข้อ 2 จุ่มลงในสารละลายไคโตซานที่เตรียมไว้ในข้อ 3 เป็นระยะเวลา 30 วินาที จากนั้นนำขึ้นมาแขวนไว้เป็นระยะเวลา 30 วินาที
- 5) นำผ้าฝ้ายกอซที่ได้จากข้อ 4 ไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

6) นำผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 5 ออกมาชั่งน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง หรือหยุดการชั่งผ้าฝ้ายกอสเมื่อปริมาณไคโตซานบนผ้าฝ้ายกอสเหลือปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 20

7) นำค่าน้ำหนักที่ได้ทั้งหมด ไปคำนวณหาร้อยละของไคโตซานที่เหลืออยู่บนผ้าฝ้ายกอส ณ ช่วงเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ

3.4.3.2 วิธีคำนวณหาร้อยละของไคโตซานที่เหลืออยู่บนผ้าฝ้ายกอส (Chitosan retained ; %)

นำสูตรจากการหาร้อยละของการดูดซึมน้ำมาประยุกต์ ดังสมการที่ (3.3)

$$\% \text{ Chitosan retained} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \quad (3.3)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสเปียก (กรัม)

นำค่าร้อยละของไคโตซานที่เหลืออยู่บนผ้าฝ้ายกอส (Chitosan retained ; %) ที่ได้จากสมการที่ 3.3 ของผ้าฝ้ายกอส 5 ชั้น ต่อ 1 ตัวอย่าง มาหาค่าเฉลี่ย

3.4.4 การหาประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอส

วิธี Dunk-and-drain [19] ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบสำหรับ หาความสามารถในการเปียกหรือประสิทธิภาพในการเปียกน้ำ ซึ่งได้นำมาประยุกต์ใช้หาประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอส

3.4.4.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1) นำผ้าฝ้ายกอสที่ต้องการทดสอบ ไปไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ

2) เตรียมผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 1 น้ำหนักประมาณ 2 กรัม จำนวน 5 ชั้น ต่อ 1 ตัวอย่าง

3) เตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 โดยชั่งซิลเวอร์ไนเตรต น้ำหนัก 0.5 กรัม ไปละลายในสารละลายผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ โดยอัตราส่วน 85 : 15 ให้ได้ปริมาตรทั้งหมด 100 มิลลิลิตร

4) นำผ้าฝ้ายกอสที่เตรียมไว้ในข้อ 2 จุ่มลงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตที่เตรียมไว้ในข้อ 3 เป็นระยะเวลา 30 วินาที จากนั้นนำขึ้นมาแขวนไว้เป็นระยะเวลา 30 วินาที

5) นำผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 4 ไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

6) นำผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 5 ออกมาชั่งน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง หรือหยุดชั่งผ้าฝ้ายกอสเมื่อปริมาณซิลเวอร์ไนเตรตบนผ้าฝ้ายกอสเหลือปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 20

7) นำค่าน้ำหนักที่ได้ทั้งหมด ไปคำนวณหาร้อยละของซิลเวอร์ไนเตรตที่เหลืออยู่บนผ้าฝ้ายกอส ณ ช่วงเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ

3.4.4.2 วิธีคำนวณหาร้อยละของซิลเวอร์ไนเตรตที่เหลืออยู่บนผ้าฝ้ายกอส (Silver nitrate retained ; %)

คำนวณหาร้อยละซิลเวอร์ไนเตรตที่เหลืออยู่บนผ้าฝ้ายกอสโดยใช้สมการที่ 3.3 จาก นั้นนำค่าที่ได้มาค่าเฉลี่ย

3.4.5 การทดสอบสมบัติการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT)

การคำนวณ Whole blood clotting time หรือ WHBCT โดยใช้วิธีของ Lee and White [17]

3.4.5.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1) นำผ้าฝ้ายกอสที่ต้องการทดสอบไปปดด้วยเครื่อง Ultra centrifugal mill แสดงในรูปที่ 3.2 โดยเลือกใช้ตะแกรงขนาด 0.08 มิลลิเมตร เพื่อให้ผ้าฝ้ายกอสมีขนาดอนุภาคเท่ากันทุกตัวอย่าง

2) นำผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 1 ไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3) เตรียมหลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร และยาว 10 เซนติเมตร โดยเตรียมตัวอย่างละ 3 หลอด เขียนหมายเลขข้างหลอดทดลอง เป็นหลอดที่ 1, 2 และ 3 ต่อหนึ่งตัวอย่าง

4) ชั่งผ้าฝ้ายกอสที่ได้จากข้อ 2 น้ก 0.01 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่เตรียมไว้ในข้อ 3 ตัวอย่างละ 3 หลอด

5) เจาะเลือดโดยใช้ Two-syringe technique โดยดูดเลือดเข้ากระบอกฉีดยาหนึ่งปริมาณ 1 มิลลิลิตร และทิ้งไป เพื่อป้องกันการปนเปื้อน จากนั้นดูดเลือดเข้ากระบอกฉีดยาที่สองปริมาณ 3 มิลลิลิตร ฉีดเลือดลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 มิลลิลิตร ทั้ง 3 หลอด ปิดปากหลอดทดลองให้สนิท

6) นำหลอดทดลองที่ได้จากข้อ 5 ทั้งหมด ไปไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ที่แสดงในรูปที่ 3.4 จับเวลา 5 นาที

7) เมื่อครบ 5 นาที นำหลอดทดลอง ขึ้นมาเอียง 45 องศา สังเกตการแข็งตัวของเลือด จากนั้นจับเวลาดูการแข็งตัวของเลือดทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งเลือดแข็งตัวครบทั้ง 3 หลอด บันทึกเวลาที่เลือดหลอดที่ 3 แข็งตัว

8) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนตัวอย่างเลือด (ผู้ที่บริจาคเลือด) ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง

3.4.5.2 การคำนวณค่าการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT) [18]

ค่า WHBCT คือ เวลาตั้งแต่หยดเลือดลงในหลอดทดลอง จนกระทั่งเลือดในหลอดทดลองแข็งตัว



รูปที่ 3.2 เครื่อง Ultra centrifugal mill



รูปที่ 3.3 การเจาะเลือดโดยใช้ Two-syringe technique



รูปที่ 3.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.4.6 การทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ตามมาตรฐาน AATCC100-04 โดยแบคทีเรียที่ใช้ในการทดสอบ มี 2 ชนิด คือ *Staphylococcus aureus* แบคทีเรียแกรมบวก และ *Escherichia coli* แบคทีเรียแกรมลบ

3.4.6.1 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) เตรียมผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ต้องการทดสอบ ตัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ขึ้นทับกัน 4 ชั้น
- 2) เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Broth เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 3) นำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่เตรียมไว้ในข้อ 1 มาใส่ขวดรูปชมพู่ ตัวอย่างละ 2 ขวด โดยขวดที่ 1 ทดสอบหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ 0 ชั่วโมง และขวดที่ 2 ทดสอบหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ 24 ชั่วโมง
- 4) ดูดเชื้อแบคทีเรียที่เลี้ยงไว้ ในข้อ 2 มาใส่ ขวดที่เตรียมไว้ในข้อ 3 ขวดละ 1 มิลลิลิตร

5) นำขวดที่ 1 มาล้างทันทีด้วยโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร พร้อมทิ้งเขย่าขวดเป็นเวลา 1 นาที ส่วนขวดใบที่ 2 นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6) จากนั้นดูดสารละลายที่ได้จากข้อ 5 มาใส่ในหลอดทดลองที่ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อเจือจาง

7) จากนั้นดูดสารละลายที่ได้จากข้อ 6 ใส่ในจานเพาะเชื้อ จำนวน 3 จาน ปริมาณจานละ 0.1 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

8) นำจานเพาะเชื้อที่ได้จากข้อ 7 มานับจำนวนเชื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณเชื้อที่แท้จริง ซึ่งหน่วยที่ได้จะเป็น colonies form unit หรือ CFU/ml

9) นำขวดใบที่ 2 ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำมาทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 5-8

10) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละของการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย

3.4.6.2 การคำนวณหาร้อยละของการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย

การคำนวณหาร้อยละของการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย คำนวณได้โดยใช้สมการที่ (3.4)

$$R = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ R = ร้อยละการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย

A = จำนวนแบคทีเรียที่นับได้ใน 0 ชั่วโมง

B = จำนวนแบคทีเรียที่นับได้ใน 24 ชั่วโมง

3.4.7 การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ (water absorption)

ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอชตามมาตรฐาน ASTM D4772-09 โดยนำผ้าฝ้ายกอชที่มีระดับการแทนที่ต่าง ๆ กันมาทำการทดสอบ

3.4.7.1 ขั้นตอนการทดสอบ

1) นำผ้าฝ้ายกอชที่ต้องการทดสอบ มาไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ

- 2) ตัดผ้าฝ้ายกอลที่ได้จากข้อ 1 ให้ได้น้ำหนักประมาณ 2 กรัม จำนวน 5 ชิ้น ต่อ 1 ตัวอย่าง
- 3) นำผ้าฝ้ายกอลที่เตรียมไว้ในข้อ 2 จุ่มลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำขึ้นมาแขวนไว้เป็นระยะเวลา 30 วินาที และนำไปชั่งน้ำหนัก
- 4) นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาร้อยละการดูดซึมน้ำ

3.4.7.2 วิธีคำนวณหาร้อยละของการดูดซึมน้ำ (% Water absorption)

คำนวณหาร้อยละของการดูดซึมน้ำ ได้โดยใช้สมการที่ 3.3 จำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง จากนั้นนำค่าที่ได้มาค่าเฉลี่ย

3.4.8 การคำนวณหาน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอล

3.4.8.1 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) นำผ้าฝ้ายกอลที่ต้องการทดสอบ มาไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ
- 2) ตัดผ้าฝ้ายกอลที่ได้จากข้อ 1 ให้ได้ขนาด 1 X1 นิ้ว จำนวน 5 ชิ้น ต่อ 1 ตัวอย่าง
- 3) นำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละต่อตารางเมตรของผ้าฝ้ายกอล และหาค่าเฉลี่ย

3.4.9 การทดสอบดัชนีความขาว (Whiteness index)

ทดสอบหาค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอลตามมาตรฐาน ASTM E313-05 โดยนำผ้าฝ้ายกอลที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน มาพับซ้อนกันจำนวนสี่ชั้นแล้วนำมาทดสอบหาค่าดัชนีความขาวด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Macbeth color-eye 7000 บันทึกค่าดัชนีความขาวตาม ASTM E313 บนผ้าตัวอย่างละ 5 ตำแหน่งและนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.4.10 การทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (Bursting strength)

ทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอลตามมาตรฐาน ASTM D3786-08 โดยนำผ้าฝ้ายกอลที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน มาทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุด้วยเครื่อง Bursting Strength Tester รุ่น CY-6103A1 ตัวอย่างละ 5 ตำแหน่งและนำมาหาค่าเฉลี่ย

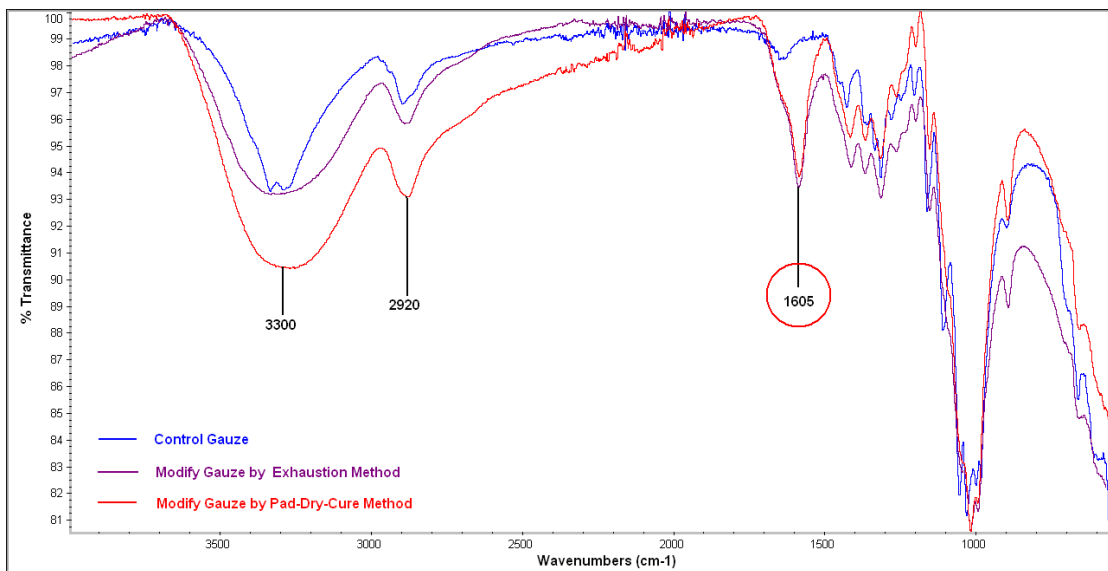
บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผล

4.1 การดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน

4.1.1 ผลการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม

เมื่อนำผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม ไปทำการตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค ATR FT-IR พบว่าผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรจะปรากฏพีกใหม่ที่ตำแหน่งประมาณ 1605 cm^{-1} ที่เด่นมากซึ่งเป็นพีกที่ยืนยันว่ามีหมู่ COO^- เกิดขึ้นบนผ้าฝ้ายกอสดัดแปรส่วนพีกที่กว้างที่ตำแหน่งประมาณ 3300 cm^{-1} คือพีกการยืดของหมู่ไฮดรอกซิล ($-\text{OH}$) และที่พีกที่ตำแหน่งประมาณ 2920 cm^{-1} เป็นสมบัติของพีกการสั่นยืดของพันธะ C-H ซึ่งปรากฏอยู่ในผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปร ที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 วิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม สามารถดัดแปรผ้าฝ้ายกอสให้มีหมู่ COO^- ได้ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบ ATR FT-IR spectrum ของผ้าฝ้ายกอสไม่ดัดแปรและผ้าฝ้ายกอสดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม

4.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอช

4.2.1 การศึกษาภาวะตัวแปรที่มีผลต่อการตัดแปรผ้าฝ้ายกอช ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาการทำปฏิกิริยา เป็น 3 ตัวแปร ที่มีผลทำให้มีระดับการแทนที่เทียบเคียงแตกต่างกันบนผ้าฝ้ายกอชที่ตัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ ผลการทดสอบภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอชตัดแปรและลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายกอชตัดแปรได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอชตัดแปรและลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายกอชตัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

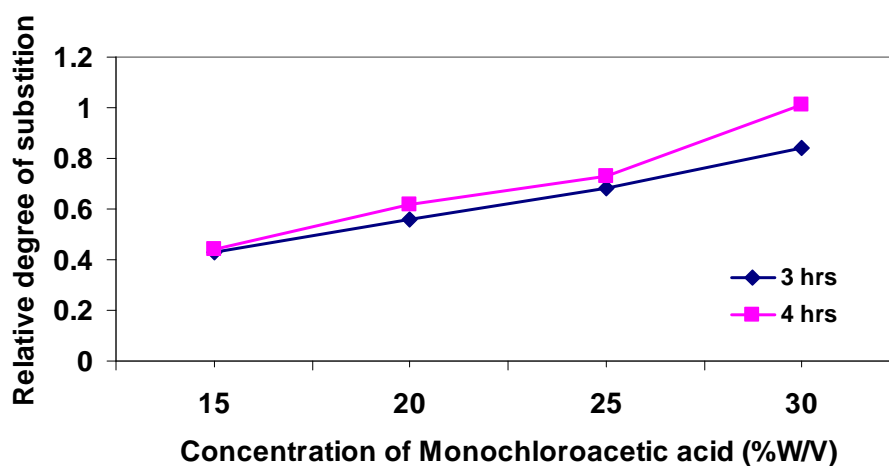
ภาวะตัวแปรที่ใช้ในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอช			ระดับการแทนที่เทียบเคียง	ลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายกอชตัดแปร
กรดโมโนคลอโรแอซิดิก (%)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	เวลา (hr)		
15	40	3	0.43±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสนุ่ม
20	40	3	0.56±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสนุ่ม
25	40	3	0.68±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสนุ่ม
30	40	3	0.84±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสเริ่มแข็งกระด้าง
15	40	4	0.44±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสนุ่ม
20	40	4	0.62±0.04	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสนุ่ม
25	40	4	0.73±0.02	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสเริ่มแข็งกระด้าง
30	40	4	1.01±0.03	เริ่มเสียสภาพ ยุ่ย
15	45	3	0.55±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวสัมผัสนุ่ม

ภาวะตัวแปรที่ใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช			ระดับการแทนที่ เทียบเคียง	ลักษณะทางกายภาพ ของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร
กรดโมโนคลอโรแอซีติก (%)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	เวลา (hr)		
20	45	3	0.63±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม
25	45	3	0.81±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสเริ่มแข็งกระด้าง
30	45	3	1.12±0.03	เสียสภาพเล็กน้อย ยุ่ย
15	45	4	0.61±0.03	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม
20	45	4	0.72±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสเริ่มแข็งกระด้าง
25	45	4	0.85±0.04	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสเริ่มแข็งกระด้าง
30	45	4	1.41±0.03	เสียสภาพ ยุ่ย

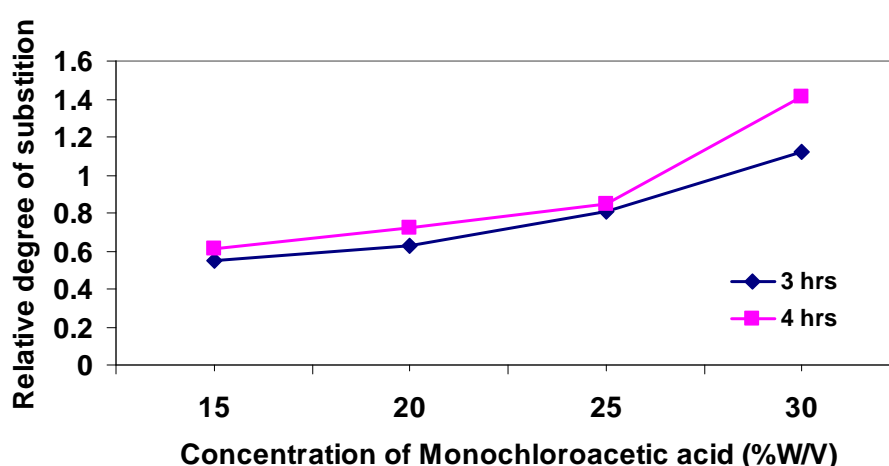
4.2.1.1 ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution) บนผ้าฝ้ายกอชดัดแปร

จากผลของระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร เมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 40 W/V และร้อยละ 45 W/V เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 และ 4 ชั่วโมง และได้ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกเป็นร้อยละ 15, 20, 25 และ 30 W/V เพื่อศึกษาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่เกิดขึ้น ผลของความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ที่ร้อยละ 40 W/V แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกที่ใช้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเพิ่มสูงขึ้นด้วย เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาก็มีผลต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่มากขึ้นเช่นกัน ซึ่งค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงสุดที่ผ้าฝ้ายกอชยังคงสภาพเป็นผ้า มีค่าเท่ากับ 0.84 เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 30 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 40 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ส่วนผลของความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ที่ร้อยละ 45 W/V หรือเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่าผ้าฝ้ายกอชดัดแปรเริ่มเกิดการเสียสภาพ ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยา etherification เกิด ณ ตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิลขึ้นอยู่กับการมีปริมาณ etherifying agent ซึ่งในที่นี้คือกรดโมโนคลอโรแอซีติก ดังนั้นเมื่อมีโมเลกุลของ etherifying

agent ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กอยู่เป็นจำนวนมากขึ้น โมเลกุลเหล่านี้ก็จะไปร่ายล้อมอยู่รอบๆ โมเลกุลเซลลูโลสได้มากขึ้น การเกิดปฏิกิริยาการแทนที่จึงเป็นไปได้ยิ่งขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกมากกว่าร้อยละ 30 W/V มีผลทำให้ผ้าฝ้ายกอตต์ดแปรเริ่มเสียสภาพทำให้ไม่สามารถรักษาสภาพที่คงรูปของผ้าฝ้ายกอตต์ได้ (ไม่ได้แสดงผลเอาไว้ในรูปที่ 4.2 และ 4.3) เพราะฉะนั้นกรดโมโนคลอโรแอซีติกที่เข้มข้นมากที่สุดที่ใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอตต์ไม่ให้เกิดการเสียสภาพ อยู่ที่ร้อยละ 30 W/V โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง



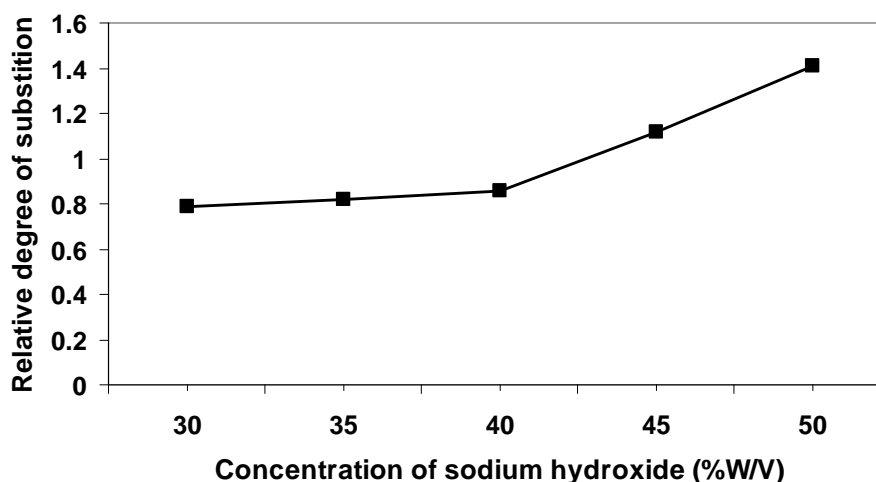
รูปที่ 4.2 ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 (W/V) เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอตต์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ



รูปที่ 4.3 ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 45 (W/V) เป็นเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอตต์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

4.2.1.2 ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution) บนผ้าฝ้ายกอสตัดแปร

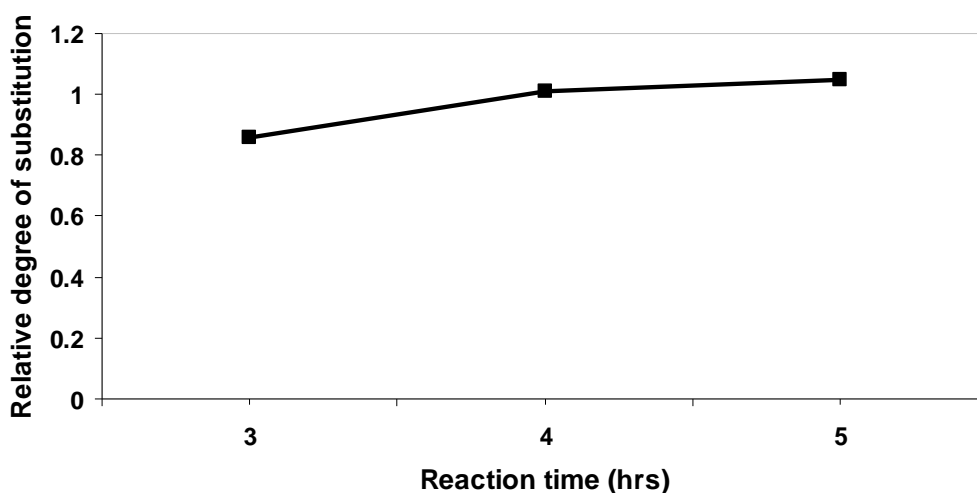
จากการตัดแปรผ้าฝ้ายกอส โดยใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 30 W/V เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง และได้ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นร้อยละ 30, 35, 40, 45 และ 50 W/V เพื่อศึกษาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่จะเกิดขึ้น ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 ซึ่งผลการปรับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่างๆ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าระดับการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของผ้ากอสด้วยหมู่คาร์บอกซิลมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะเกิดขึ้นเป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนแรกเซลลูโลสจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น alkali cellulose ซึ่งถ้า alkali cellulose มากขึ้นโอกาสที่จะเกิดการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซิลก็จะมากขึ้นตามทำให้ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 45 W/V พบว่าผ้าฝ้ายกอสเริ่มเสียสภาพเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 50 W/V พบว่าผ้าฝ้ายกอสเสียสภาพเกิดการยุ่ย เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอสอยู่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30-40 W/V ซึ่งได้ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงอยู่ระหว่าง 0.79-0.84



รูปที่ 4.4 ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิกร้อยละ 30 (W/V) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

4.2.1.3 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution) บนผ้าฝ้ายกอชดัดแปร

จากการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช โดยใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 30 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 40 W/V เนื่องจากถ้าใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 45 W/V ผ้าฝ้ายกอชดัดแปรที่ได้จะเริ่มเสถียรภาพและได้ทำการเปลี่ยนแปลงเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 3, 4 และ 5 ชั่วโมง เพื่อศึกษาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่จะเกิดขึ้น จากการศึกษาค่าผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ไว้ในรูปแบบที่ 4.5 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ส่งผลค่าระดับการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของผ้ากอชด้วยหมู่คาร์บอกซิลมีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการแพร่กระจายและดูดซับกรดโมโนคลอโรแอซิดิกให้สัมผัสกับเซลลูโลสได้นานขึ้น ส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถ้าให้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยานานเกินไปอาจส่งผลให้ผ้ากอชเกิดการเสถียรภาพได้ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมอยู่ที่ 3 ชั่วโมง ซึ่งได้ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงอยู่ที่ 0.84



รูปที่ 4.5 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่ ในภาวะที่มีความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิกคงที่ร้อยละ 30 (W/V) และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ร้อยละ 40 (W/V) ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลชันแบบวิธีการดูดซับ

4.2.2 การศึกษาภาวะตัวแปรที่มีผลต่อการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาการทำปฏิกิริยาเป็น 3 ตัวแปรที่มีผลทำให้ระดับการแทนที่เทียบเคียงแตกต่างกัน ผ้าฝ้ายกอชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม มี % wet pickup เท่ากับ 230 % ภาวะการอบแห้ง 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และภาวะการป่มที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลาตามที่ระบุไว้ผลการทดสอบภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร และลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายกอชดัดแปรได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร และลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายกอชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

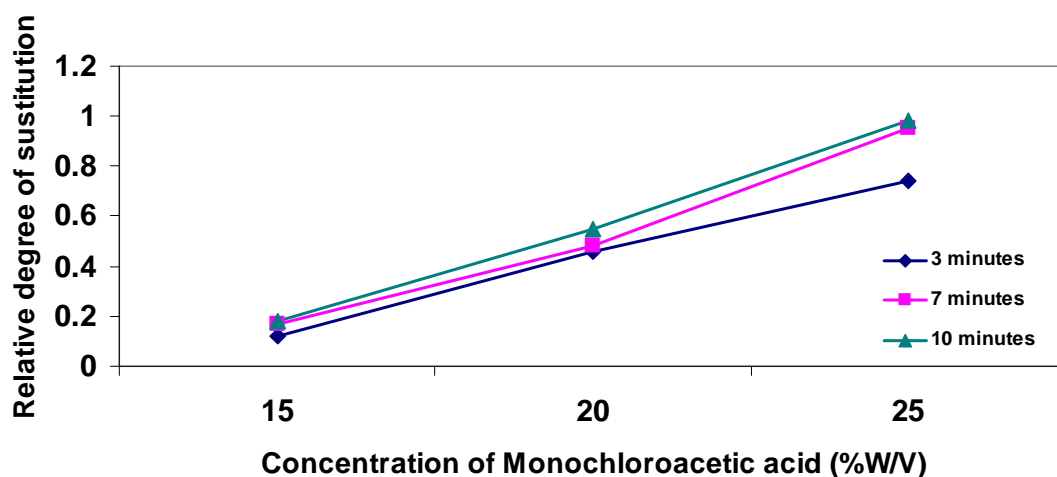
ภาวะตัวแปรที่ใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช			ระดับการแทนที่เทียบเคียง	ลักษณะทางกายภาพของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร
กรดโมโนคลอโรแอซิดิก (%)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	เวลา (min)		
15	30	3	0.12±0.02	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดสนุ่ม สม่่าเสมอ
20	30	3	0.46±0.02	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดสนุ่ม สม่่าเสมอ
25	30	3	0.74±0.01	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดเริ่มแข็งกระด้าง
15	30	7	0.17±0.01	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดสนุ่ม สม่่าเสมอ
20	30	7	0.48±0.02	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดสนุ่ม สม่่าเสมอ
25	30	7	0.95±0.02	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดแข็งกระด้าง
15	30	10	0.18±0.01	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดสนุ่ม สม่่าเสมอ
20	30	10	0.55±0.02	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดสนุ่ม สม่่าเสมอ
25	30	10	0.98±0.03	คงสภาพเป็นผ้าฝิวส์มัดแข็งกระด้าง

ภาวะตัวแปรที่ใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอช			ระดับการแทนที่ เทียบเคียง	ลักษณะทางกายภาพ ของผ้าฝ้ายกอชดัดแปร
กรดโมโนคลอโร แอสติก (%)	โซเดียม ไฮดรอกไซด์ (%)	เวลา (min)		
15	35	3	0.24±0.03	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม สม่่าเสมอ
20	35	3	0.66±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม สม่่าเสมอ
25	35	3	1.00±0.04	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสแข็งกระด้าง
15	35	7	0.25±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม สม่่าเสมอ
20	35	7	0.67±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม สม่่าเสมอ
25	35	7	1.04±0.03	เสียสภาพเล็กน้อย ยุ่ย
15	35	10	0.28±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสนุ่ม สม่่าเสมอ
20	35	10	0.70±0.02	คงสภาพเป็นผ้า ผิวสัมผัสเริ่มแข็ง กระด้าง
25	35	10	1.33±0.03	เสียสภาพ ยุ่ย

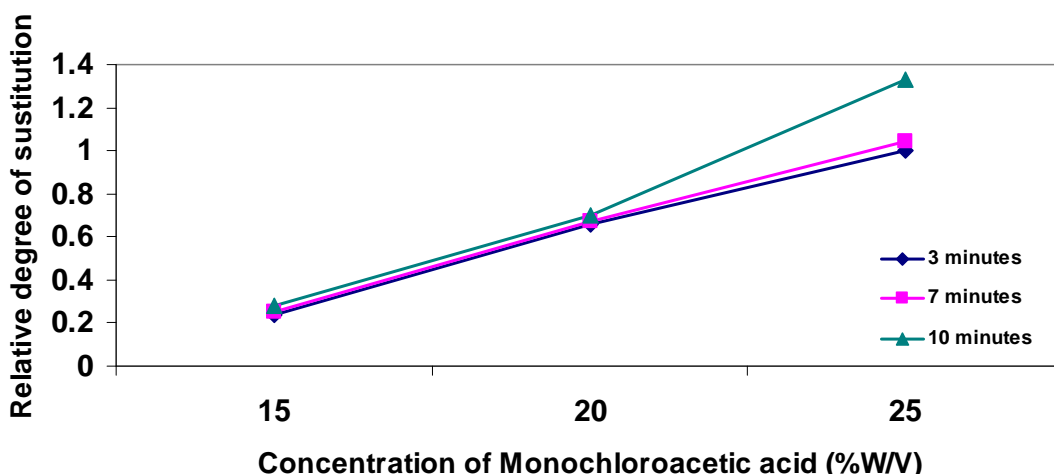
4.2.2.1 ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution)

จากการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 30 W/V และ ร้อยละ 35 W/V เวลาในการทำปฏิกิริยา 3, 7 และ 10 นาที และได้ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกเป็นร้อยละ 15, 20 และ 25 W/V เพื่อศึกษาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่จะเกิดขึ้น ผลของความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ที่ร้อยละ 30 W/V แสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกนั้นมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกที่ใช้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงสุดที่ผ้าฝ้ายกอชยังคงสภาพเป็นผ้า มีค่าเท่ากับ 0.98 เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติก ร้อยละ 25 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 30 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที และผลของความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกที่มีต่อค่า

ระดับการแทนที่เทียบเคียงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ที่ร้อยละ 35 W/V แสดงไว้ในรูปที่ 4.7 ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 35 W/V ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรอะซิติก ร้อยละ 25 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที พบว่าค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 1.33 ซึ่งผ้าฝ้ายกอชดัดแปรที่ได้เกิดการเสียสภาพ ยุ่ย และเมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรอะซิติกมากกว่าร้อยละ 25 W/V มีผลทำให้ผ้าฝ้ายกอชเปลี่ยนสภาพเป็นเจล ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยา etherification ณ ตำแหน่งหมู่ไฮดรอกซิลขึ้นอยู่กับปริมาณ etherifying agent ซึ่งในที่นี้คือกรดโมโนคลอโรอะซิติก ดังนั้นเมื่อมีโมเลกุลของ etherifying agent ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กอยู่เป็นจำนวนมากขึ้น โมเลกุลเหล่านี้ก็จะไปรายล้อมอยู่รอบ ๆ โมเลกุลเซลลูโลสได้มากขึ้น การเกิดปฏิกิริยาการแทนที่จึงเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น



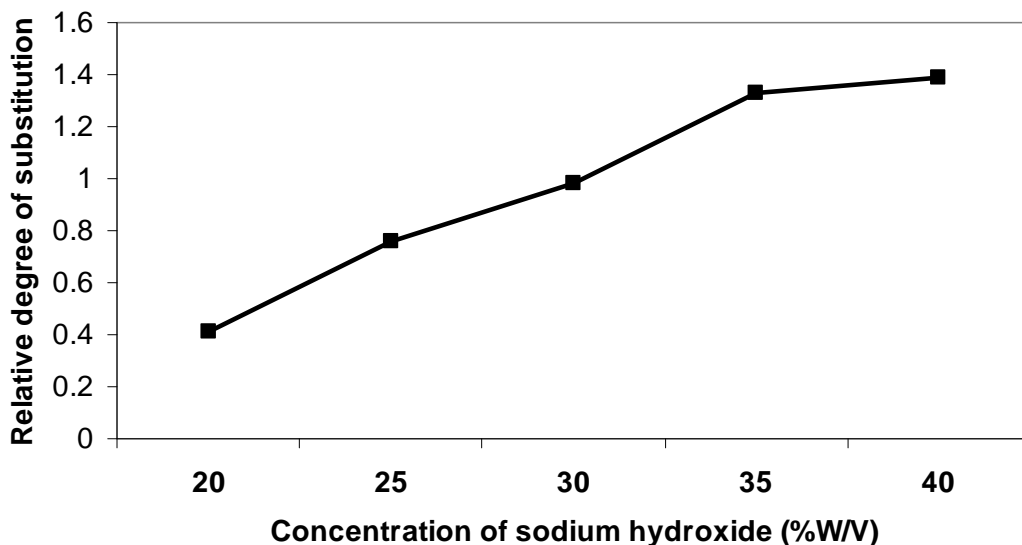
รูปที่ 4.6 ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรอะซิติกต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 30 (W/V) เป็นเวลา 3, 7 และ 10 นาที ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม



รูปที่ 4.7 ผลความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 35 (W/V) เป็นเวลา 3, 7 และ 10 นาที ในการตัดแปรร่วมด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม

4.2.2.2 ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution) บนผ้าฝ้ายกอสตัดแปรร่วม

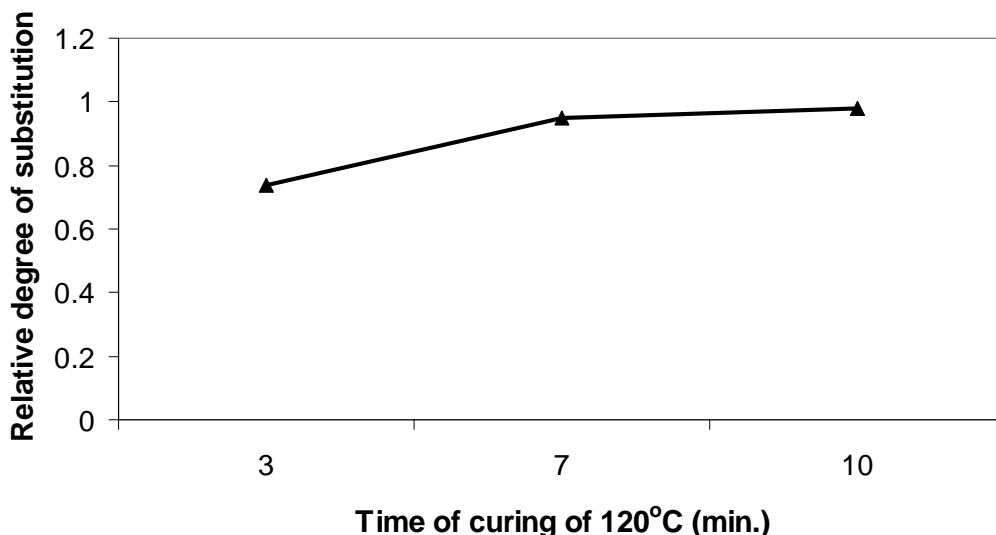
จากการตัดแปรร่วมด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม โดยใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 25 W/V เวลาในการทำปฏิกิริยา 10 นาที และได้ทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นร้อยละ 20, 25, 30, 35, 40 และ 45 W/V เพื่อศึกษาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่จะเกิดขึ้น ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงแสดงไว้ในรูปที่ 4.8 ซึ่งผลการปรับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับต่าง ๆ พบว่า เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าระดับการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของผ้ากอสด้วยหมู่คาร์บอกซิลมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะเกิดขึ้นเป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนแรกเซลลูโลสจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็น alkali cellulose ซึ่งถ้า alkali cellulose มากขึ้นโอกาสที่จะเกิดการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซิลก็จะมากขึ้นตามทำให้ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับร้อยละ 45 W/V พบว่าผ้าฝ้ายกอสเปลี่ยนสภาพเป็นเจล



รูปที่ 4.8 ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติกร้อยละ 25 (W/V) เป็นเวลา 10 นาที ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอลด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

4.2.2.3 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียง (Relative degree of substitution) บนผ้าฝ้ายกอลดัดแปร

จากการดัดแปรผ้าฝ้ายกอล โดยใช้ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 25 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นร้อยละ 30 W/V และได้ทำการเปลี่ยนแปลงเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 3, 7, 10 และ 15 นาที เพื่อศึกษาค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงที่เกิดขึ้นจากการศึกษาผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง แสดงไว้ดังรูปที่ 4.9 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ส่งผลค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงหมู่ไฮดรอกซิลของผ้ากอลด้วยหมู่คาร์บอกซิลมีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาในการแพร่กระจายของกรดโมโนคลอโรแอซีติกให้สัมผัสกับเซลลูโลสได้นานขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาได้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถ้าให้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา มากกว่า 10 นาทีหรือนานเกินไปส่งผลให้ผ้าฝ้ายกอลเสียสภาพของผ้าฝ้ายกอลไป



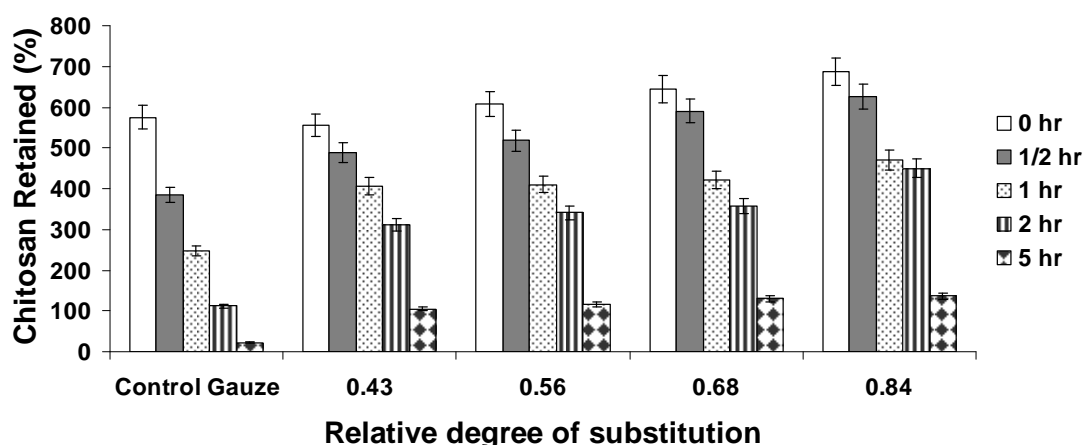
รูปที่ 4.9 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่ ในภาวะที่มีความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอสติกคงที่ที่ร้อยละ 25 (W/V) และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ที่ร้อยละ 30 (W/V) ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ที่อุณหภูมิในการบ่ม 120 องศาเซลเซียส

ผลการดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับสามารถดัดแปรให้ผ้าฝ้ายกอกซ์ยังคงสภาพเป็นผ้ามีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงอยู่ในช่วง 0.43-0.85 และภาวะที่ใช้ในการดัดแปรของความเข้มข้นกรดโมโนคลอโรแอสติก อยู่ในช่วงร้อยละ 15-30 W/V ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ อยู่ในช่วงร้อยละ 40-45 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 3-4 ชั่วโมง ส่วนผลการดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่มสามารถดัดแปรให้ผ้าฝ้ายกอกซ์ยังคงสภาพเป็นผ้ามีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงอยู่ในช่วง 0.12-1.00 และภาวะที่ใช้ในการดัดแปรของความเข้มข้นกรดโมโนคลอโรแอสติก อยู่ในช่วงร้อยละ 15-25 W/V ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ อยู่ในช่วงร้อยละ 30-35 W/V และเวลาในการบ่มอยู่ในช่วง 3-10 นาที

4.3 ประสิทธิภาพการเก็บสารโคโตซานหรือสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน

4.3.1 ประสิทธิภาพการเก็บสารโคโตซานของผ้าฝ้ายกอกซ์ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

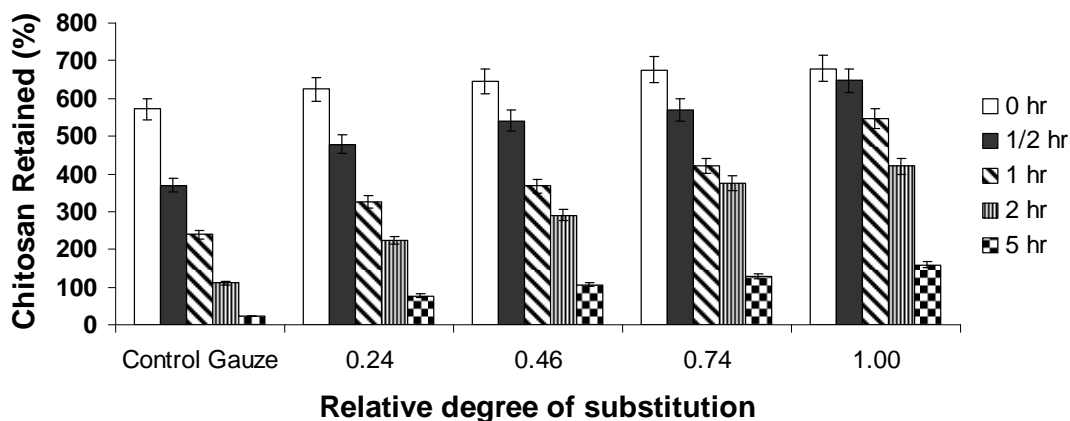
ประสิทธิภาพการเก็บสารไคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร และที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน นับตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง 5 ชั่วโมง ที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.10 จากผลการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงมากมีประสิทธิภาพการเก็บสารไคโตซานได้มาก ทั้งนี้เพราะผ้าฝ้ายกอสดัดแปรมีหมู่คาร์บอกซิล (COO⁻) ซึ่งสามารถยึดจับกับสารไคโตซานซึ่งมีประจุบวกของ NH₃⁺ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเมื่อเวลายาวนานขึ้น ผ้าฝ้ายกอสที่ทำการดัดแปรก็ยังสามารถเก็บสารไคโตซานได้มากกว่าและยาวนานกว่าผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร



รูปที่ 4.10 ร้อยละของการเก็บสารไคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

4.3.2 ประสิทธิภาพการเก็บสารไคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสโดยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม

ประสิทธิภาพการเก็บสารไคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร และที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน นับตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง 5 ชั่วโมง ที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.11 จากผลการทดลองที่ได้สรุปได้ว่า การเก็บสารไคโตซานของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรที่ระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน ด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ได้ผลเช่นเดียวกับประสิทธิภาพของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับ คือ ผ้าฝ้ายกอสดัดแปรสามารถดูดซับสารไคโตซานได้มากขึ้นและเก็บสารไคโตซานได้นานขึ้นกว่าของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไคโตซานที่ระดับการแทนที่ที่ใกล้เคียงกัน ของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม พบว่าผ้าฝ้ายกอสดัดแปรที่ได้จากวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไคโตซานไม่แตกต่างกันมากนัก



รูปที่ 4.11 ร้อยละของการเก็บสารไคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัครีด-อบแห้ง-ปัม

4.3.3 ประสิทธิภาพการเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

ประสิทธิภาพการเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปร ด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน นับตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง 2 ชั่วโมง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงขึ้นจะสามารถดูดซับซิลเวอร์ในเตรตได้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณซิลเวอร์ในเตรตที่ดูดซับไว้จะลดน้อยลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังคงสามารถดูดซับสารซิลเวอร์ในเตรตได้ในปริมาณที่มาก และเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตไว้ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร ทั้งนี้เนื่องจากผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรมีหมู่คาร์บอกซิลที่เป็นประจุลบในปริมาณที่มากกว่าของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร ส่งผลให้สามารถจับกับซิลเวอร์ในเตรตซึ่งมีประจุบวกได้มากยิ่งขึ้น การเก็บสารซิลเวอร์ในเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรมีระยะเวลาการเก็บที่น้อยกว่าของไคโตซาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารซิลเวอร์ในเตรตมีน้ำหนักโมเลกุลที่น้อยกว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานซึ่งอาจจะสามารถระเหยได้ง่ายกว่า และการยึดจับของประจุอาจจะมีไม่มากเท่าที่มีอยู่ในสารไคโตซาน

ตารางที่ 4.3 ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

ระดับการแทนที่เทียบเคียง	ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรต ณ เวลาต่าง ๆ			
	0 hr	½ hr	1 hr	2 hr
Control gauze (0.00)	473.55±10.44	61.89±7.49	5.74±1.34	1.47±0.45
0.43	478.59±11.51	110.01±6.90	13.61±2.57	6.73±2.01
0.56	507.52±10.70	118.46±5.67	15.2±2.66	8.16±1.94
0.68	536.36±12.56	126.64±6.82	16.77±2.90	9.52±2.21
0.84	539.86±13.91	130.07±7.54	17.12±2.81	9.77±2.35

4.3.4 ประสิทธิภาพการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม

ประสิทธิภาพการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปร ด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน นับตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง 2 ชั่วโมง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 จากผลการทดลองพบว่า ผ้าฝ้ายกอชที่ดัดแปรด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสารซิลเวอร์ไนเตรต และการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตได้มากกว่าผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ดัดแปรเช่นเดียวกันกับผลที่ได้ของผ้าฝ้ายกอชที่ดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสารซิลเวอร์ไนเตรตที่ระดับการแทนที่ที่ใกล้เคียงกัน ของผ้าฝ้ายกอชที่ดัดแปรแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม พบว่าผ้าฝ้ายกอชดัดแปรที่ได้จากวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสารซิลเวอร์ไนเตรตไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปั๊ม

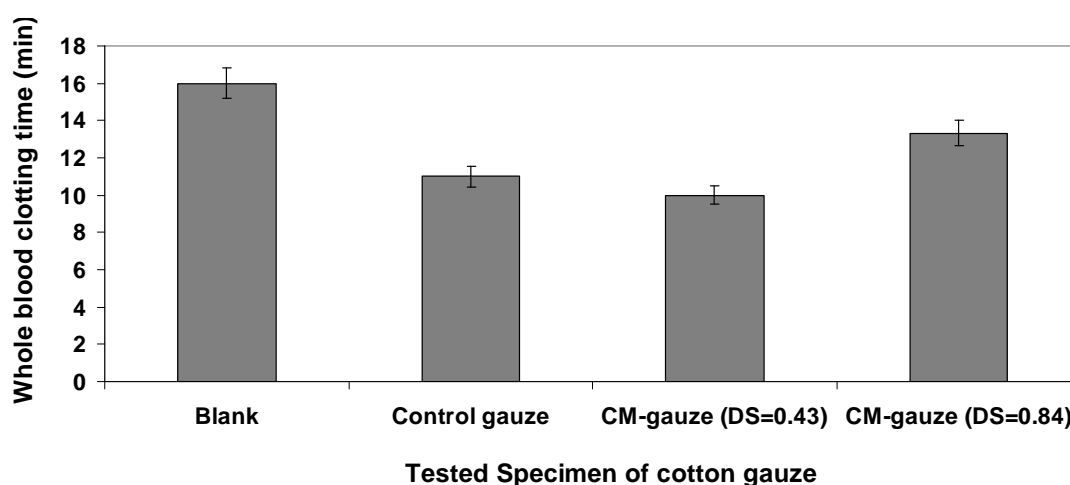
ระดับการแทนที่เทียบเคียง	ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรต ณ เวลาต่าง ๆ			
	0 hr	½ hr	1 hr	2 hr
Control gauze (0.00)	463.99±9.54	60.94±6.92	4.92±1.55	1.05±0.14
0.24	478.95±9.98	86.64±6.01	6.96±1.40	4.93±0.78
0.46	527.72±10.05	108.82±8.54	13.29±3.11	6.21±1.32
0.74	531.91±9.84	115.02±8.23	17.68±3.26	9.97±1.56
1.00	583.81±11.35	132.01±10.07	22.77±3.17	12.87±2.95

4.4 ผลการทดสอบเวลาการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT)

4.4.1 ผลการทดสอบเวลาการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

จากการนำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ดัดแปรแบบวิธีการดูดซับที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.43 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 15 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 40 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 3 ชั่วโมง) และ 0.84 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 30 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 40 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 3 ชั่วโมง) ไปทดสอบหาค่า WHBCT ซึ่งเป็นการหาค่าเวลาในการแข็งตัวของเลือด โดยใช้วิธีของ Lee and White และนำค่า WHBCT มาเปรียบเทียบกับของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ดัดแปรและตัวอย่างเลือดควบคุมผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.12 พบว่าค่า WHBCT ของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.43 มีค่า WHBCT เท่ากับ 10.6 นาที ซึ่งเป็นค่าที่บอกระยะเวลาในการแข็งตัวของเลือดน้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยให้เลือดเกิดการแข็งตัวได้เร็วขึ้นเพราะระยะเวลาการแข็งตัวของเลือดโดยปกติเท่ากับ 15-20 นาที ส่วนผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ดัดแปร (Control gauze) มีค่า WHBCT เท่ากับ 11.8 นาที ผ้าฝ้ายกอกซ์ที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.84 มีค่า WHBCT เท่ากับ 13.4 นาที และค่า WHBCT ของตัวอย่างเลือดควบคุม (Blank) เท่ากับ 16.6 นาที ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการแข็งตัวของเลือดมากกว่าของผ้าฝ้ายกอกซ์ดัดแปรที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.43 และเมื่อเปรียบเทียบค่า WHBCT ของผ้าฝ้ายกอกซ์ดัดแปรที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.43 และ 0.84 กับค่า

WHBCT ของตัวอย่างเลือดควบคุม พบว่าค่า WHBCT ของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างเลือดควบคุม (Blank) จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อดัดแปรผ้าฝ้ายกอสให้มีหมู่คาร์บอกซิลบางส่วนสามารถช่วยให้เลือดแข็งตัวได้เร็วขึ้น แต่ถ้าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงเกินไปอาจส่งผลให้การแข็งตัวของเลือดช้าลง แต่ยังคงเร็วกว่าตัวอย่างเลือดควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมื่อระดับการแทนที่เทียบเคียงสูง มีปริมาณหมู่คาร์บอกซิลที่มากเกินไป อาจไปรบกวนระบบกลไกการแข็งตัวของเลือด แตกต่างจากของผ้าฝ้ายกอสที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงที่ต่ำกว่า

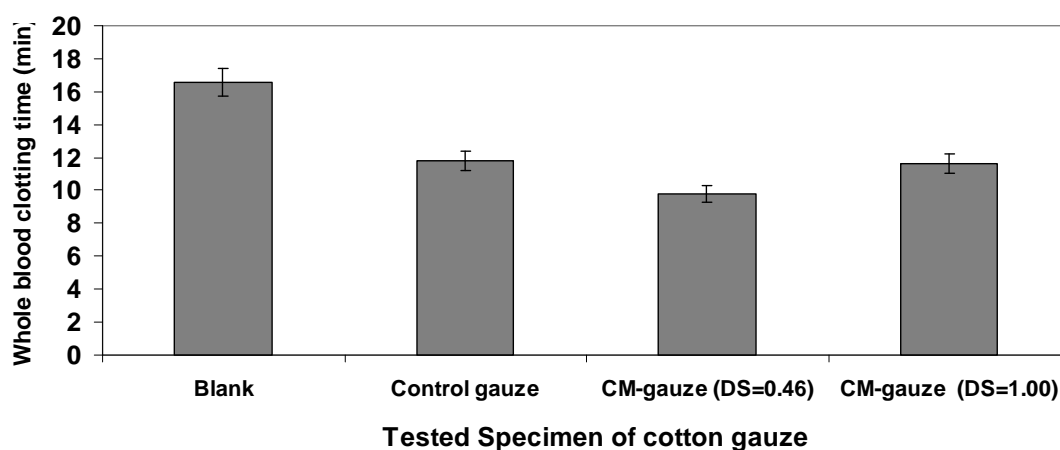


รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบเวลาการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

4.4.2 ผลการทดสอบสมบัติการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม

จากการนำผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรโดยวิธีการดูดซับที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.46 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 20 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 30 W/V และเวลาในการบ่ม เท่ากับ 3 นาที) และ 1.00 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 25 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 35 W/V และเวลาในการบ่ม เท่ากับ 3 นาที) ไปทดสอบหาค่า WHBCT โดยเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร และตัวอย่างเลือดควบคุม ผลการทดลองที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.13 พบว่า ค่า WHBCT ของผ้าฝ้ายกอสที่มีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.46 มีค่า WHBCT เท่ากับ 9.8 นาที ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบค่า WHBCT ของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรกับค่า WHBCT ของตัวอย่างเลือด

ควบคุม พบว่าค่า WHBCT ของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างเลือดควบคุม (Blank) แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าผ้าฝ้ายกอสจะดัดแปรแบบวิธีการดูดซับหรือแบบอัตรัด-อบแห้ง-ป่ม ได้ข้อสรุปที่เหมือนกันว่า ระดับการแทนที่เทียบเคียงที่ต่ำมีผลต่อการห้ามเลือดที่ดีกว่าผ้าฝ้ายกอสดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงที่สูง และถ้าระดับการแทนที่เทียบเคียงมีค่าสูง (1.00) ก็จะมีผลในการแข็งตัวของเลือดที่ไม่แตกต่างจากของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร (Control gauze)



รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบเวลาการแข็งตัวของเลือด (Whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัตรัด-อบแห้ง-ป่ม

4.5 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

4.5.1 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

ผลการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน รวมถึงที่มีและไม่มีสารโคโตซานและสารซิลเวอร์ไนเตรตได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.5 จากผลการทดลองสรุปได้ว่าผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ได้เลย และเมื่อนำผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรไปจุ่มด้วยสารโคโตซานและสารซิลเวอร์ไนเตรตพบว่า ผ้าฝ้ายกอสไม่ได้ดัดแปรที่จุ่มโคโตซานมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ได้น้อยมาก ระดับการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* อยู่ที่ร้อยละ 13.92 และเชื้อ

Escherichia coli อยู่ที่ ร้อยละ 15 ซึ่งระดับยับยั้งเชื้อก็ต่ำกว่าร้อยละ 20 ไม่นับว่ามีสมบัติของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

เมื่อนำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ตัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ และมีค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.43 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 15 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 40 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 3 ชั่วโมง) และ 0.84 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซีติก ร้อยละ 30 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 40 W/V และเวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 3 ชั่วโมง) ให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ร้อยละ 99.49 และร้อยละ 97.28 ตามลำดับ และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* ได้ร้อยละ 100 เท่ากัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการตัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ให้มีหมู่คาร์บอกซิลสามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิดได้ดีมาก

เมื่อนำผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ตัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงที่ 0.84 ไปจุ่มด้วยสารโคโตซาน และสารซิลเวอร์ไนเตรตพบว่า ผ้าฝ้ายกอกซ์ตัดแปรที่ระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.84 ที่จุ่มด้วยสารซิลเวอร์ไนเตรตยังคงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ได้ค่อนข้างดีอยู่เหมือนเดิมในระดับการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* เท่ากับร้อยละ 100 และเชื้อ *Escherichia coli* เท่ากับร้อยละ 99.84 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าซิลเวอร์ไนเตรตสามารถยับยั้งเชื้อทั้งสองได้ดีอยู่แล้ว และเมื่อผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ตัดแปรมีความสามารถในการยึดจับสารซิลเวอร์ไนเตรตได้มากขึ้น ก็ส่งผลให้การยับยั้งการเจริญเติบโตของผ้าฝ้ายกอกซ์ดังกล่าวสามารถทำได้ดีเหมือนเดิม

ส่วนผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ตัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.84 ไปจุ่มด้วยสารโคโตซานพบว่า ผ้าฝ้ายกอกซ์ดังกล่าวให้ผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดีพอสมควรแต่น้อยกว่าของผ้าฝ้ายกอกซ์ตัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจุ่มโคโตซานไปลดประสิทธิภาพของคาร์บอกซิล (COO⁻) ที่อยู่บนผ้าฝ้ายกอกซ์ตัดแปรให้น้อยลงทำให้ผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* น้อยลงแต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* กับผ้าฝ้ายกอกซ์ไม่ได้ตัดแปรและจุ่มด้วยโคโตซานจะพบว่า ผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ตัดแปรที่มีการยึดจับปริมาณโคโตซานได้มาก ก็มีแนวโน้มที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้มากกว่าของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ได้ตัดแปร และนำมาจุ่มด้วยสารโคโตซานซึ่งอาจจะมีสารโคโตซานอยู่บนผ้าฝ้ายกอกซ์น้อยมาก ทั้งนี้เพราะผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ตัดแปรไม่มีประจุที่ยึดติดกับโคโตซาน และการที่มีโครงสร้างที่โปร่งของผ้าฝ้ายกอกซ์ก็มีผลต่อการยึดจับโคโตซานที่ได้น้อยลงยิ่งขึ้น ส่วนประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* มีผลค่อนข้างน้อยเช่นเดิม ซึ่งอาจสรุปได้ว่าสารโคโตซานไม่มีผลต่อการต้านทานการเจริญเติบโต

ของเชื้อ *Escherichia coli* เนื่องจากความสามารถในการต้านทานเชื้อแบคทีเรียที่ดีควรมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตารางที่ 4.5 ผลของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน รวมถึงที่มีและไม่มีสารโคโตซานและสารซิลเวอร์ไนเตรต

ชนิดของตัวอย่างผ้าฝ้ายกอส	ชนิดของเชื้อแบคทีเรีย	ร้อยละของการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย
Control Gauze	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.00
CM-Gauze (DS=0.43)		99.49
CM-Gauze (DS=0.84)		97.28
Control Gauze + Chitosan		13.92
CM-Gauze (DS=0.84) + Chitosan		81.81
Control Gauze + Silver Nitrate		100
CM-Gauze (DS=0.84) + Silver Nitrate		100
Control Gauze	<i>Escherichia coli</i>	0.00
CM-Gauze (DS=0.43)		100
CM-Gauze (DS=0.84)		100
Control Gauze + Chitosan		15
CM-Gauze (DS=0.84) + Chitosan		7.4
Control Gauze + Silver Nitrate		99.07
CM-Gauze (DS=0.84) + Silver Nitrate		99.84

4.5.2 ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-บ่ม

การทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-บ่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงแตกต่างกันได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.6 การทดลองในส่วนนี้ได้ศึกษาระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอสดัดแปร มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองอย่างไรบ้าง ซึ่งตัวอย่างที่นำมาทดสอบคือ ผ้า

ฝ้ายกอกซ์ไม่ดัดแปร ฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.12 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 15 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 30 W/V และเวลาในการบ่ม เท่ากับ 3 นาที) ฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.46 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 20 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 30 W/V และเวลาในการบ่ม เท่ากับ 3 นาที) และฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.74 (ความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ร้อยละ 25 W/V ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นร้อยละ 30 W/V และเวลาในการบ่ม เท่ากับ 3 นาที) พบว่า ฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.12 และ 0.46 ไม่สามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้ และฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.74 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ได้เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 20.45 ซึ่งผลที่ได้แสดงว่าไม่มีสมบัตินี้การต้านทานเชื้อแบคทีเรีย เพราะร้อยละของการยับยั้งเชื้อดังกล่าวมีน้อยมาก ส่วนผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* พบว่าฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.12 และ 0.46 สามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้ เท่ากับ 25 และร้อยละ 28.57 ตามลำดับ ก็สามารถสรุปได้ว่าไม่มีสมบัตินี้การต้านทานเชื้อแบคทีเรีย และฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง เท่ากับ 0.74 สามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* ได้เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 50.62 แสดงว่ามีสมบัตินี้การต้านทานเชื้อแบคทีเรียได้บ้างเล็กน้อย การดัดแปรฝ้ายฝ้ายกอกซ์แบบวิธีการอัลตรา-อบแห้ง-บ่มที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงใกล้เคียงกัน ให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้น้อยกว่าของฝ้ายฝ้ายกอกซ์ดัดแปรแบบวิธีการดูดซับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงของฝ้ายฝ้ายกอกซ์ด้วยวิธีการดูดซับ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงไปถึงแกนภายในโครงสร้างของฝ้ายฝ้ายกอกซ์ ทั้งนี้เพราะระยะเวลาในการทำปฏิกิริยายาวนานกว่า แต่สำหรับฝ้ายฝ้ายกอกซ์ที่ผ่านการดัดแปรแบบวิธีการอัลตรา-อบแห้ง-บ่ม อาจเกิดขึ้นบนพื้นผิวของฝ้ายฝ้ายกอกซ์ ทำให้ผลของการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียมีประสิทธิภาพด้อยกว่า จากผลการทดลองที่ได้สรุปได้ว่าฝ้ายฝ้ายกอกซ์ไม่ได้ดัดแปรไม่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ส่วนฝ้ายฝ้ายกอกซ์ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียง ในช่วง 0.1-0.7 ก็ไม่มีสมบัตินี้การต้านทานเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ เพราะร้อยละของการลดลงของเชื้อแบคทีเรียน้อยมากคืออยู่ในช่วงร้อยละ 0-20 ส่วนการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของฝ้ายฝ้ายกอกซ์ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.74 ได้ผลการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ได้ถึงร้อยละ 50.62 ซึ่งแสดงสมบัตินี้การต้านทานเชื้อ *Escherichia coli* ได้บ้างแต่ไม่ดีนัก เพราะสมบัตินี้การต้านทานเชื้อแบคทีเรียที่ดี ควรให้ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียมากกว่าร้อยละ 80 ขึ้นไป

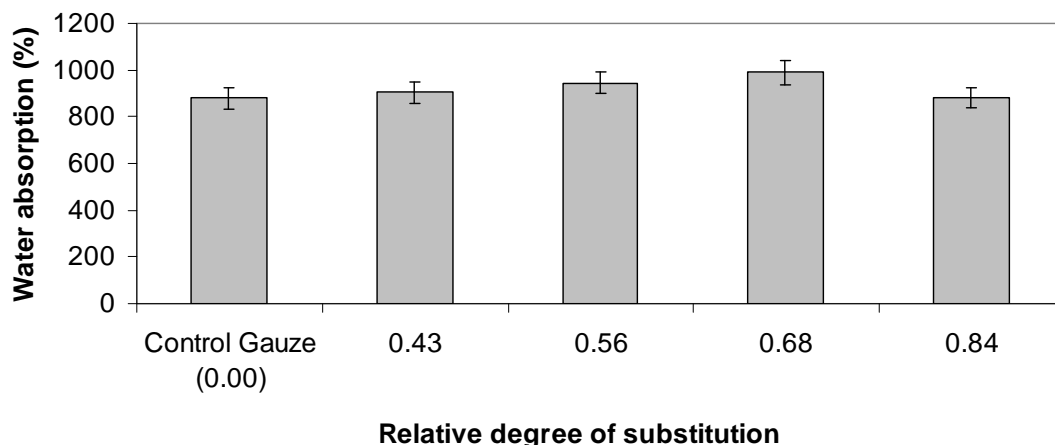
ตารางที่ 4.6 ผลของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ของผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ได้ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลตรีด-อบแห้ง-ปม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างกัน

ชนิดของตัวอย่างผ้าฝ้ายกอลซ์	ชนิดของเชื้อแบคทีเรีย	ร้อยละของการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย
Control Gauze	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.00
CM-Gauze (DS=0.12)		0.00
CM-Gauze (DS=0.46)		0.00
CM-Gauze (DS=0.74)		20.45
Control Gauze	<i>Escherichia coli</i>	0.00
CM-Gauze (DS=0.12)		25.00
CM-Gauze (DS=0.46)		28.57
CM-Gauze (DS=0.74)		50.62

4.6 ผลการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

4.6.1 ผลการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ ของผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ได้ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

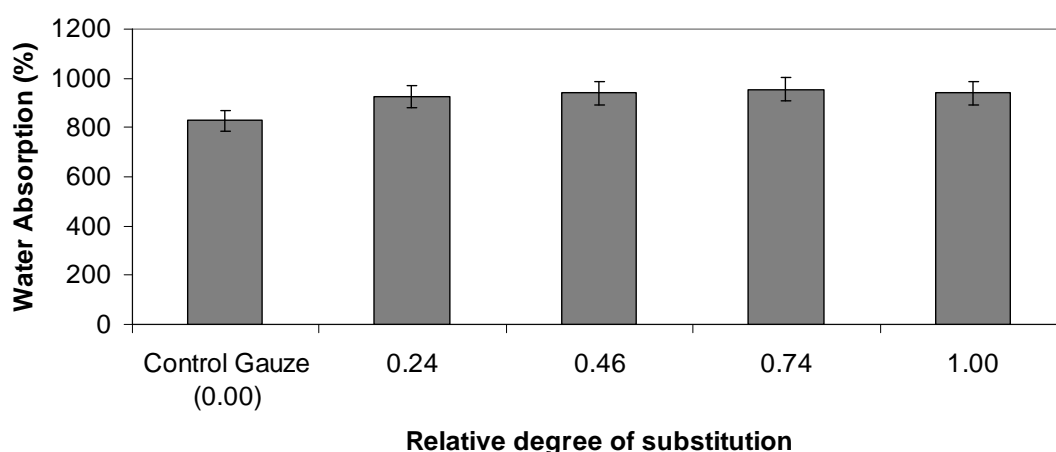
ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอลซ์ตามมาตรฐาน ASTM D4772-09 โดยนำผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ได้ดัดแปรโดยวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กันมาทดสอบเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ไม่ได้ดัดแปร ผลการทดสอบได้แสดงดังในรูปที่ 4.14 จากผลการทดลอง การดัดแปรผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ไม่ได้ดัดแปรหรือดัดแปรที่มีสมบัติที่ชอบน้ำอยู่แล้ว ทำให้ปริมาณการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกันมากหรืออาจเป็นเพราะน้ำเป็นสารที่มีความเป็นกลางไม่ได้แสดงประจุที่ชัดเจนทำให้ผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ได้ดัดแปรซึ่งแสดงประจุลบไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำเพิ่มเติม เมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ไม่ได้ดัดแปร



รูปที่ 4.14 แสดงร้อยละของการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน

4.6.2 ผลการทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอสตามมาตรฐาน ASTM D4772-09 โดยนำผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรโดยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่มที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ มาทดสอบเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร ผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.15 สรุปได้ว่าการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงแตกต่างกันไม่มีผลต่อการดูดซึมน้ำ ซึ่งผลที่ได้เหมือนกันกับผลการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ



รูปที่ 4.15 แสดงร้อยละของการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน

4.7 ผลของค่าน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอลและความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอล

4.7.1 ผลของค่าน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอลและค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

ผลของค่าน้ำหนักผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรโดยวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างกั้กันมาคำนวณหาค่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรเทียบกับผ้าฝ้ายกอลที่ไม่ดัดแปร ผลการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 จากผลการทดลองที่ได้พบว่าผ้าฝ้ายกอลที่ผ่านการดัดแปรมีค่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรของผ้าเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากน้ำหนักของสารนำมาใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอล ส่วนระดับการแทนที่เทียบเคียงที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของผ้าฝ้ายกอลดัดแปร

ผลทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรโดยวิธีการดูดซับ ตามมาตรฐาน ASTM D3786-08 โดยนำผ้าฝ้ายกอลที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน มาทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ จากผลการทดลองพบว่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรจะมีค่าสูงกว่าผ้าฝ้ายกอลที่ไม่ดัดแปร ทั้งนี้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอลที่ดัดแปรเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากกรัมต่อตารางเมตรของผ้าฝ้ายกอลที่ผ่านการดัดแปรเพิ่มมากขึ้น ส่วนระดับการแทนที่เทียบเคียงไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุเช่นกัน

ตารางที่ 4.7 ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอลและความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอลที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง (DS _{rel})	น้ำหนัก (g/m ²)	ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (kg/cm ²)
Control Gauze	23.25±0.31	0.76±0.01
0.43	80.76±2.11	2.36±0.03
0.56	89.67±1.03	2.56±0.02
0.68	86.65±0.59	2.44±0.02
0.84	86.49±1.54	2.92±0.03

4.7.2 ผลของค่าน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ป่ม

ผลของค่าน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรโดยวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ป่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กันมาคำนวณหาค่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรเทียบกับผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร ผลการคำนวณได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปร มีค่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรของผ้าเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องจากน้ำหนักสารที่ใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอส ส่วนระดับการแทนที่เทียบเคียงไม่มีผลต่อการเพิ่มของน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรของผ้าฝ้ายกอสดัดแปร แต่เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับ พบว่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรของผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ป่ม มีค่าน้ำหนักกรัมต่อตารางเมตรน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับ มีขั้นตอนในการแช่ผ้าฝ้ายกอสเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่า ทำให้ผ้าฝ้ายกอสเกิดดูดซับสารได้มากกว่า ส่วนความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปร มีค่าสูงกว่าผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร และระดับการแทนที่เทียบเคียงที่แตกต่างกันของผ้าฝ้ายกอสดัดแปร ไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ และค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรแบบวิธีการดูดซับมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ป่ม ทั้งนี้อาจเป็นเหตุผลเดียวกันว่าเวลาในการทำปฏิกิริยาของคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ มีระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่าของแบบวิธีอัลทรีด-อบแห้ง-ป่ม

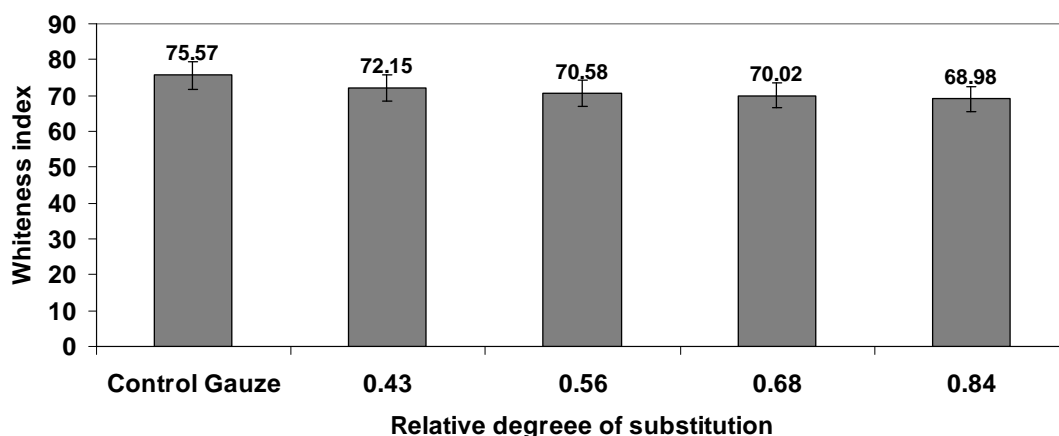
ตารางที่ 4.8 ผลของน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสและความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัลทรีด-อบแห้ง-ป่ม

ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง (DS _{rel})	น้ำหนัก (g/m ²)	ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (kg/cm ²)
Control Gauze	23.25±0.31	0.72±0.03
0.24	61.54±1.53	1.90±0.03
0.46	73.65±1.11	1.94±0.01
0.74	76.85±1.37	2.08±0.02
1.00	77.18±1.23	2.02±0.04

4.8 ผลการทดสอบดัชนีความขาว (Whiteness index)

4.8.1 ผลการทดสอบดัชนีความขาว (Whiteness index) ของผ้าฝ้ายกอมที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

ผลทดสอบความขาวของผ้าฝ้ายกอมที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับ ตามมาตรฐาน ASTM E313-05 โดยนำผ้าฝ้ายกอมที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน มาทดสอบหาค่าดัชนีความขาว ผลการทดสอบที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.16 จากผลการทดลองที่ได้ พบว่าค่าดัชนีความขาวของผ้ากอมที่ดัดแปร จะมีค่าดัชนีความขาวน้อยกว่าผ้าฝ้ายกอมที่ไม่ได้ดัดแปรเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้เมื่อระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าดัชนีความขาวของผ้าลดลง ทั้งนี้เพราะในกระบวนการดัดแปรต้องผ่านขั้นตอนการอบแห้งซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความขาวของผ้าที่ดัดแปรบ้างเล็กน้อย ส่วนระดับการแทนที่เทียบเคียงที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอม

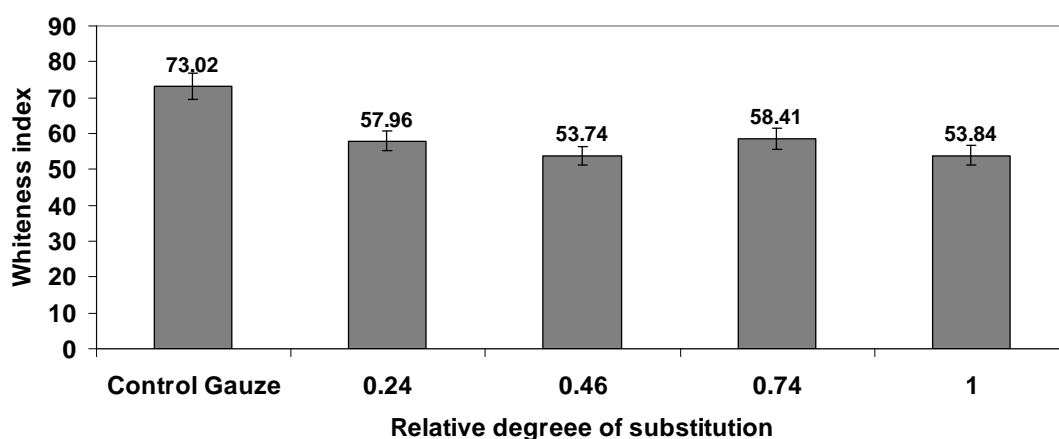


รูปที่ 4.16 ผลค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอมที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน

4.8.2 ผลการทดสอบดัชนีความขาว (Whiteness index) ของผ้าฝ้ายกอมที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม

ผลทดสอบความขาวของผ้าฝ้ายกอมที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปม ตามมาตรฐาน ASTM E313-05 โดยนำผ้าฝ้ายกอมที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน มาทดสอบหาค่าดัชนีความขาวด้วย ผลการทดสอบที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.17 พบว่า ค่าดัชนีความขาวของผ้ากอมที่ผ่านการดัดแปรจะมีค่าดัชนีความขาวน้อยกว่าผ้าฝ้ายกอมที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปร แต่ที่

ระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ไม่ส่งผลต่อค่าดัชนีความขาวของผ้า และเมื่อเปรียบเทียบ ค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอมที่ดัดแปรด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม กับของผ้าฝ้ายกอมที่ดัดแปรด้วยวิธีการดูดซับ จะพบว่าค่าดัชนีความขาวน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะในกระบวนการดัดแปรผ้าฝ้ายกอมด้วยวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ต้องผ่านขั้นตอนการอบและการบ่มซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ค่อนข้างสูง (120 องศาเซลเซียส) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความขาวได้มากกว่า ส่วนระดับการแทนที่เทียบเคียงมีผลต่อค่าดัชนีความขาวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 4.17 ผลค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอมที่ดัดแปรด้วยวิธีการบ่มซีเมทิเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชัน แบบวิธีการดูดซับ และแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ด้วยกรดโมโนคลอโรแอซิดิกเพื่อเปลี่ยนแปลงหมู่ไฮดรอกซิลของผ้าฝ้ายกอสให้เป็นหมู่คาร์บอกซิล และทำการศึกษาเวลาการแข็งตัวของเลือด การต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ประสิทธิภาพการดูดซับโคโตซานและซิลเวอร์ไนเตรต การดูดซึมน้ำ สมบัติความขาว และความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรเปรียบเทียบกับของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปร ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

1) จาก ATR-FTIR spectrum ของผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชัน ทั้งแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม จะปรากฏพีคที่ตำแหน่งประมาณ 1605 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่ยืนยันว่ามีหมู่ COO^- เกิดขึ้นบนผ้าฝ้ายกอสดัดแปร แสดงว่าผ้าฝ้ายกอสได้ถูกดัดแปรโครงสร้างที่เป็นเซลลูโลสให้เป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้บางส่วน

2) ค่าระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอสดัดแปรทั้งแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดโมโนคลอโรแอซิดิก ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น

3) ประสิทธิภาพการเก็บสารโคโตซานหรือสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ผ่านการดัดแปรทั้งวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับการแทนที่เทียบเคียงเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโคโตซานที่ระดับการแทนที่ที่ใกล้เคียงกัน ของผ้าฝ้ายกอสที่ดัดแปรแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม พบว่าผ้าฝ้ายกอสดัดแปรที่ได้จากวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ให้ประสิทธิภาพในการดูดซับโคโตซานไม่แตกต่างกันมากนัก

4) เมื่อดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ให้มีระดับการแทนที่เทียบเคียงประมาณ 0.4 – 0.5 จะสามารถช่วยให้เลือดแข็งตัวได้เร็วขึ้น ภายในระยะเวลา

9.8-10.6 นาที ซึ่งเร็วกว่าเวลาปกติของเวลาการแข็งตัวของเลือดที่อยู่ระหว่าง 15-20 นาที แต่ถ้าระดับการแทนที่เทียบเคียงสูงเกินไปส่งผลให้การแข็งตัวของเลือดช้าลง

5) ผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันทั้งแบบวิธีการดูดซับที่ระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.43 และ 0.84 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้เท่ากับร้อยละ 99.49 และร้อยละ 97.28 ตามลำดับและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* ได้เท่ากับร้อยละ 100 เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าผ้าฝ้ายกอกซ์ดัดแปรสามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้ดีมาก ในขณะที่ผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ดัดแปรไม่สามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้เลย

6) ผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรเมื่อนำมาจุ่มด้วยสารซิลเวอร์ไนเตรต จะให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้เท่ากับร้อยละ 100 เท่ากัน และยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* ได้เท่ากับร้อยละ 99.07 และร้อยละ 99.84 ตามลำดับแสดงว่าสารซิลเวอร์ไนเตรตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองได้ดีมาก

7) ผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากับ 0.84 ไปจุ่มด้วยสารโคโตซานพบว่า ผ้าฝ้ายกอกซ์ดังกล่าวให้ผลการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้เท่ากับร้อยละ 81.81 ซึ่งถือว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดีพอสมควรแต่น้อยกว่าของผ้าฝ้ายกอกซ์ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงเท่ากัน แต่จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้มากกว่าของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ได้ดัดแปร ส่วนประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli* ได้เท่ากับร้อยละ 7.4 ซึ่งถือได้ว่าสารโคโตซานไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Escherichia coli*

8) การดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปรม ไม่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปร และเมื่อระดับการแทนที่เทียบเคียงเพิ่มมากขึ้น ก็ไม่มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำเช่นกัน

9) การดัดแปรผ้าฝ้ายกอกซ์ด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับและวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปรม จะมีค่าน้ำหนักและความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุเพิ่มมากขึ้น ส่วนดัชนีความขาวจะมีค่าลดลงบ้างเล็กน้อย และเมื่อระดับการแทนที่เทียบเคียงเพิ่มมากขึ้น ไม่มีผลกระทบต่อค่าน้ำหนัก ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ และค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอกซ์ที่ดัดแปร

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

- 1) ศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณสารที่ตกค้างอยู่ในผ้าฝ้ายกอมหลังการดัดแปร
- 2) ศึกษาความปลอดภัยและความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ของผ้าฝ้ายกอมดัดแปรก่อนนำมาใช้งานจริง
- 3) ศึกษาผลของสารพิษตกค้างว่ามีผลต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียอย่างไรบ้าง
- 4) เปลี่ยนลักษณะผ้าที่นำมาใช้ในการดัดแปรเป็นรูปแบบอื่น ๆ เช่น ผ้าฝ้ายที่มีโครงสร้างหนาแน่นกว่าผ้าฝ้ายกอม
- 5) ศึกษาคุณลักษณะพื้นผิวของผ้าฝ้ายกอมก่อนและหลังการดัดแปรว่ามีสารเคลือบอยู่ที่พื้นผิวหรือไม่ หรือมีสารตกค้างที่เกิดจากปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชันบนผ้าหรือไม่

รายการอ้างอิง

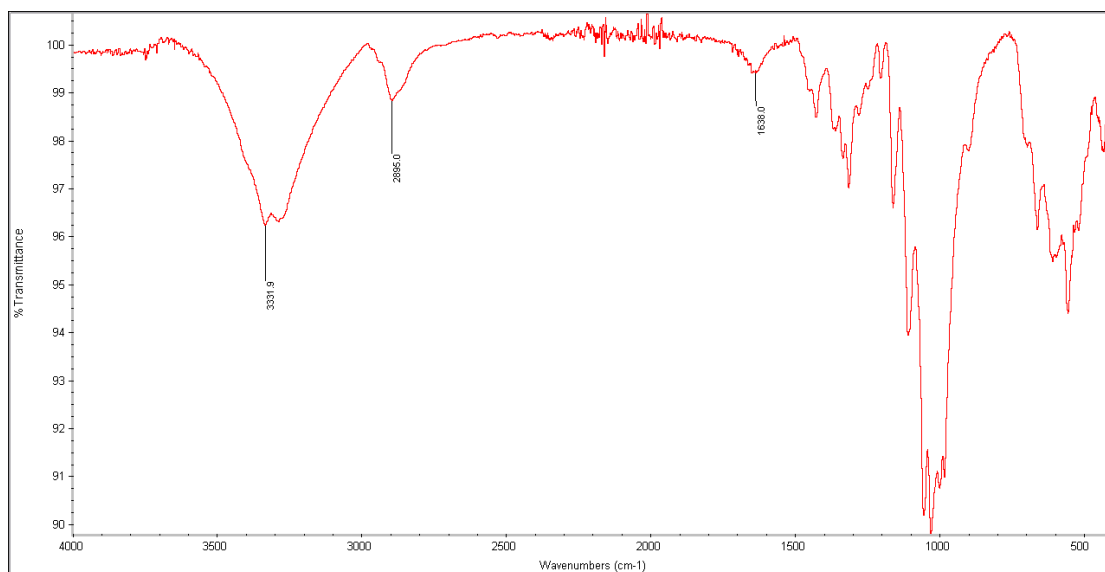
- [1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. ผ้าโปร่งดัดเข็ม ผ้าพันแผล และผ้าซับ. มอก.251-2545. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2545.
- [2] Kennedy, F. J.; Phillips, G. O.; and Williams, P. A. Cellulose and cellulose derivatives : physico-chemical aspects and industrial applications. Wood Head Publishing Limited (1995): 57-58.
- [3] Lewis, R. J. Hawley's Condensed Chemical Dictionary. New York : Van Nostrand Rheinhold, 1993.
- [4] Kalle, U. H. F. Cellulose ethers-Synthesis, application and analytical aspects. Cellulose and its derivatives (1985): 273-279.
- [5] Omiya, T. European Patent Application : 0074631 A1, 1983.
- [6] งามจิตร วิฑูรย์สกุลศิลป์. ซี.เอ็ม.ซี. (C.M.C.). อุตสาหกรรมสาร 2520: 1-18.
- [7] เลขา สมยีน. Blood and blood circulation disorders[Online]. Available from: http://www.nmc.ac.th/database/file_science/blood%20and%20blood%20circulation.pdf [2552,February 20]
- [8] Mycek, M. J.; Gertner, S. B.; and Perper, M. M. Drug affecting blood. Lippincott's illustrated reviews : Pharmacology (1992): 185-198.
- [9] รัตนา รุจิรวนิช. การดูดซับสีย้อมประเภทละลายน้ำได้บนไคตินและไคโตซาน. จุฬารวิจัย 20 (มีนาคม-เมษายน 2544): 18-21.
- [10] ปราณีย์ รัตนวลิตโรจน์, กนกวรรณ แสงเกียรติยุทธ และ สุพิณ ต่างวิวัฒน์. Silver Nitrate[Online]. Available from:http://www.material.chula.ac.th/Nano/Nano_silver1.html [2552,February 20]
- [11] ฉวีวรรณ แสงสว่าง. Staphylococcus aureus[Online]. Available from: <http://www.technoinhome.com/front/webboard/show.php?tbl=tblwb03&id=927&PHPSESSID=95411eccc7bfb04d96d4d06ea95c0cc4> [2552,February 20]
- [12] ดารารัตน์ มิตรวงษา. Escherichia coli[Online]. Available from: <http://www.technoinhome.com/front/webboard/show.php?tbl=tblwb03&id=931&PHPSESSID=95411eccc7bfb04d96d4d06ea95c0cc4> [2552,February 20]

- [13] ไสภณ เริงสำราญ, ปราวณี รัตนวดีดิโรจน์ และศรีไฉล ชุณหท. การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากขาน้อย. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
- [14] Pushpamalar, V.; Langford, S. J.; Ahmad, M.; and Lim, Y. Y. Optimization of reaction conditions for preparing carboxymethyl cellulose from sago waste. Carbohydrate Polymers (2006): 312-318.
- [15] Natthasuang, M.; Noppamad, P.; and Pornchai, R. Production of carboxymethylcellulose films from waste of mulberry paper. Chiang Mai: Department of Packaging Technology, Chiang Mai University, 2006.
- [16] นาทยา สุทธิโพธิ์สุวรรณ, ปราวณา ไชยวงศ์ญาติ, วรางคณา รินสิน้อย และพรชัย ราชตนะพันธ์. การผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกมะละกอสำหรับเป็นสารยึดติดเนื้อดินในเซรามิก. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2005.
- [17] Wanida, J.; Paweena, U.; Boonlom, T.; Jirawat, K.; and Rujiporn, P. In vitro comparative hemostatic studies of chitin, chitosan, and their derivatives. Journal of Applied Polymer Science (2006): 445-451.
- [18] Parikh, D. V.; et al. Antimicrobial silver/sodium carboxymethyl cotton dressing for burn wounds. Journal Textile Research (2005): 134-138.

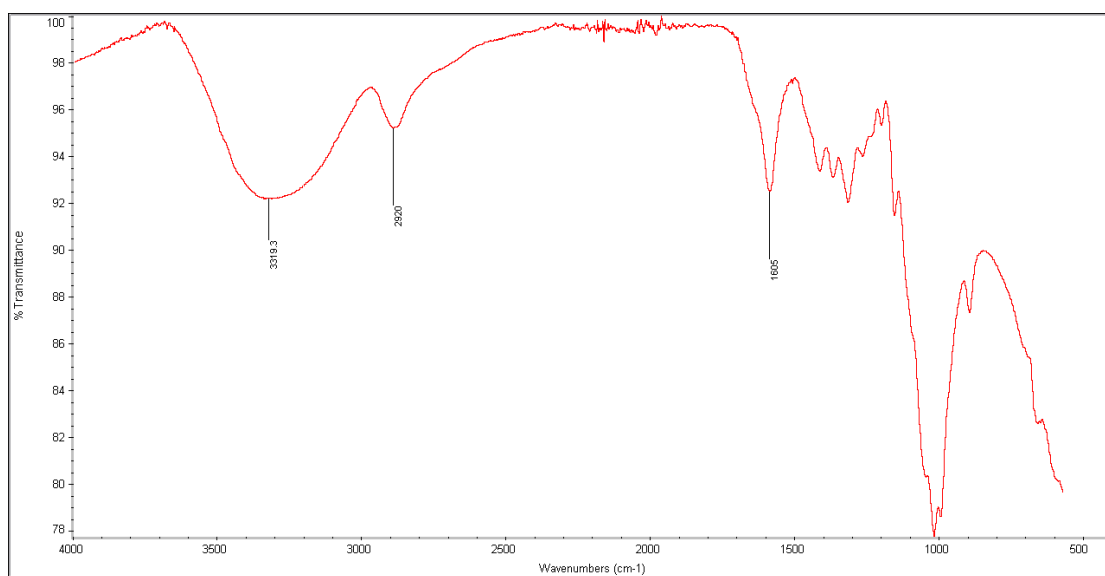
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

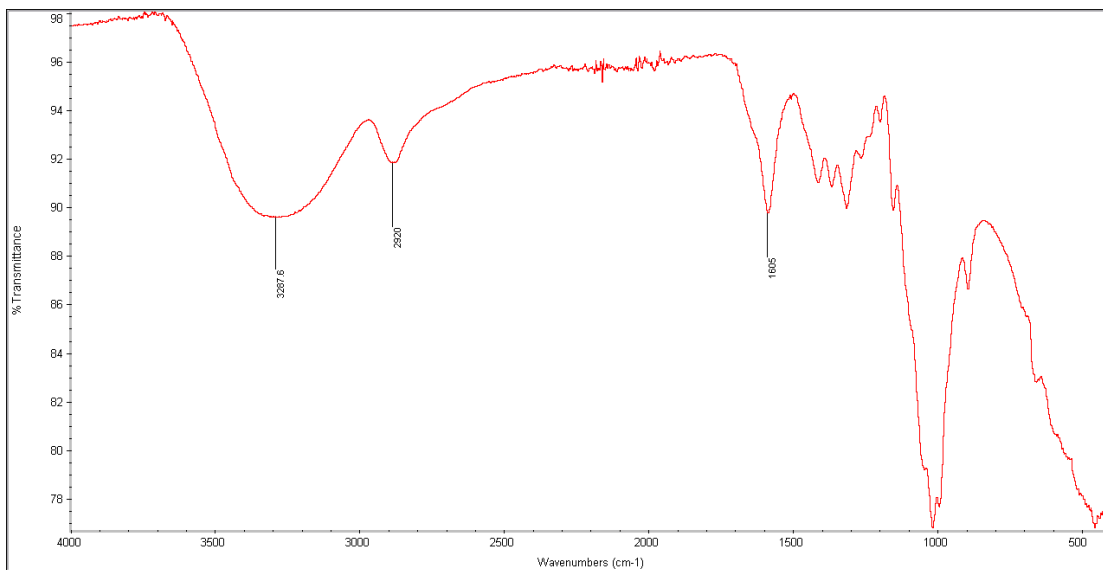
ผลการตรวจสอบหาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง ATR-FTIR



รูปที่ ก.1 ATR-FTIR Spectrum ของผ้าฝ้ายกชที่ไม่ได้ดัดแปร



รูปที่ ก.2 ATR-FTIR Spectrum ของผ้าฝ้ายกชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บocation เมทิลเลขันแบบวิธีการดูดซับ



รูปที่ ก.3 ATR-FTIR Spectrum ของผ้าฝ้ายกชดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซิเมทิลชันแบบ
วิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

ภาคผนวก ข

ผลการศึกษากาวยะตัวแปรที่มีผลต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง

ตารางที่ ข.1 แสดงภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอสตัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

ภาวะตัวแปรที่ใช้ในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอส			ระดับการแทนที่เทียบเคียง					
กรดโมโนคลอโรแอซิดิก (%)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	เวลา (hr)	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
15	40	3	0.43	0.47	0.39	0.46	0.41	0.43±0.03
20	40	3	0.58	0.56	0.56	0.51	0.57	0.56±0.03
25	40	3	0.65	0.64	0.71	0.7	0.68	0.68±0.03
30	40	3	0.85	0.89	0.86	0.81	0.81	0.84±0.03
15	40	4	0.46	0.44	0.41	0.48	0.42	0.44±0.03
20	40	4	0.68	0.62	0.58	0.64	0.6	0.62±0.04
25	40	4	0.71	0.74	0.77	0.73	0.72	0.73±0.02
30	40	4	0.98	0.98	1.03	1.05	1.01	1.01±0.03
15	45	3	0.58	0.56	0.51	0.53	0.55	0.55±0.03
20	45	3	0.65	0.63	0.65	0.62	0.61	0.63±0.02
25	45	3	0.84	0.79	0.78	0.81	0.81	0.81±0.02
30	45	3	1.15	1.14	1.13	1.09	1.1	1.12±0.03
15	45	4	0.65	0.64	0.59	0.58	0.61	0.61±0.03
20	45	4	0.71	0.73	0.69	0.73	0.73	0.72±0.02
25	45	4	0.89	0.87	0.82	0.88	0.81	0.85±0.04
30	45	4	1.39	1.37	1.45	1.43	1.43	1.41±0.03

ตารางที่ ข.2 ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสีติกร้อยละ 30 (W/V) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในการดัดแปรผ้าฝ้าย กอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	ระดับการแทนที่เทียบเคียง					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
30	0.79	0.78	0.82	0.83	0.75	0.79±0.03
35	0.83	0.84	0.82	0.82	0.81	0.82±0.01
40	0.85	0.89	0.86	0.81	0.81	0.84±0.03
45	1.15	1.14	1.13	1.09	1.1	1.12±0.03
50	1.44	1.42	1.38	1.38	1.41	1.41±0.03

ตารางที่ ข.3 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่ ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสีติกคงที่ที่ร้อยละ 30 (W/V) และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ที่ร้อยละ 40 (W/V) ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

เวลาในการทำปฏิกิริยา (hr)	ระดับการแทนที่เทียบเคียง					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
3	0.85	0.89	0.86	0.81	0.81	0.84±0.03
4	0.98	0.98	1.03	1.05	1.01	1.01±0.03
5	1.03	1.07	1.07	1.05	1.02	1.05±0.02

ตารางที่ ข.4 แสดงภาวะของตัวแปรที่มีผลต่อระดับการแทนที่เทียบเคียงของผ้าฝ้ายกอสดัดแปร ด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอีตริด-อบแห้ง-บ่ม

ภาวะตัวแปรที่ใช้ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอส			ระดับการแทนที่เทียบเคียง					ค่าเฉลี่ย
กรดโมโนคลอโรแอซิดิก (%)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	เวลา (min)	1	2	3	4	5	
15	30	3	0.11	0.14	0.14	0.11	0.12	0.12±0.02
20	30	3	0.45	0.45	0.48	0.47	0.44	0.46±0.02
25	30	3	0.76	0.74	0.74	0.72	0.74	0.74±0.01
15	30	7	0.17	0.16	0.18	0.18	0.15	0.17±0.01
20	30	7	0.45	0.46	0.49	0.49	0.49	0.48±0.02
25	30	7	0.98	0.96	0.96	0.95	0.92	0.95±0.02
15	30	10	0.18	0.17	0.18	0.19	0.18	0.18±0.01
20	30	10	0.56	0.55	0.54	0.51	0.57	0.55±0.02
25	30	10	0.96	1.02	1.01	0.97	0.96	0.98±0.03
15	35	3	0.25	0.25	0.28	0.23	0.21	0.24±0.03
20	35	3	0.69	0.64	0.63	0.66	0.66	0.66±0.02
25	35	3	0.98	1.05	1.04	0.97	0.98	1.00±0.04
15	35	7	0.26	0.26	0.23	0.27	0.24	0.25±0.02
20	35	7	0.68	0.65	0.64	0.68	0.68	0.67±0.02
25	35	7	1.02	1.05	1.08	1.01	1.02	1.04±0.03
15	35	10	0.25	0.28	0.31	0.30	0.28	0.28±0.02
20	35	10	0.68	0.72	0.68	0.73	0.71	0.70±0.02
25	35	10	1.33	1.36	1.29	1.35	1.34	1.33±0.03

ตารางที่ ข.5 ผลความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าระดับการแทนที่เทียบเคียง ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสติกร้อยละ 25 (W/V) เป็นเวลา 10 นาที ในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)	ระดับการแทนที่เทียบเคียง					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
20	0.42	0.42	0.43	0.38	0.39	0.41±0.03
25	0.78	0.78	0.79	0.74	0.73	0.76±0.02
30	0.96	1.02	1.01	0.97	0.96	0.98±0.03
35	1.33	1.36	1.29	1.35	1.34	1.33±0.03
40	1.41	1.42	1.38	1.38	1.34	1.39±0.03

ตารางที่ ข.6 ผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อค่าระดับการแทนที่ ในภาวะที่มีความเข้มข้นของโมโนคลอโรแอสติกร้อยละ 25 (W/V) และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์คงที่ร้อยละ 30 (W/V) ในการตัดแปรผ้าฝ้ายกอชด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

เวลาในการทำปฏิกิริยา (min)	ระดับการแทนที่เทียบเคียง					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
3	0.76	0.74	0.74	0.72	0.74	0.74±0.01
7	0.98	0.96	0.96	0.95	0.92	0.95±0.02
10	0.96	1.02	1.01	0.97	0.96	0.98±0.03

ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการเก็บสารโคโตซานหรือสารซิลเวอร์ไนเตรต

ตารางที่ ค.1 ร้อยละของการเก็บสารโคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับ

ระดับการแทนที่ เทียบเคียง	ร้อยละของการเก็บสารโคโตซาน ณ เวลาต่าง ๆ				
	0 hr	½ hr	1 hr	2 hr	5 hr
Control gauze (0.00)	574.42±15.43	385.08±12.54	248.38±11.43	111.52±7.54	22.76±3.76
0.43	556.31±13.21	487.79±11.45	406.56±10.84	311.90±10.53	105.34±8.52
0.56	608.15±14.76	518.88±13.76	410.15±9.70	341.51±10.34	116.52±6.75
0.68	644.28±13.54	590.41±13.90	420.71±8.54	356.58±9.95	130.14±6.20
0.84	687.16±15.87	626.5±14.85	470.00±11.87	449.45±11.45	136.21±7.63

ตารางที่ ค.2 ร้อยละของการเก็บสารโคโตซานของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ปัม

ระดับการแทนที่ เทียบเคียง	ร้อยละของการเก็บสารโคโตซาน ณ เวลาต่าง ๆ				
	0 hr	½ hr	1 hr	2 hr	5 hr
Control gauze (0.00)	571.91±16.75	370.30±13.43	239.71±13.40	110.67±11.94	23.04±3.24
0.24	625.39±15.53	478.26±14.96	326.87±13.86	223.90±12.42	77.14±5.60
0.46	645.73±18.50	541.21±15.75	367.81±14.53	290.67±12.84	106.77±9.24
0.74	675.75±14.64	569.75±15.80	421.65±12.56	375.21±10.52	129.91±8.77
1.00	679.73±15.84	647.28±14.64	546.77±14.51	419.97±10.45	159.33±9.45

ตารางที่ ค.3 ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

ระดับการแทนที่เทียบเคียง	ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรต ณ เวลาต่าง ๆ			
	0 hr	½ hr	1 hr	2 hr
Control gauze (0.00)	473.55±10.44	61.89±7.49	5.74±1.34	1.47±0.45
0.43	478.59±11.51	110.01±6.90	13.61±2.57	6.73±2.01
0.56	507.52±10.70	118.46±5.67	15.2±2.66	8.16±1.94
0.68	536.36±12.56	126.64±6.82	16.77±2.90	9.52±2.21
0.84	539.86±13.91	130.07±7.54	17.12±2.81	9.77±2.35

ตารางที่ ค.4 ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรตของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ในการดัดแปรผ้าฝ้ายกอสด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม

ระดับการแทนที่เทียบเคียง	ร้อยละของการเก็บสารซิลเวอร์ไนเตรต ณ เวลาต่าง ๆ			
	0 hr	½ hr	1 hr	2 hr
Control gauze (0.00)	463.99±9.54	60.94±6.92	4.92±1.55	1.05±0.14
0.24	478.95±9.98	86.64±6.01	6.96±1.40	4.93±0.78
0.46	527.72±10.05	108.82±8.54	13.29±3.11	6.21±1.32
0.74	531.91±9.84	115.02±8.23	17.68±3.26	9.97±1.56
1.00	583.81±11.35	132.01±10.07	22.77±3.17	12.87±2.95

ภาคผนวก ง

ผลการศึกษาเวลาในการแข็งตัวของเลือด

ตารางที่ ง.1 ผลการทดสอบเวลาแข็งตัวของเลือด (whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ได้ดัดแปรและดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

Tested Specimen of cotton gauze	Whole blood clotting time (min)					
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย
Blank	16	17	15	20	15	16.6±2.1
Control gauze	11	13	13	12	10	11.8±1.3
CM-gauze (DS=0.43)	9	11	11	11	11	10.6±0.9
CM-gauze (DS=0.84)	14	15	14	13	11	13.4±1.5

ตารางที่ ง.2 ผลการทดสอบเวลาการแข็งตัวของเลือด (whole blood clotting time ; WHBCT) ของผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ได้ดัดแปรและดัดแปรด้วยคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-บ่ม

Tested Specimen of cotton gauze	Whole blood clotting time (min)					
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย
Blank	16	17	15	20	15	16.6±2.1
Control gauze	11	13	13	12	10	11.8±1.3
CM-gauze (DS=0.46)	9	11	10	9	10	9.8±0.8
CM-gauze (DS=1.00)	11	10	12	13	12	11.6±1.1

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบสมบัติการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

ตารางที่ จ.1 ผลของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ของผ้าฝ้ายกอชที่ไม่ได้ดัดแปรและที่ดัดแปรด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างกัน รวมถึงที่มีและไม่มีสารไคโตซานและสารซิลเวอร์ไนเตรต

Test microorganisms	Sample	The number of bacteria CFU/ml (0 hr)	The number of bacteria CFU/ml (24 hr)	% Reduction
<i>Staphylococcus aureus</i>	Control Gauze	5.7×10^8	5.2×10^8	0.00
	CM-Gauze (DS=0.43)	1.3×10^9	6.6×10^6	99.49
	CM-Gauze (DS=0.84)	5.9×10^8	1.6×10^7	97.28
	Control Gauze + Chitosan	7.9×10^8	6.8×10^8	13.92
	CM-Gauze (DS=0.84) + Chitosan	5.5×10^8	1.0×10^8	81.81
	Control Gauze + Silver Nitrate	6.1×10^7	0	100
	CM-Gauze (DS=0.84) + Silver Nitrate	5.6×10^6	0	100
<i>Escherichia coli</i>	Control Gauze	5.5×10^9	3.6×10^9	0.00
	CM-Gauze (DS=0.43)	1.7×10^8	0	100
	CM-Gauze (DS=0.84)	4.0×10^9	0	100
	Control Gauze + Chitosan	4.0×10^9	3.4×10^9	15
	CM-Gauze (DS=0.84) + Chitosan	2.7×10^9	2.5×10^9	7.4
	Control Gauze + Silver Nitrate	1.0×10^8	9.3×10^5	99.07
	CM-Gauze (DS=0.84) + Silver Nitrate	6.5×10^8	1.0×10^6	99.84

ตารางที่ จ.2 ผลของการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichia coli* ของผ้าฝ้ายกอลซ์ที่ไม่ตัดแปรรูปและที่ตัดแปรรูปด้วยวิธีการคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน

Test microorganisms	Sample	The number of bacteria CFU/ml (0 hr)	The number of bacteria CFU/ml (24 hr)	% Reduction
<i>Staphylococcus aureus</i>	Control Gauze	5.7×10^8	5.2×10^8	0.00
	CM-Gauze (DS=0.12)	4.3×10^8	4.5×10^8	0.00
	CM-Gauze (DS=0.46)	4.7×10^8	5.0×10^8	0.00
	CM-Gauze (DS=0.74)	4.4×10^8	3.5×10^8	20.45
<i>Escherichia coli</i>	Control Gauze	5.5×10^9	3.6×10^9	0.00
	CM-Gauze (DS=0.12)	1.6×10^9	1.2×10^9	25.00
	CM-Gauze (DS=0.46)	4.0×10^9	1.0×10^9	28.57
	CM-Gauze (DS=0.74)	4.0×10^9	7.9×10^9	50.62

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ จ.1 แสดงร้อยละของการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอชที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน

Relative degree of substitution	Water absorption (%)					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control gauze (0.00)	877.7	884.53	875.35	870.3	886.62	878.90±6.70
0.43	895.62	912.32	901.65	905.21	905.65	904.09±6.11
0.56	939.05	947.21	951.34	953.9	936.45	945.59±7.60
0.68	996.54	978.94	986.13	989.52	994.32	989.09±6.98
0.84	887.94	880.09	878.9	889.43	880.54	883.38±4.91

ตารางที่ จ.2 แสดงร้อยละของการดูดซึมน้ำของผ้าฝ้ายกอชที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลชันแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่มที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน

Relative degree of substitution	Water absorption (%)					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control gauze (0.00)	833.33	817.13	827.09	829.04	831.12	827.54±6.27
0.43	897.05	930.42	925.16	926.97	939.92	923.90±16.06
0.56	933.05	956.18	941.35	928.48	945.715	940.96±10.87
0.68	948.77	958.03	965.32	945.66	961.25	955.81±8.33
0.84	932.54	938.01	945.56	948.31	941.89	941.26±6.23

ตารางที่ ๓.3 แสดงน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

Relative degree of substitution	Weight (g/m ²)					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control gauze (0.00)	23.17	23.63	22.98	22.96	23.51	23.25±0.31
0.43	81.11	80.87	78.43	79.41	83.98	80.76±2.11
0.56	88.45	89.03	89.45	91.00	90.41	89.67±1.03
0.68	85.98	86.13	86.76	87.04	87.35	86.65±0.59
0.84	87.06	86.84	86.34	88.21	84.02	86.49±1.54

ตารางที่ ๓.4 แสดงน้ำหนักของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

Relative degree of substitution	Weight (g/m ²)					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control Gauze (0.00)	23.17	23.63	22.98	22.96	23.51	23.25±0.31
0.24	60.87	61.23	61.78	59.85	63.98	61.54±1.53
0.46	74.36	74.94	73.98	72.45	72.54	73.65±1.11
0.74	75.09	77.65	77.97	77.89	75.67	76.85±1.37
1.00	75.13	77.38	78.45	77.34	77.60	77.18±1.23

ตารางที่ ๓.5 แสดงความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของผ้าฝ้ายกอสที่ไม่ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับ

Relative degree of substitution	Bursting strength (kg/cm ²)					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control gauze (0.00)	0.74	0.76	0.78	0.76	0.76	0.76±0.01
0.43	2.34	2.32	2.40	2.38	2.36	2.36±0.03
0.56	2.56	2.54	2.56	2.58	2.54	2.56±0.02
0.68	2.42	2.44	2.42	2.48	2.44	2.44±0.02
0.84	2.94	2.92	2.94	2.88	2.90	2.92±0.03

ตารางที่ ๑.6 แสดงความแข็งแรงต่อแรงดันทะเลของผ้าฝ้ายกอซที่ไม้ดัดแปรและที่ดัดแปรที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่าง ๆ กัน ซึ่งดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม

Relative degree of substitution	Bursting strength (kg/cm ²)					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control Gauze (0.00)	0.70	0.68	0.74	0.74	0.72	0.72±0.03
0.24	1.94	1.90	1.90	1.86	1.92	1.90±0.03
0.46	1.94	1.94	1.94	1.92	1.96	1.94±0.01
0.74	2.10	2.06	2.06	2.08	2.08	2.08±0.02
1.00	2.06	2.06	1.98	1.98	2.00	2.02±0.04

ตารางที่ ๑.7 แสดงค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอซที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการดูดซับที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน

Relative degree of substitution	Whiteness					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control gauze (0.00)	76.98	75.72	74.52	74.56	76.06	75.57±1.05
0.43	72.44	73.69	72.29	71.04	71.29	72.15±1.05
0.56	69.96	69.64	71.56	71.23	70.53	70.58±0.81
0.68	69.16	71.36	70.35	71.06	68.19	70.02±1.33
0.84	69.34	68.41	69.81	67.43	69.93	68.98±1.05

ตารางที่ ๑.๘ แสดงค่าดัชนีความขาวของผ้าฝ้ายกอมที่ดัดแปรด้วยวิธีคาร์บอกซีเมทิลเลขชั้นแบบวิธีการอัดรีด-อบแห้ง-ป่ม ที่มีระดับการแทนที่เทียบเคียงต่างๆ กัน

Relative degree of substitution	Whiteness					
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
Control Gauze (0.00)	72.8	73.95	72.48	73.67	72.18	73.02±0.76
0.24	58.97	58.28	56.92	57.72	57.93	57.96±0.75
0.46	55.49	53.81	53.48	52.07	53.86	53.74±1.22
0.74	59.7	59.12	57.64	56.79	58.82	58.41±1.18
1.00	54.98	53.67	53.97	53.65	52.94	53.84±0.74

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐธิดา เฮงประภากร เกิดเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2547 และได้เข้าทำงานในบริษัท ทีพีเอ็น เฟล็กซ์แพค จำกัด ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและพัฒนา เป็นเวลา 1 ปี จึงเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคปลายของปีการศึกษา 2549 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายของปีการศึกษา 2551