

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



จนผลศาสตร์ของปฏิบัติการการผลิตโซเดียมคาร์บอเนตซีเมตล เซลลูโลส

โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานสเฟอร์

264.

ก 7269

2536

เลขหมู่

เลขทะเบียน

วันเดือนปี

นางสาวกฤษณา การุณยานนท์

นางสาวนุศรา บุญประเสริฐ

นางสาวสุนันท์ อินทรปรีชา

612524256

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

Kinetic for the formation of
Carboxymethyl cellulose (CMC) synthesis
using phase transfer catalyst

Miss Kunthana Karoonyanont
Miss Nussara Boonprasirt
Miss Sunan Intarapreecha

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1993

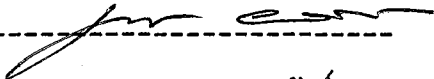
หัวข้อโครงการพิเศษ จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการผลิตไซเตียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยใช้
ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานสเฟอ์

โดย นางสาวกุลชนา การุณยานนท์
นางสาวนุศรา บุญประเสริฐ
นางสาวสุนันท์ อินทรปรีชา

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. อนรรักษ์ ปิติรักษ์สกุล
ผศ.ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ
ผศ.ดร. ชีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์

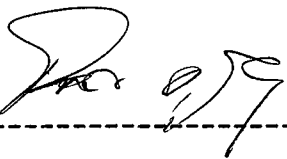
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต



(ผศ. นงนุช เกตรานวัฒน์)


รักษาการแทนหัวหน้าภาควิชาเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ



(ดร. ประเสริฐ คุณคำชู)

ประธานกรรมการ

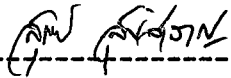


(ผศ.ดร. สักดา ไตรศักดิ์)

กรรมการ

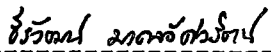
(อ. อนรรักษ์ ปิติรักษ์สกุล)

กรรมการ



(ผศ.ดร. สุนทรย์ สุขสำราญ)

กรรมการ



(ผศ.ดร. ชีรวัดน์ มงคลอัครวัฒน์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานสเฟอ์
นักศึกษา	นางสาวกุลชนา การุณยานนท์ นางสาวนุศรา บุญประเสริฐ นางสาวสุนันท์ อินทรปรีชา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล พศ.ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ พศ.ดร. ชีรวัฒน์ มงคลอัครวัฒน์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2536

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาและชนิดเซลลูโลส ที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ 65 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลส 25:1 ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดลองคือ เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (TMAC) เตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโดรเจนไอโอไดด์ (TMAI) เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (BTMAC) รวมทั้งทำการทดลอง โดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับเซลลูโลสที่ใช้คือ เซลลูโลสจากต้นสนและฝ้าย โดยทำการศึกษามิติทางความขึ้น ค่าองศาการแทนที่ ปริมาณโซเดียมไกลคอลที่เกิดขึ้น จากการศึกษาพบว่าภายใต้ตัวเร่งปฏิกิริยาเดียวกัน ค่าองศาการแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลลูโลสจากฝ้ายมีค่ามากกว่าการสังเคราะห์ที่ใช้เซลลูโลสจากต้นสน ส่วนปริมาณโซเดียมไกลคอลต่อโมลมีแนวโน้มตรงกันข้าม สำหรับภายใต้เซลลูโลสชนิดเดียวกัน ค่าองศาการแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้ TMAI > TMAC > BTMAC > ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ปริมาณโซเดียมไกลคอลมีแนวโน้มตรงกันข้าม ส่วนปริมาณความขึ้นจะอยู่ระหว่าง 25 - 47 เปอร์เซ็นต์

Special Project Title . Kinetic for the formation of Carboxymethyl cellulose (CMC) Synthesis using phase transfer catalyst

Name Miss Kunthana Karoonyanont
Miss Nussara Boonprasirt
Miss Sunan Intarapreecha

Special Project Advisor Mr. Anuruk Pitiruksakul
Assistant Professor Dr. Sunit Suksamran
Assistant Professor Dr. Theerawat Mongkolausawat

Department Chemistry

Academic Year 1993

Abstract

This kinetic for the formation of the carboxymethyl cellulose (CMC) is studied by using phase transfer catalyst at 65 degree celcius. The studies involve the variation in type of phase transfer catalyst and celluloses ; the measurement of the moisture content and degree of substitution of CMC . The formations of CMC are carried out by varying cellulose from spruce to cotton as starting materials and Tetramethylammonium chloride (TMAC) Tetramethylammonium iodide (TMAI) Benzyltrimethylammonium chloride (BTMAC) as catalysts . The increment in degree of substitution is resulted according to the variation of cellulose from spruce to cotton and catalyst from BTMAC to TMAC and TMAI . The synthesized CMC has 25-47 percents in moisture content.

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่อง จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการผลิตโพเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์ เพื่อเสนอต่อภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ก็ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย จึงทำให้โครงการพิเศษนี้สมบูรณ์ขึ้น ผู้เสนอจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ดังนี้ คือ

อ. อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ
ผศ.ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ
ผศ.ดร. ชีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ
ผศ.ดร. ศักดา ไตรศักดิ์	กรุณาตรวจทานรายงานโครงการพิเศษ
ดร. ประเสริฐ คุณคำชู	กรุณาตรวจทานรายงานโครงการพิเศษ
ดร. ประสงค์ ดวงดี	กรุณาให้คำปรึกษาโครงการพิเศษ

อนึ่ง ยังมีบุคคลที่มีพระคุณอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมา ผู้เสนอโครงการพิเศษขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย

กุลธนา การุณยานนท์

นุศรา บุญประเสริฐ

สุนันท์ อินทรปรีชา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	ฉ
สัญลักษณ์พิเศษ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 โครงสร้างทางเคมีของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	1
1.2 กรรมวิธีการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	4
1.3 ประโยชน์และการใช้งานของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	7
1.4 การสำรวจงานวิจัยเกี่ยวกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	9
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย	11
1.6 ขอบเขตของโครงงานวิจัย	11
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
2.1 จลนศาสตร์เคมีของปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชัน ของเซลลูโลสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์	18
2.2 ผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลาย	19
2.2.1 ลำดับการเติมสารตั้งต้น	19
2.2.2 ผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลส	20
2.2.3 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	23
2.2.4 ผลของค่าองศาการพอลิเมอไรเซชัน	23
2.2.5 ผลของความหนืด	27
2.2.6 ผลของอุณหภูมิ	28
บทที่ 3 การทดลอง	31
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	31

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 สารเคมี	31
3.3 การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	32
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอ์	32
3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอ์	33
3.3.3 ศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อการสังเคราะห์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	33
3.3.4 ศึกษาผลของชนิดเซลลูโลสที่มีต่อการสังเคราะห์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	33
3.3.5 ขั้นตอนการทำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสให้บริสุทธิ์	33
3.4 การวิเคราะห์สมบัติของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	34
3.4.1 การวิเคราะห์หาความชื้น	34
3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์	34
3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าองค์การแทนที่	34
3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไกลคอเลต	35
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	36
4.1 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอ์	36
4.1.1 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	36
4.1.2 ปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต	39
4.1.3 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อค่าความชื้น	41
4.1.4 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อค่าองค์การแทนที่	41
4.1.5 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อปริมาณโซเดียมไกลคอเลต	42
4.2 ผลของชนิดเซลลูโลส	43
4.2.1 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส	43
4.2.2 ปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต	43
4.2.3 ผลของชนิดเซลลูโลสที่มีต่อค่าความชื้น	44

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.4 ผลของชนิดเซลล์โลสที่มีต่อค่าองค์การแทนที่	44
4.2.5 ผลของชนิดเซลล์โลสที่มีต่อปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต	44
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
5.1 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์	49
5.2 ผลของชนิดเซลล์โลส	50
5.3 ข้อเสนอแนะ	51
ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี	52
ภาคผนวก ข การคำนวณ	54
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลอง	58
เอกสารอ้างอิง	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงผลของอัตราส่วนสารละลายต่อเซลลูโลส ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลาย	22
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคงที่อัตรา (k) ของปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส	38
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคงที่อัตรา (k) ของปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส	39
ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	59
ตารางที่ ค.2 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซไพรพานอล เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	60
ตารางที่ ค.3 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	60
ตารางที่ ค.4 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสนและตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	61
ตารางที่ ค.5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	61
ตารางที่ ค.6 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	62
ตารางที่ ค.7 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซไพรพานอล เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	63
ตารางที่ ค.8 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค.9 แสดงข้อมูลการหาค่าองค์การแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสนและตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	64
ตารางที่ ค.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองค์การแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลโคเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	64
ตารางที่ ค.11 แสดงข้อมูลการหาความชื้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	65
ตารางที่ ค.12 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซไพรพานอล เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	66
ตารางที่ ค.13 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	66
ตารางที่ ค.14 แสดงข้อมูลการหาค่าองค์การแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสนและตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	67
ตารางที่ ค.15 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองค์การแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลโคเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	67
ตารางที่ ค.16 แสดงข้อมูลการหาความชื้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา	68
ตารางที่ ค.17 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซไพรพานอล เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา	69
ตารางที่ ค.18 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา	69
ตารางที่ ค.19 แสดงข้อมูลการหาค่าองค์การแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค. 20 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	70
ตารางที่ ค. 21 แสดงข้อมูลการหาความชื้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม คลอไรด์	71
ตารางที่ ค. 22 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซไพรพานอล เมื่อใช้ เซลลูโลสจากฝ้าย และตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	72
ตารางที่ ค. 23 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	72
ตารางที่ ค. 24 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และตัว เร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	73
ตารางที่ ค. 25 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม คลอไรด์	73
ตารางที่ ค. 26 แสดงข้อมูลการหาความชื้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม ไฮโอไซด์	74
ตารางที่ ค. 27 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ ในสารละลายไฮโซไพรพานอล เมื่อ ใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิล แอมโมเนียม ไฮโอไซด์	75
ตารางที่ ค. 28 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไซด์	75
ตารางที่ ค. 29 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและตัวเร่ง ปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไซด์	76

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค.30 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองค์การแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม ไฮโอไดด์	76
ตารางที่ ค.31 แสดงข้อมูลการหาความชื้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโม- เนียมคลอไรด์	77
ตารางที่ ค.32 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโทรพานอล เมื่อใช้ เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียม- คลอไรด์	78
ตารางที่ ค.33 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	78
ตารางที่ ค.34 แสดงข้อมูลการหาค่าองค์การแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและตัว เร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	79
ตารางที่ ค.35 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองค์การแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโม- เนียมคลอไรด์	79
ตารางที่ ค.36 แสดงข้อมูลการหาความชื้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	80
ตารางที่ ค.37 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโทรพานอล เมื่อใช้ เซลลูโลสจากฝ้าย และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	81
ตารางที่ ค.38 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	81
ตารางที่ ค.39 แสดงข้อมูลการหาค่าองค์การแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและไม่ใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยา	82
ตารางที่ ค.40 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองค์การแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	82

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ค.41 แสดงข้อมูลการหาค่า % yield ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส	83

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 1.1	โครงสร้างของเซลล์โลส	1
รูปที่ 1.2	โครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลส	2
รูปที่ 2.1	กราฟแสดงผลของลำดับการเติมสารที่มีต่อค่าองศาการแทนที่	19
รูปที่ 2.2	กราฟแสดงผลของลำดับการเติมสารที่มีต่อค่าการละลาย	20
รูปที่ 2.3	กราฟแสดงผลของอัตราส่วนสารละลายต่อเซลล์โลสที่มีต่อค่าองศาการแทนที่	21
รูปที่ 2.4	กราฟแสดงผลของอัตราส่วนสารละลายต่อเซลล์โลสที่มีต่อค่าการละลาย	22
รูปที่ 2.5	กราฟแสดงผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลาย	24
รูปที่ 2.6	กราฟแสดงผลของเซลล์โลสต่างชนิดกันที่มีต่อค่าองศาการแทนที่	25
รูปที่ 2.7	กราฟแสดงผลของค่าองศาการพอลิเมอร์ไรเซชันของเซลล์โลสที่ได้จากเยื่อไม้ ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่และค่าการละลาย	26
รูปที่ 2.8	กราฟแสดงผลของค่าองศาการพอลิเมอร์ไรเซชันของเซลล์โลสที่ได้จากชานอ้อย ที่มีต่อค่าการละลาย	27
รูปที่ 2.9	กราฟแสดงผลของค่าองศาการแทนที่ที่มีต่อความหนืดของสารละลายคาร์บอกซี เมทิลเซลล์โลสเข้มข้น 2 % ที่ 25 องศาเซลเซียส 1- น้ำกลั่น , 2- น้ำกลั่น 3- สารละลายโซเดียมคลอไรด์	28
รูปที่ 2.10	กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองศาการแทนที่	29
รูปที่ 2.11	กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าการละลาย	30
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่และเวลาเมื่อใช้เซลล์โลส จากต้นสน	37
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่และเวลาเมื่อใช้เซลล์โลส จากฝ้าย	38
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับเวลาเมื่อใช้ เซลล์โลสจากฝ้าย	40

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้ เซลล์โลสจากต้นสน	40
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อใช้ TMAI เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	44
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อใช้ TMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	45
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อใช้ BTMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	45
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อไม่ใช้ตัวเร่ง ปฏิกิริยา .	46
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้ TMAI เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	46
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้ TMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	47
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้ BTMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	47
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อไม่ใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยา	48

สัญลักษณ์พิเศษ

CCMC	น้ำหนักของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สังเคราะห์ได้ (กรัม)
CD	น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากการแทนที่หมู่คาร์บอกซีเมทิล (กรัม)
CG	น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากการเกิดโซเดียมไกลคอเลต (กรัม)
CI	น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่อยู่ในตัวทำละลาย (กรัม)
CMC	คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
CS	น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่อยู่ในเนื้อของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (กรัม)
DP	องศาการพอลิเมอร์ไรเซชัน
DS	องศาการแทนที่
G	น้ำหนักของโซเดียมไกลคอเลต (กรัม)
k	ค่าคงที่อัตรา $((\text{โมล/ซม}^3)^{1-n}/\text{วินาที})$
PCMC	น้ำหนักของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสบริสุทธิ์ (กรัม)
PTC	ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทถ่ายโอนข้ามวิภาค
SC	น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสังเคราะห์ตัวอย่าง (กรัม)
SW	น้ำหนักของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสตัวอย่าง (กรัม)
TC	น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ทั้งหมดในระบบ (กรัม)
%	เปอร์เซ็นต์
ก.	กรัม
นน.	น้ำหนัก
มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
ลบ.ซม.	ลูกบาศก์เซนติเมตร

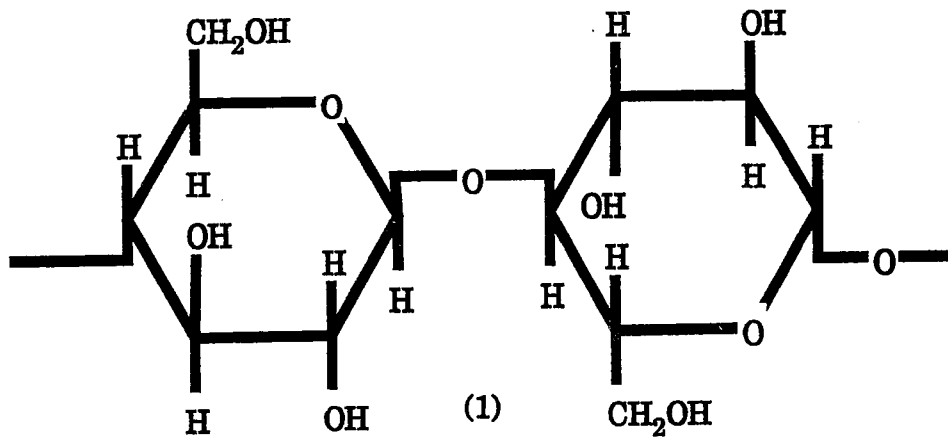
บทที่ 1

บทนำ

เซลลูโลส (cellulose, 1) เป็นวัสดุที่มีอยู่เป็นจำนวนมากและหาได้ง่าย แหล่งของเซลลูโลสมีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติทั้งในพืชขนาดเล็ก และไม้ยืนต้นนอกจากนี้อาจพบในรูปของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลังจากเก็บเกี่ยวพืชผล เช่น ฟางข้าว ช้างข้าวโพด ใบอ้อย เป็นต้น โดยปริมาณของเซลลูโลสจะต่างกันไปตามแหล่งที่มา

1.1 โครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

เซลลูโลสจัดเป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) สูตรโครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคส (Glucose) หลายๆ หน่วยต่อกันเข้าเป็นโมเลกุลพอลิเมอร์ โดยต่อกันแบบ 1,4 เบตาไกลโคซิดิก (1,4 β -glycosidic bonds) ดังรูป

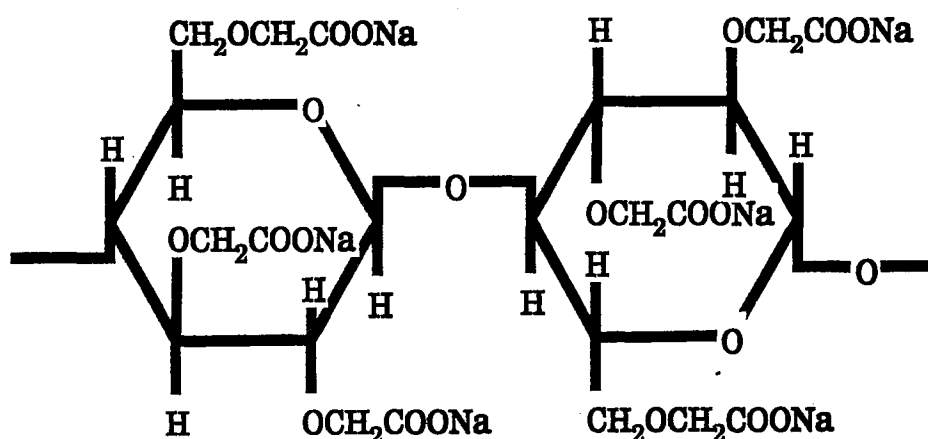


รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเซลลูโลส

แต่ละหน่วยย่อยของเซลลูโลสเรียกว่าแอนไฮโดรกลูโคส (Anhydroglucose, $C_6H_{10}O_5$) เพราะเกิดจากการขจัดน้ำออกจากกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) และเนื่องจากเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) อยู่ 3 หมู่ในแต่ละหน่วยที่ซ้ำกัน (Repeating Unit) จึงทำให้สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นเกิดเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส (Cellulose Derivative) ที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม เช่น เซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose Acetate) นับว่าเป็นวัสดุสำคัญใน

อุตสาหกรรมทำใยสังเคราะห์และกันกรองบุหรี เซลลูโลสไนเตรต (Cellulose Nitrate) ใช้มากในอุตสาหกรรมทำวัตถุระเบิด สีนํรณต์แห้งเร็ว สีที่แห้งโดยการระเหยของสารละลาย ได้แก่ แลคเกอร์ (Lacquer) สำหรับเซลลูโลสแซนเทต (Cellulose Xanthate) ใช้ทำใยสังเคราะห์ที่ใช้ทอผ้าที่เรียกว่า วิสโคสเรยอน (Viscose Rayon) และใช้ทำเป็นแผ่นฟิล์มเซลโลเฟน (Cellophane) ใช้ประโยชน์ในการห่อของและทำภาชนะบรรจุอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ จากการที่เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ ในหน่วยที่ซ้ำๆ กัน ในโมเลกุล เซลลูโลสจึงมีค่าองศาความเป็นผลึก (Degree Of Crystallinity) สูงมาก ทำให้เซลลูโลสทนต่อตัวทำละลาย (Solvent) และสารเคมี รวมทั้งมีอุณหภูมิการหลอมตัวสูงมากและจะสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิการหลอมตัว การที่เซลลูโลสมีความสามารถในการละลายต่ำนี้ ทำให้เซลลูโลสในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วสูงรวมทั้งน้ำ ปรากฏเพียงขยายตัวออกหรือบวม (swell) ขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นปฏิกิริยาของเซลลูโลสจึงเกิดในสถานะของแข็ง ซึ่งจะละลายได้ก็ต่อเมื่อหมู่ฟังก์ชัน (Functional Group) ของเซลลูโลสทำปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นสารอื่นแล้วเท่านั้น

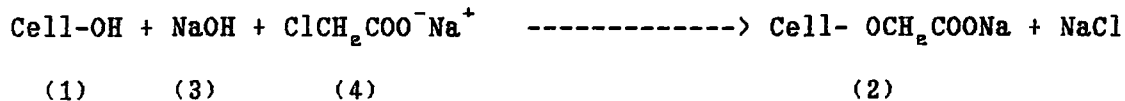
นอกจากอนุพันธ์ที่ยกตัวอย่างมาแล้วข้างต้น มีอนุพันธ์ของเซลลูโลสอีกชนิดหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญมากในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมอีกหลายประเภท ได้แก่ "คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส" (Carboxymethyl Cellulose ,CMC, 2) เป็นสารพอลิเมอร์กึ่งสังเคราะห์ (Semi - Synthetic Polymer) มีชื่อทางการค้าว่าเซลลูโลสกัม (Cellulose gum) หรือ โซเดียมเซลลูโลสไกลคอลเลต (sodium cellulose glycolate)



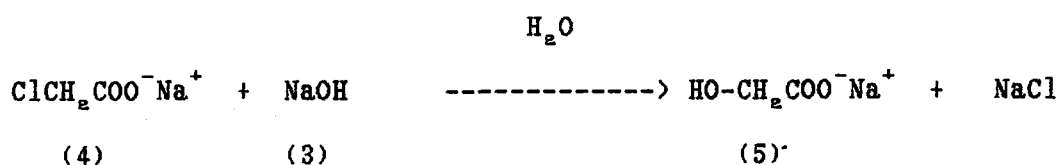
(2)

รูปที่ 1.2 โครงสร้างของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เป็นเซลลูโลสอีเทอร์ (Cellulose Ether) ซึ่งในประเทศไทย ได้มีผู้ผลิตบ้างแล้ว โดยมีการจัดตั้งโรงงานขึ้น คือ บริษัท ไทยเซลลูโลส โปรดักส์ โดยปัจจุบันอยู่ในระหว่างการก่อสร้างโรงงาน ส่วนใหญ่การเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะทำการเตรียมในสภาพที่เป็นของแข็ง โดยมีหลักการคือ จะทำการแช่เยื่อ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH ,3) เพื่อกระตุ้นหมู่ไฮดรอกซิลในเซลลูโลสก่อน หลังจากนั้นผ่านการเหวี่ยงเพื่อกรองเอาสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือออก จึงเอามาคลุกโดยการนวดกับโซเดียมคลอโรอะซิเตต (Sodium Chloroacetate , $\text{ClCH}_2\text{COO}^-\text{Na}^+$,4) ในสภาพที่เป็นของแข็งจนเข้ากันดีแล้ว จึงตั้งค้างคืนไว้เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้ เพียงแต่ทำให้แห้งและบดให้ละเอียดเท่านั้น ก็ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมทำวัสดุชักฟอกได้ทันที ถ้าต้องการคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพื่อใช้อุตสาหกรรมอาหาร หรือเครื่องสำอางจะต้อง ทำให้บริสุทธิ์โดยการล้างด้วย สารละลายผสมแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปจะใช้เมทานอลเข้มข้น 80 % ปฏิกิริยาการเกิดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แสดงได้ดังนี้



นอกเหนือจากโซเดียมคลอไรด์แล้ว ยังมีสารเจือปนที่สำคัญอีกตัวคือโซเดียมไกลโคเลต (Sodium Glycolate,5) ซึ่งเกิดจากการไฮโดรไลส์ของโซเดียมอะซิเตต ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นมากถ้าหากว่าอุณหภูมิของปฏิกิริยาสูงและมีน้ำอยู่มาก ปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลโคเลต แสดงได้ดังนี้



1.2 กรรมวิธีการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

กรรมวิธีการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในสภาพที่เป็นของแข็งมีหลายวิธีคือ

- 1) ถึงปฏิกริยาแบบหมุน (Rotary Drum Reactor) เป็นการผลิตแบบกระบวนการต่อเนื่อง วัตถุดิบซึ่งเป็น เส้นใยเซลลูโลสจะถูกส่งเข้าทางด้านหนึ่งของถึงหมุนแล้วเคลื่อนต่อไปเรื่อยๆ จนได้ผลผลิตออกอีกด้านหนึ่ง ผลผลิตที่ออกจากถึงจะต้องเก็บใส่ถึงทิ้งไว้ค้างคืน เพื่อให้ปฏิกริยาสมบูรณ์ วิธีการผลิตนี้เหมาะสมกับการผลิตเป็นจำนวนมาก
- 2) กรรมวิธีผลิตแบบไม่ต่อเนื่องของเยอรมัน (German Batch Process) แชนแผ่นเยื่อ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 18 % ที่ 18-20 องศาเซลเซียส บีบสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากเกินไปออก จนเหลือน้ำหนักของอัลคาไลเซลลูโลส (Alkali Cellulose) ประมาณ 2.5-1.7 เท่าของแผ่นเดิม ผ่านอัลคาไลเซลลูโลสที่ได้เข้าเครื่องตัดและบดจนละเอียด แล้วจึงส่งเข้าเครื่องนวด (Kneader) พร้อมทั้งเติมโซเดียมคลอไรด์ในสภาพที่เป็นของแข็งลงไป นวดสารทั้งหมดเข้าด้วยกันจนเป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งไว้ค้างคืน ส่วนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากเกินไป กำจัดได้โดยการเติม NaHCO_3 ซึ่งจะเปลี่ยนเป็น Na_2CO_3 วิธีนี้เป็นขบวนการไม่ต่อเนื่อง (Batch Process) เหมาะสำหรับทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เพราะไม่ต้องใช้เครื่องจักรมาก
- 3) กรรมวิธีผสมวัตถุดิบทุกอย่าง (All Ingredient Mixing Process) ผสมเยื่อ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดคลอไรด์ทั้งหมดเข้าด้วยกันในเครื่องผสม
- 4) กรรมวิธีแช่ในกรดเสียก่อน (Pre- Acid Treatment Process) แชนแผ่นเยื่อ ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 15 % ที่ 70 - 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 นาที บีบกรดที่มากเกินไปออก ล้างน้ำจนมีสภาพเป็นกลาง นำแผ่นเยื่อที่ได้ มาเคลือบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วเข้าเครื่องอบภายใต้ความดันไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไม่ให้มีน้ำระเหยออก โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือกำจัดออกโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- 5) กรรมวิธีกลับลำดับก่อน (Reverse Order Process) แช่เส้นในสารละลายคลอโรอะซิติก เข้มข้น 30 - 80 % ก่อน แล้วจึงเอามาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 30 - 35 % จากนั้นทิ้งสารที่ได้ไว้ที่ 0 - 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งปฏิกิริยาสมบูรณ์
- 6) กรรมวิธีการผลิตโดยใช้กรดไตรคลอโรอะซิติก เป็นการผลิต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีความหนืดสูง โดยใช้เซลลูโลสที่มีขนาด 10 - 20 เมช ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หลังจากนั้นใส่กรดไตรคลอโรอะซิติก หรือเกลืออัลคาไลของกรดไตรคลอโรอะซิติกในปริมาณ 0.005 - 1.0 โมลต่อ 1 หน่วยของแอนไฮโดรกลูโคส ของโมเลกุลเซลลูโลส ตัวทำละลายที่ใช้เป็นของเหลวตัวกลางได้แก่ น้ำ อะซิฟาทิกแอลกอฮอล์ (เอทานอล นอร์มอล-โพรพานอล ไอโซ-โพรพานอล นอร์มอล-บิวทานอล ไอโซ-บิวทานอล 2-บิวทานอล เทอร์เทอริ-บิวทานอล) ไฮโดรคาร์บอนวงแหวน (เบนซีน โทลูอีน เอทิลเบนซีน) อะซิฟาทิกคีโตน กรรมวิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในการเตรียมในสภาพของแข็งและของเหลว
- 7) กรรมวิธีการผลิตโดยใช้ออกซิเจนควบคุมความหนืดของ CMC เป็นกรรมวิธีในการผลิตในสภาพของเหลว สามารถใช้ควบคุมความหนืดของ CMC โดยการเติมออกซิเจน 5-75 % โดยปริมาตร ปริมาตรของออกซิเจนจะใช้เท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าความหนืดที่ต้องการ
- 8) กรรมวิธีการผลิต CMC ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น กรรมวิธีเป็นการนำเครื่องมือมาช่วยปรับปรุงการผลิต โดยเพิ่มประสิทธิภาพของการผสมสารต่าง ๆ กับเซลลูโลส ทำให้ประสิทธิภาพของปฏิกิริยามากกว่า 70 % กรรมวิธีการผลิตนี้ยังสามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง และให้ผลผลิตที่สูง การผลิตทำได้โดยใช้เซลลูโลสที่ละเอียดกว่า 30 % ลงบนแผ่นวงกลมที่หมุนด้วยความเร็วสูงในเครื่องผสม จากนั้นเติมสารต่าง ๆ เช่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดคลอโรอะซิติกลงบนแผ่นวงกลมแผ่นอื่นที่หมุนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าแผ่นแรก
- 9) กรรมวิธีการผลิต CMC ที่ความเหนียวเพิ่มขึ้น เมื่อให้ความร้อนแก่เกลืออัลคาไลของ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส CMC ที่ละลายน้ำในรูปของแข็งภายใต้สุญญากาศหรือบรรยากาศทั่ว ๆ ไป จะทำให้เกลืออัลคาไลมีความเหนียวเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าเกลือโลหะอัลคาไลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ละลายน้ำและมีค่าองค์การแทนที่ 0.6-1.5 มีความเหนียวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อใช้สภาวะ

เดียวกันที่อุณหภูมิ 100 - 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้สุญญากาศหรือบรรยากาศทั่วไป

10) กรรมวิธีการผลิต CMC จากเซลลูโลสที่ใช้แล้ว เป็นการนำเซลลูโลสที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่อีกครั้งโดยจุ่มเซลลูโลสลงในสารละลายของกรดคลอโรอะซิติกและโซเดียมไฮดรอกไซด์จนสารละลายซึมเข้าไปในเซลลูโลสอย่างทั่วถึง ให้ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 30 - 60 องศาเซลเซียส จนปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ จากนั้นบดและอบแห้งจนเหลือความชื้นเพียง 5 % ล้างเกลือและสารละลายเจือปนอื่น ๆ ออกด้วยแอลกอฮอล์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้มีคุณภาพดีและสามารถใช้เป็นตัวเติมในอุตสาหกรรมอาหารได้

11) กรรมวิธีการผลิตที่ใช้หลาย ๆ ส่วนประกอบที่ละลายน้ำ เป็นการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในรูปของสารละลายใน 5 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิห้อง แต่ละลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส มีค่าองค์การแทนที่ระหว่าง 0.4 - 1.3 และคดกลืนแสงอินฟราเรดในช่วง 5.7 - 5.9 ไมโครเมตร

1.3 ประโยชน์และการใช้งานของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ขายโดยทั่วไป อยู่ในรูปของเกลือโซเดียม และมีค่าองค์การแทนที่ประมาณ 0.4 - 1.5 ซึ่งละลายน้ำได้ สำหรับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีค่าองค์การแทนที่ต่ำ 0.1 - 0.3 จะละลายน้ำได้ไม่หมด คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีหลายเกรดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์การแทนที่ ความสม่ำเสมอของหมู่แทนที่ องค์การเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ และองค์การบริสุทธิ์ ประโยชน์ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีหลายอย่าง เช่น

1) วัสดุชักฟอก

วัสดุชักฟอกเป็นแห่งที่ใช้มากที่สุดของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แต่ถ้าเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสลงในวัสดุชักฟอกเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.3 - 1 % สิ่งสกปรกที่หลุดออกจากผ้าแล้วจะไม่กลับเข้าไปเกาะใหม่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เกาะผ้าได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้บนผ้ามีประจุลบอันเกิดจากหมู่คาร์บอกซีเมทิล (CH_2COO^-) ของคาร์บอกซีเมทิล

เซลลูโลส กระจุกบนผ้าจะทำให้สิ่งสกปรกไม่ไหลกลับเข้าไปเกาะผ้าใหม่เพราะ สิ่งสกปรกก็เป็น กระจุกด้วย วัสดุที่ฟอกที่มีส่วนผสมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังช่วยลดการกัดผิวหนังใน ระหว่างใช้ด้วย

2) สี

สีอิมัลชัน (Emulsion paint) เป็นสีระบบเนื้อผสมซึ่งประกอบด้วยของเหลว 2 ภูมิภาค (Phase) ในลักษณะอิมัลชัน โดยปกติมักเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในเนื้อสี แต่มักใช้ในปริมาณสูง เพื่อช่วยปรับความหนืดในภูมิภาคของน้ำ

3) สิ่งทอ

ผ้าที่เคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะไม่สกปรกง่าย และถ้าสกปรกก็ล้างออกได้ง่ายกว่าผ้าที่ไม่เคลือบ นอกจากนี้ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังช่วยให้การรีดง่ายขึ้นด้วย ในอุตสาหกรรม การทอผ้า มีคุณสมบัติเหมาะสมมากสำหรับทำน้ำยาชุบเส้นด้ายอื่น (Sizing Agent) เพราะคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะช่วยเคลือบเส้นด้ายให้ลื่น ทนต่อแรงดึง และแรงเสียดสีในระหว่างการทอ ผ่าดชิ้น หลังจากได้ผ้าที่ทอแล้ว น้ำยาที่เคลือบอยู่กลางแจ้งทำความสะอาดได้ง่าย เพราะคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ใช้ละลายน้ำได้ดี นอกจากนี้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม เพราะค่าบีโอดีของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่ำมาก เมื่อเทียบกับแป้ง ในการใช้ทำสี พิมพ์ผ้า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสช่วยควบคุมความเหนียวของสีได้ดี ทำให้ลายพิมพ์คม เนื่องจาก คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทนต่อกรดและด่างได้ในช่วง pH กว้าง คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจึงเป็นส่วนผสมได้ดีในสีหลายชนิด

4) เภสัชภัณฑ์และเครื่องสำอาง

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสใช้เป็นตัวปรับความหนืด (Thickener) ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ครีมทาผิว ฮาโลฟิลิน ฮาแกไอ และยาประเภทครีมต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสใช้เป็นตัวประสาน (Binder) ในการทำยาเม็ดโดยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ช่วยให้ผงยาเกาะกันแน่น

5) อาหาร

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสบริสุทธิ์เป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จึงใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีม โดยช่วยจับน้ำไว้ทำให้เนื้อละเอียดของไอศกรีมอยู่ตัว และเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดน้ำแข็งผลึกใหญ่ ที่จะทำให้คุณภาพของไอศกรีมเสียไป คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมนี้ปกติใช้น้อยมากไม่เกิน 0.2 % ส่วนในอาหารที่มีน้ำตาลอยู่มาก เช่นพวกน้ำเชื่อม คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล สำหรับอาหารแห้งที่เป็นผง คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสช่วยป้องกันการละลายน้ำดีขึ้น ใช้เป็นตัวประสานและตัวปรับความหนืด เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันดีในอาหารหลายประเภท เช่น เกล็ด สิ่งขยา และขนมพุดดิ้ง (Pudding) รวมทั้งเป็นสารป้องกันการเกิดคออลลอยด์ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยช่วยให้อาหารจำพวกครีม เช่น ครีมราดสลัดมีความอยู่ตัวดี ไม่ตกตะกอนหรือ แยกเป็นสองชั้นเมื่อเก็บไว้นาน นอกจากนี้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังช่วยให้อาหารจำพวกเค้กฟู และสดอยู่นาน

6) สารหล่อลื่นในการขุดเจาะน้ำมัน

ในการเจาะบ่อน้ำมันจะต้องเติมสารที่ใช้หล่อลื่น (Drilling Fluids) ลงในรูที่เจาะเพื่อให้เกิดความลื่นและยังเป็นตัวช่วยพาเอาเศษส่วนขี้ผึ้งมาจากรูด้วย สารหล่อลื่นที่มีส่วนผสมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทำหน้าที่เหล่านี้ได้ดีมากเพราะคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอ่อนน้ำได้ดี ทำให้การระเหยของน้ำช้าลง และให้กำลังหล่อลื่นสูง นอกจากนี้ยังช่วยให้สารหล่อลื่นไม่ตกตะกอน และเนื่องจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีความทนทานต่อเกลือได้ดีมาก จึงทำให้เกลือที่อาจเจอในระหว่างเจาะไม่ทำให้สารหล่อลื่นเสียประสิทธิภาพไป

7) กระดาษ

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสใช้เป็นสารเคลือบ (Sizing Agent) ในอุตสาหกรรม โดยผสมกับแป้งเพื่อช่วยให้กระดาษเหนียวขึ้นมีผิวเรียบและเหมาะแก่การใช้พิมพ์มากขึ้น ทำให้เสียค่าหมึกพิมพ์น้อยลง เนื่องจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ช่วยลดการดูดซึมของกระดาษ นอกจากนี้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังช่วยให้กระดาษจับฝุ่นน้อยลง และลดการดูดซึ่มสิ่งสกปรกประเภทไขมันด้วย สำหรับกระดาษทำกล่อง คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสช่วยให้กระดาษทนต่อการเสียดสีมากขึ้น

8) กาว

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ใช้เป็นตัวปรับความหนืดในกาวหลายชนิด เช่น กาวติดกระดาษ ติดไม้และติดผนัง ในการติดกระดาษเพื่อตกแต่งฝาผนังห้อง การมีคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นส่วนผสมจะทำให้ได้ดีเป็นพิเศษเพราะให้แรงยึดเกาะดี และไม่แห้งเร็วเกินไป จึงช่วยให้มีเวลาปรับกระดาษให้เข้ารูปกับฝาผนังได้

9) เซรามิกส์

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ใช้เป็นตัวประสานในระหว่างผสมดินเหนียว เพื่อให้เนื้อดินและส่วนผสมอย่างอื่นเป็นเนื้อเดียวกัน

1.4 การสำรวจการวิจัยเกี่ยวกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ค.ศ. 1980 A.I. Abidkhanov ; B. Kh. Muinov ; Yu. S. Orlov ; [1] ทำการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้ไฮโซลิวส์ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 - 30 % และโซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตต โดยทำการผสมของผสมเหล่านี้ให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปอบแห้งจะได้ CMC ที่มีค่าองศาของการโพลิเมอร์ไรส์ และค่าองศาการแทนที่สูงขึ้น

Guichem Distillers India Ltd. [2] ทำการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยให้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับ เอสเทอร์วิเคชัน เอเจนต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีแอลคาไลโดยให้อัตราส่วนต่อโมลอย่างต่ำของ เซลลูโลสต่ออัลคาไลและเอเจนต์ เท่ากับ 1:1.7 ถึง 3.2 และ 1:0.8 ถึง 1.7 อัตราส่วนน้ำหนักอย่างต่ำของเซลลูโลสต่อเอทิลแอลกอฮอล์เท่ากับ 1:3 ถึง 6 และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าองศาการแทนที่อย่างน้อยที่สุด 0.5

ค.ศ. 1982 Eberhard Perplies ; Utz Helmuth Felcht [3] ได้ศึกษาการสังเคราะห์ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้เซลลูโลส 53 ส่วน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 34.5 ส่วนทำการกวนสารละลายที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และเติมกรดคลอโรอิก 54.7 ส่วน ให้ ความร้อน 66 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ได้ค่าองศาการแทนที่ 0.62 และจะเพิ่มเป็น 0.92 เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 90 นาที

ค.ศ. 1985 P. Pavlov; B. Petkov [4] ทำการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากเซลลูโลสที่มีความชื้น 30-40 % โดยให้บีชวูด (Beechwood) เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับ กรดคลอโรอะซิติกเป็นเวลา 30 นาที และหลังจากนั้นให้ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าองศาการแทนที่สูง

ค.ศ. 1987 M.U. Mahmud [5] ได้ทำการศึกษา การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยการทำให้คาร์บอกซีเมทิลเลชัน 2 ครั้ง ผลที่ได้คือ CMC มีองศาการแทนที่เพิ่มขึ้นโดยจะเพิ่มขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของเซลลูโลส

ค.ศ. 1990 T.A.Akopova ; G.A.Vikhoreva ; S.Z.Rogovina ; V.A.Zhorin L.S. Galbraikh [6] ได้ศึกษาการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลสและเส้นใยฝ้าย กับกรดคลอโรอะซิติกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นของแข็ง ที่ภายใต้สภาวะพลาสติกเหลวสรุปผลได้ว่า ค่าองศาการแทนที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดคลอโรอะซิติก และโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น และเซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะได้ค่าองศาการแทนที่สูงกว่าเส้นใยฝ้าย

Xiquan Lin ; Tingzhu Qu [7] ได้ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยพบว่า เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม และค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาจะแบ่งเป็น 2 ช่วง และถ้าใช้เซลลูโลสที่มีมันต์ จะทำให้อัตราการเกิดและค่าองศาการแทนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้เซลลูโลสธรรมดา

เนื่องจาก คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง และรวมทั้งวัตถุดิบต่าง ๆ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตภายในประเทศเป็นจำนวนมาก แต่ปรากฏว่าในปีหนึ่งๆ ประเทศไทยได้สั่งซื้อสินค้าสำเร็จรูปจากต่างประเทศ เป็นเงินหลายพันล้านบาท ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมยังขาดความรู้ทางเทคนิค และกระบวนการผลิต จึงยังไม่สามารถนำวัตถุดิบที่มีอยู่มาใช้ได้เท่าที่ควร โครงการพิเศษนี้จัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาว่าปัจจัยทางด้านสารตั้งต้น ซึ่งก็คือเซลลูโลส และปัจจัยทางด้านตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอย่างไร ซึ่งผลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลทางด้านเทคนิค และกระบวนการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในโรงงานอุตสาหกรรมได้

1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อหาค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอลเลต เมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของเซลลูโลสและตัวเร่งปฏิกิริยา
2. เพื่อศึกษาผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาและชนิดของเซลลูโลสที่มีต่อ คุณสมบัติทางความขึ้นค่าองศาการแทนที่และปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่สังเคราะห์ได้

1.6 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาผลของชนิดเซลลูโลสและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อคุณสมบัติทางความขึ้นค่าองศาการแทนที่และปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และที่อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสเป็น 25:1
2. ศึกษาถึงจลนศาสตร์ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่สังเคราะห์ได้

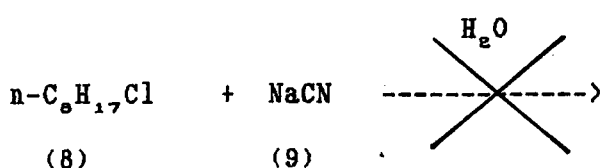
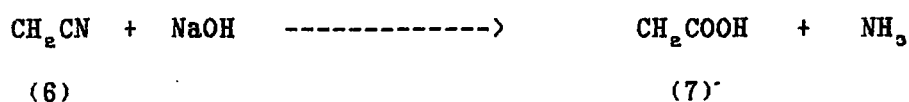
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

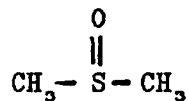
ปฏิกิริยาเคมีสามารถจำแนกออกได้หลายประเภท แต่ประเภทที่นิยมใช้นั้นจำแนกโดยพิจารณาจากจำนวนและชนิดของวัฏภาค (Phase) ได้ดังนี้

1. ปฏิกิริยาเอกพันธ์ (Homogeneous Reaction) คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในวัฏภาคเดียวหรือที่เป็นเนื้อเดียวกัน
2. ปฏิกิริยาวิวิธพันธ์ (Heterogeneous Reaction) คือ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลายวัฏภาคหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

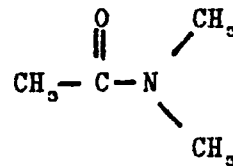
สำหรับปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่แล้วจะเกิดอยู่ในวัฏภาคเดียวกัน ซึ่งปฏิกิริยาเนื้อผสมที่สามารถดำเนินไปได้จนถึงจุดสิ้นสุดโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลาย สารตั้งต้นชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งสองชนิดในตัวทำละลายร่วม (Cosolvent) ตัวอย่างเช่น ฟีนิลอะซิโตไนไตรล์ (Phenylacetonitrile, 6) สามารถถูกไฮโดรไลส์ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 % เมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขณะที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นนั้น จะเกิดก๊าซแอมโมเนียและเกลือของกรดฟีนิลอะซิติก (Phenylacetic Acid, 7) ละลายในวัฏภาคของน้ำ ในขณะที่ 1-คลอโรออกเทน (1-Chlorooctane, 8) ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับ โซเดียมไซยาไนด์ (Sodiumcyanide, 9) ได้ในวัฏภาคของน้ำ แม้ว่าจะให้ความร้อนถึง 1 วันก็ตาม จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีหรือไม่ขึ้น ขึ้นอยู่กับความสามารถ ในการละลายของ สารตั้งต้นในวัฏภาคของน้ำ



ซัลฟอกไซด์ (Dimethyl Sulfoxide , DMSO , 11) และไดเมทิลอะเซตามีด (Dimethyl Acetamide , DMA , 12)



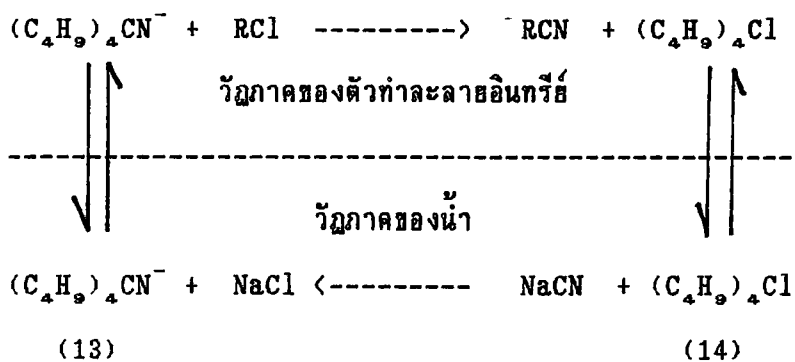
(11)



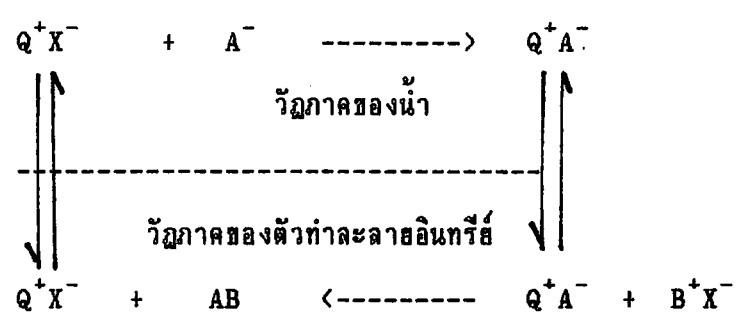
(12)

ในช่วงแรกความเป็นไปได้ในการนำตัวทำละลายชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ มีโอกาสค่อนข้างสูง การที่ตัวทำละลายประเภทนี้ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำนั่นเอง ทำให้ตัวทำละลายชนิดนี้ สามารถได้ในน้ำและสารที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ คุณสมบัติดังกล่าวนี้เองเป็นข้อ ได้เปรียบของตัวทำละลายประเภทนี้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าตัวทำละลายแบบไดโพลาร์เอโพรติก จะมีข้อดีอยู่มาก แต่ก็มีข้อเสียพอๆ กัน กล่าวคือ ตัวทำละลายประเภทนี้จะมีจุดเดือดสูง และมีความยากลำบากในการแยกตัวทำละลายประเภทนี้ออกจากสารละลายผสมภายหลังจากปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์แล้ว จึงทำให้สารผลผลิตที่ได้มีปริมาณสิ่งเจือปนสูง และที่สำคัญคือ ตัวทำละลายประเภทนี้มีราคาแพง เมื่อเทียบกับแอลกอฮอล์หรือตัวทำละลายอื่นๆ เทคนิคเฟสทรานส์เฟอร์คะตะลิสต์ จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาปรับปรุงข้อเสียที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือเพิ่มศักยภาพของไอออนที่มีประจุลบ และความสามารถในการละลายของตัวทำละลายที่ใช้ นอกจากนี้ เทคนิคเฟสทรานส์เฟอร์คะตะลิสต์ ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้อย่างมากทั้งนี้เนื่องจาก ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาลดลง เฟสทรานส์เฟอร์คะตะลิสต์ที่นิยมใช้คือ เกลือแอมโมเนียมจตุภูมิ (Quaternary Ammonium Salt)

3) เทคนิคเฟสทรานส์เฟอร์คะตะลิสต์ หลักการของเทคนิคเฟสทรานส์เฟอร์คะตะลิสต์ ประกอบด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ตัวทำละลายดังกล่าว แบ่งเป็น 2 ภูมิภาค คือภูมิภาคของน้ำ และภูมิภาคของตัวทำละลายอินทรีย์ ดังสมการ สามารถเปลี่ยนเตตระบิวทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (14) เป็นเตตระบิวทิลแอมโมเนียมไซยาไนด์ (13) โดยการทำปฏิกิริยากับสารที่มีไซยาไนด์ ไอออนเป็นองค์ประกอบ เช่น โซเดียมไซยาไนด์

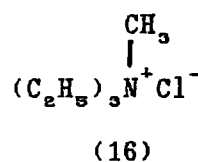
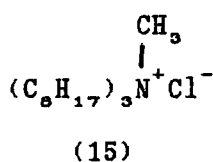
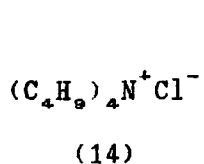


สารตั้งต้น A^- ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำ จะสามารถเคลื่อนย้ายข้ามไปวัฏภาคของตัวทำละลายอินทรีย์ได้ภายหลังจากทำปฏิกิริยากับ Q^+X^- เพื่อเปลี่ยนเป็น Q^+A^- ในวัฏภาคของน้ำ อย่างไรก็ตามสารตั้งต้น A^- จะไม่สามารถเคลื่อนผ่านวัฏภาคได้ถ้าหากไม่ได้ทำปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นเกลือของไอออนที่เหมาะสมก่อน ภายหลังจากนั้น Q^+A^- ซึ่งสามารถละลายได้ในวัฏภาคของตัวทำละลายอินทรีย์จะเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาค และทำปฏิกิริยากับ B^+X^- ซึ่งเราใส่เป็นส่วนผสมของสารตั้งต้นด้วยในวัฏภาคของตัวทำละลายอินทรีย์ได้ AB เป็นผลิตภัณฑ์ Q^+X^- เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้และจะเคลื่อนที่ผ่านวัฏภาคกลับไปสู่วัฏภาคของน้ำอีกครั้ง ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเช่นนี้เรื่อยไป จนกระทั่งสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งจะถูกใช้หมดไป ปฏิกิริยาก็จะเข้าสู่สมดุล (ดังสมการ)

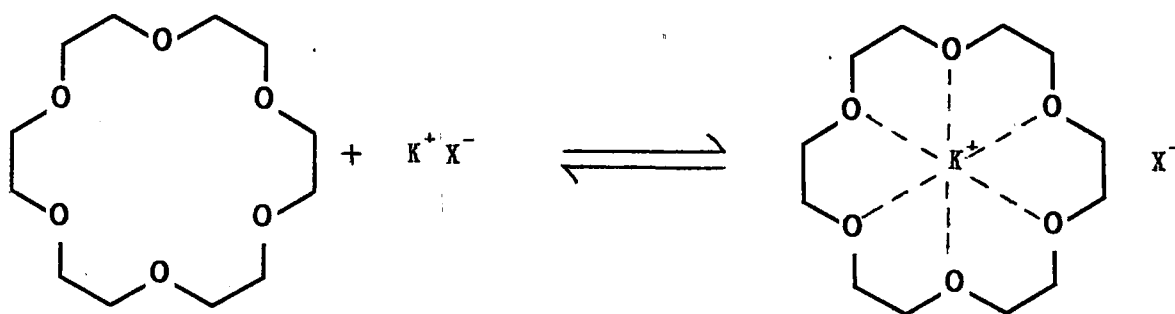


ลักษณะโครงสร้างของสารที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น จะต้องมีส่วนของโมเลกุลที่ไม่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายมีขั้ว ตลอดจนขนาดประจุบวกของโมเลกุลส่วนนี้ต้องมีขนาดที่

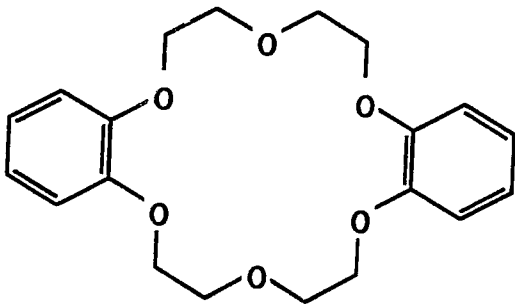
เหมาะสมกับไอออนที่มีประจุลบ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาเลือกสรรตัวใดตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ก็คือสารนั้นจะต้องมีค่าประจุของส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Lipophilic cation) ที่เหมาะสมทั้งนี้เนื่องจากค่าดังกล่าว จะมีความสำคัญต่ออัตราเร็วในการทำปฏิกิริยาของนิวคลีโอไฟล์ทั้งสองวิภาค นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา นอกเหนือจากจะต้องมีค่าประจุของส่วนที่ไม่ชอบน้ำที่เหมาะสมแล้วยังมีปัจจัยอื่นอีก 2 ประการ คือ จำนวนอะตอมคาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบในตัวเร่งปฏิกิริยา และความสมดุลของตำแหน่งของกลุ่มอะตอมคาร์บอน ที่มีต่อเฮเทอโรอะตอม ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้กันมากได้แก่ เตตระบิวทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Tetrabutyl Ammonium Chloride , 14) ไตรออกทิลเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Trioctyl Methyl Ammonium Chloride , 15) และเบนซิลไตรเอทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Benzyl Triethyl Ammonium Chloride , 16)



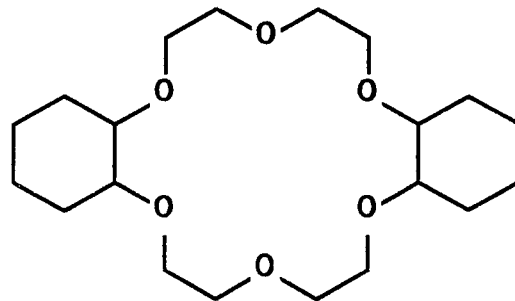
นอกเหนือจากเกลือแอมโมเนียมแล้ว ตัวเร่งปฏิกิริยาที่น่าสนใจอีกประเภทหนึ่งก็คือ คราวน์อีเทอร์ (Crown Ethers) สารชนิดนี้จะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสมบัติคล้ายกับเกลือแอมโมเนียมจตุรภูมิได้โดยการทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมเฮไลด์



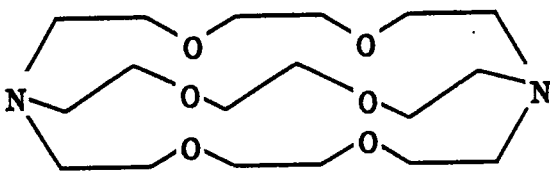
ตัวอย่าง คราวน์อีเทอร์ ที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



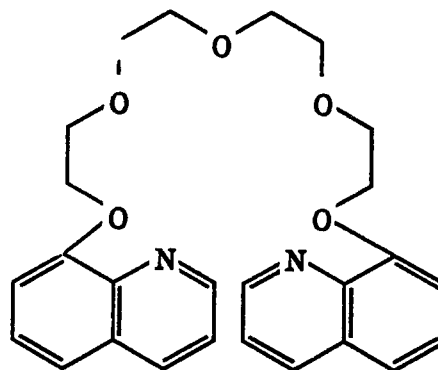
Dibenzo-18-crown



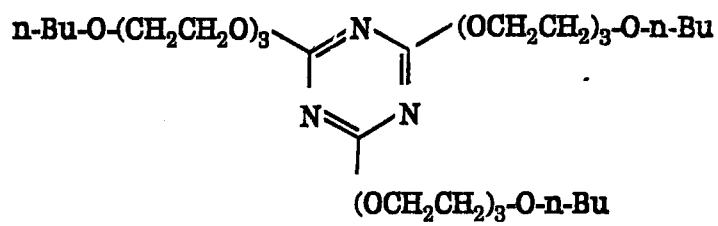
Dicyclohexano-18-crown-6



2,2'-Cryptate



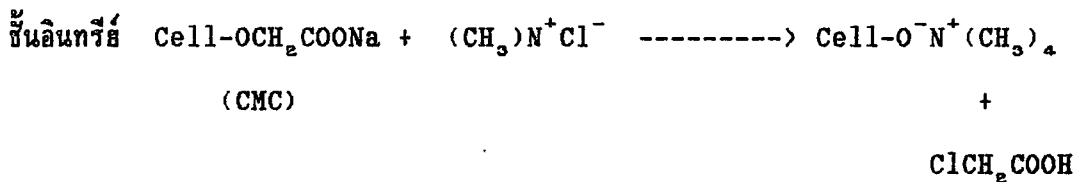
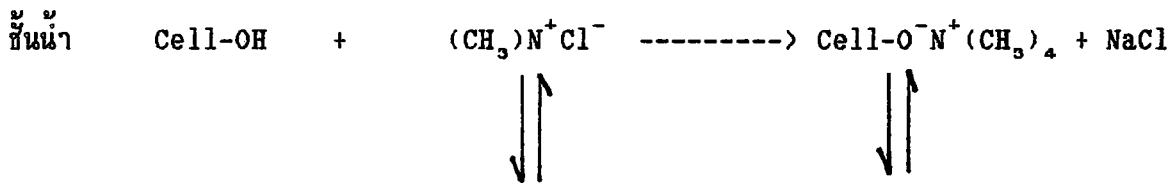
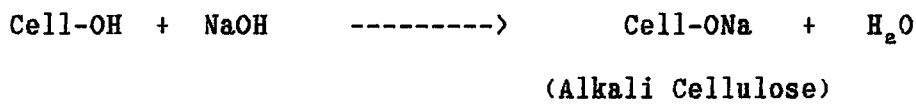
Open-chained Polyethers



Polypode

2.1 จลนศาสตร์เคมีของปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชันของเซลลูโลส โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอรั

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) สืบเคราะห์จากเซลลูโลส ซึ่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์เริ่มจากเซลลูโลสจะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ในชั้นน้ำ เกิดเป็นอัลคาไลเซลลูโลสก่อน จากนั้นจึงทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซติกในชั้นของไอโซโพรพานอล โดยมีเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะได้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเกิดขึ้น ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ



เนื่องจากในระบบแบ่งเป็น 2 ภูมิภาค คือ ชั้นอินทรีย์ และชั้นน้ำ ดังนั้นการทำปฏิกิริยาระหว่างอัลคาไลเซลลูโลสที่อยู่ในน้ำ และกรดคลอโรแอซติกที่อยู่ในชั้นอินทรีย์จึงเกิดได้ยาก เมื่อเติมเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอรัโดยสารตัวนี้จะทำปฏิกิริยากับอัลคาไลเซลลูโลสที่อยู่ในชั้นน้ำเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งสามารถแพร่ลงสู่ชั้นอินทรีย์ได้ สารประกอบเชิงซ้อนที่ได้นี้ จะทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซติก ในชั้นอินทรีย์เกิดเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ทำให้อัตราการเกิดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เกิดได้เร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

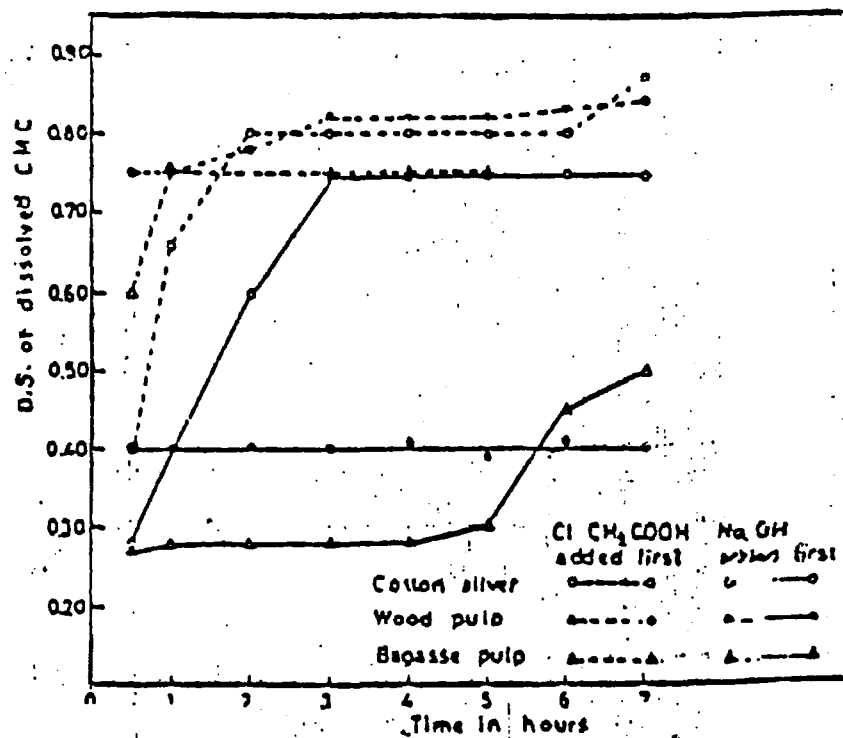
2.2 ผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลาย

Pro.f Dr. Yehia Fahmy และ Mrs. Olfat Mansour [8] ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาการคาร์บอกซีเลชันของเซลลูโลส ทั้งนี้โดยดูถึงค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลายของเซลลูโลสที่เปลี่ยนไป ปัจจัยดังกล่าวได้แก่

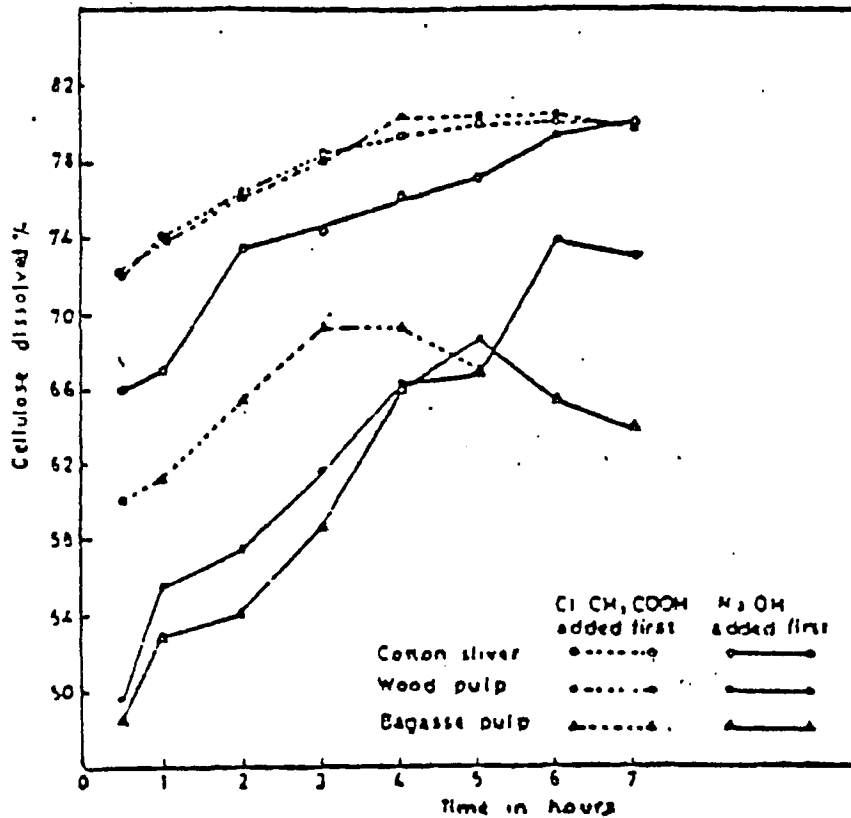
2.2.1 ลำดับการเติมสารตั้งต้น [8]

ศึกษาถึงลำดับการเติมสารตั้งต้น 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดคลอโรแอซิดิก ใช้เซลลูโลส 3 ชนิดเป็นสารตั้งต้น คือเซลลูโลสจากฝ้าย (Cotton Sliver) และเซลลูโลสที่ได้จากเยื่อไม้ (Wood Pulp) และเซลลูโลสที่ได้จากชานอ้อย (Bagasse Pulp)

ภาวะที่ใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 45 % อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสเท่ากับ 30:1 อัตราส่วนโดยโมลของกรดคลอโรแอซิดิก ต่อเซลลูโลสมีค่าเท่ากับ 3:1 อุณหภูมิที่ใช้เท่ากับ 35 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงผลของลำดับการเติมสารที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ [8]



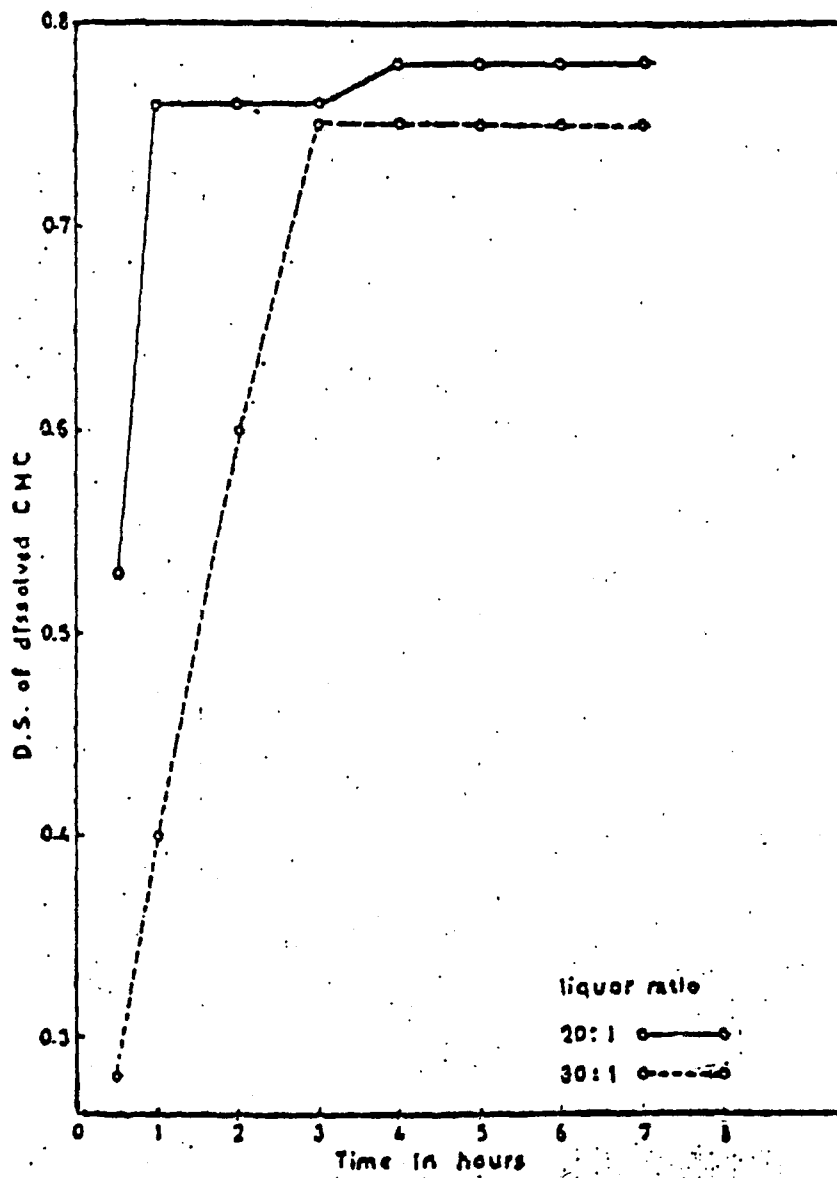
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงผลของลำดับการเติมสารที่มีต่อค่าการละลาย [8]

จากกราฟการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนเติมกรดคลอโรแอซิดิกจะทำให้ค่าการละลายของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่ำกว่าการเติมกรดคลอโรแอซิดิกก่อนในกรณีที่ใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและเยื่อไม้ ส่วนในกรณีของเซลลูโลสจากชานอ้อยค่าการละลายจะสูงกว่าในช่วงต้น ส่วนในช่วงหลังค่าการละลายจะต่ำกว่า ส่วนค่าองค์การแทนที่ของการเติมกรดคลอโรแอซิดิกก่อน จะทำให้ค่าสูงกว่าเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อน ไม่ว่าจะใช้เซลลูโลสชนิดใดเป็นสารตั้งต้น

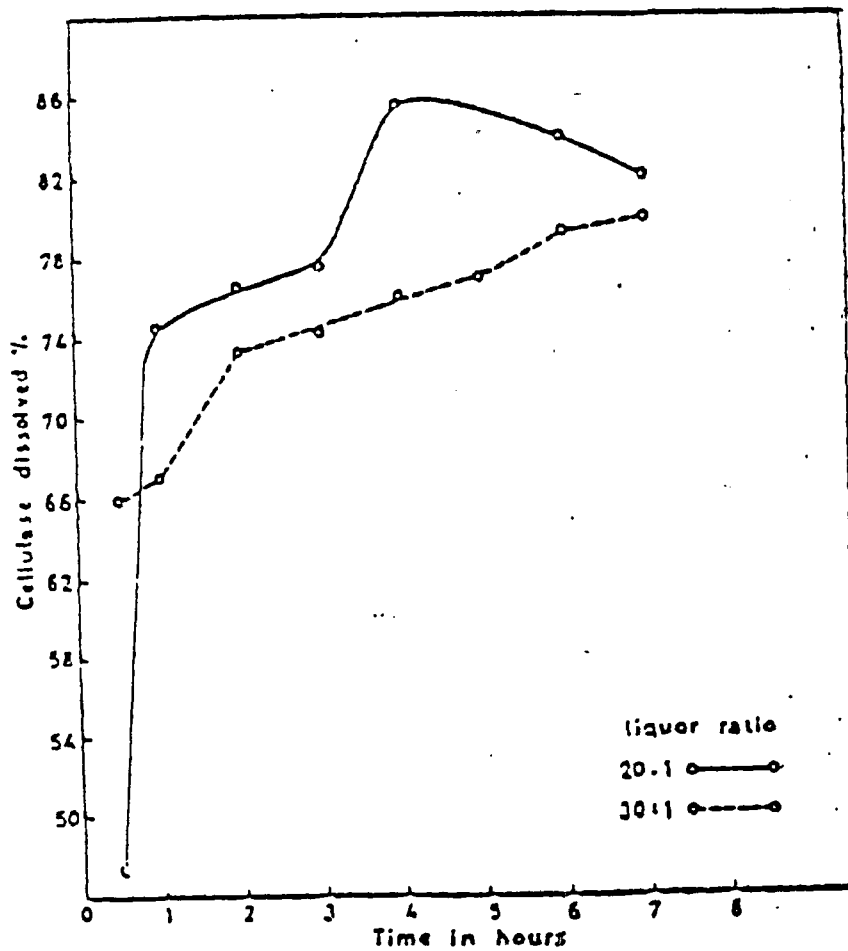
2.2.2 ผลของอัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลส [8]

ในการทดลองจะทำการเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสไปเรื่อยๆ โดยเริ่มจาก 40:1, 30:1, 20:1, 10:1, 7:1 และ 5:1 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนนี้มีผลทำให้ความเข้มข้นของกรดคลอโรแอซิดิกสูงขึ้น

ภาวะที่ใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 45 % อัตราส่วนโดยโมลของกรดคลอโรแอซิดิกต่อเซลลูโลสเท่ากับ 3:1 อุณหภูมิ ที่ใช้ คือ 30 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงผลของอัตราส่วนสารละลายต่อเซลล์โอสที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ [8]



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงผลของอัตราส่วนสารละลายต่อเซลลูโลสที่มีต่อค่าการละลาย [8]

Liquor Ratio		5 : 1	7 : 1	10 : 1	20 : 1	30 : 1	40 : 1
Wood Pulp	Solubility %	37.9	66.5	56.0	—	55.3	—
	D.S.	1.00	1.56	1.21	—	0.40	—
Cotton Sliver	Solubility %	—	—	75.0	74.5	67.0	37.3
	D.S.	—	—	1.05	0.76	0.40	0.37

Sodium hydroxide concentration 45%. monochloroacetic acid : cellulose 3 : 1
at 30°C for 1 hr.

ตารางที่ 2.1 แสดงผลของอัตราส่วนสารละลายต่อเซลลูโลสที่มีต่อค่าองค์การแทนที่ และค่าการละลาย [8]

จากผลที่แสดงในรูปที่ 2.3 , 2.4 และตาราง 2.1 พบว่าอัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อ เซลลูโลสมีค่าลดลงทำให้ค่าการละลายของ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส สูงขึ้นจนถึงอัตราส่วนที่ 7:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนสุดท้ายที่มีค่าองศาการแทนที่สูงสุด และถ้าลดอัตราส่วนลงไปอีกค่าองศาการแทนที่จะเริ่มลดลง

2.2.3 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ [8]

การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะทำให้ค่าองศาการแทนที่และค่าการละลายเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ในการทดลองทำโดยใช้ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 ความเข้มข้น คือ 45 % และ 32 %

ภาวะที่ใช้ คือ อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสเท่ากับ 30:1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างกรดคลอโรแอซิดิก ต่อเซลลูโลสเท่ากับ 3:1 อุณหภูมิที่ใช้ 30 องศาเซลเซียส

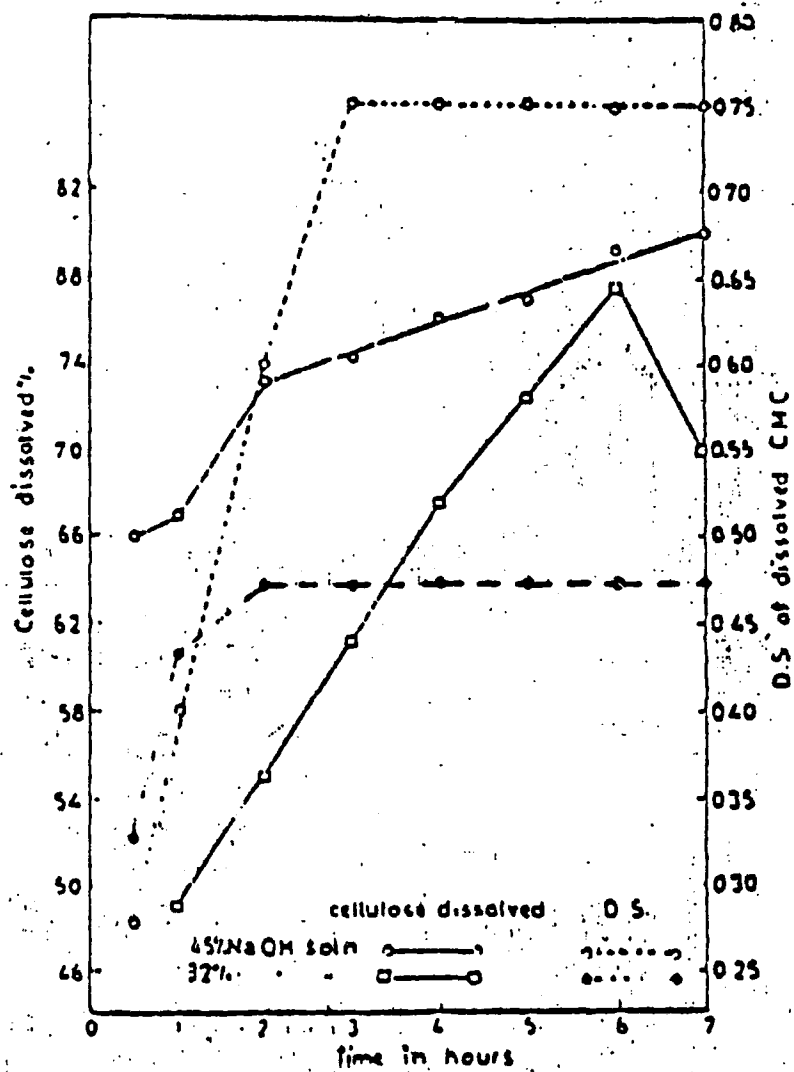
การใช้เซลลูโลสที่ต่างชนิดกัน จะให้ค่าองศาการแทนที่ที่ต่างกันด้วย ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2.6 ทั้งนี้โดยได้ทดลองใช้ชนิดของเซลลูโลส 2 ชนิด คือ เซลลูโลสที่ได้จากฝ้ายและชานอ้อย

ภาวะที่ใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 18 % อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสเท่ากับ 30:1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างกรดคลอโรแอซิดิกต่อเซลลูโลสเท่ากับ 3:1 อุณหภูมิที่ใช้ 30 องศาเซลเซียส

2.2.4 ผลของค่าองศาการพอลิเมอไรเซชัน [8]

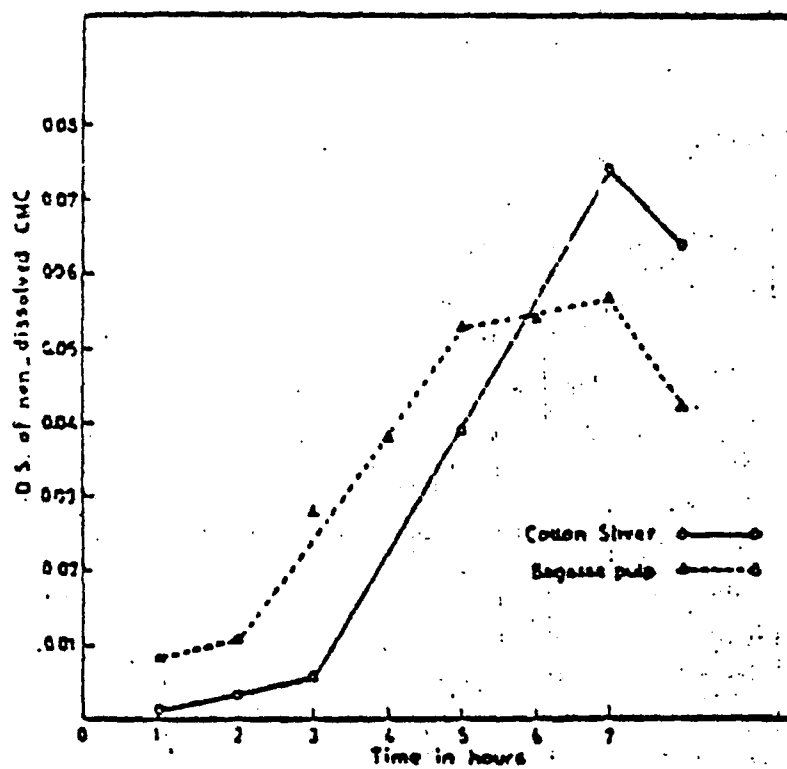
ค่าองศาการพอลิเมอไรเซชันซึ่งมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลายมีค่าต่ำลง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2.7 ทั้งนี้ทดลองโดยใช้เซลลูโลสจากเยื่อไม้มีค่าองศาการพอลิเมอไรเซชันเท่ากับ 650 และ 300 กราฟที่ 2.8 ใช้เซลลูโลสที่ได้จากชานอ้อยที่มีค่าองศาการพอลิเมอไรเซชัน เท่ากับ 860 และ 650

ภาวะที่ใช้คือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 45 % อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสเท่ากับ 30:1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างกรดคลอโรแอซิดิกต่อเซลลูโลสเท่ากับ 3:1 อุณหภูมิที่ใช้ คือ 30 องศาเซลเซียส

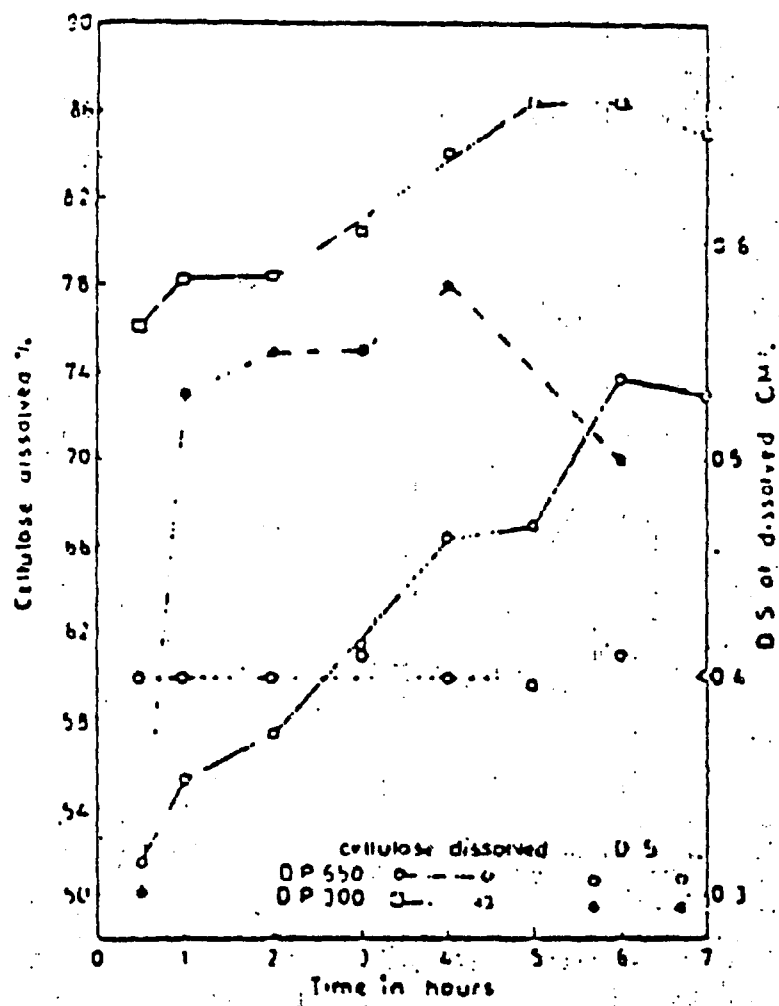


รูปที่ 2.5

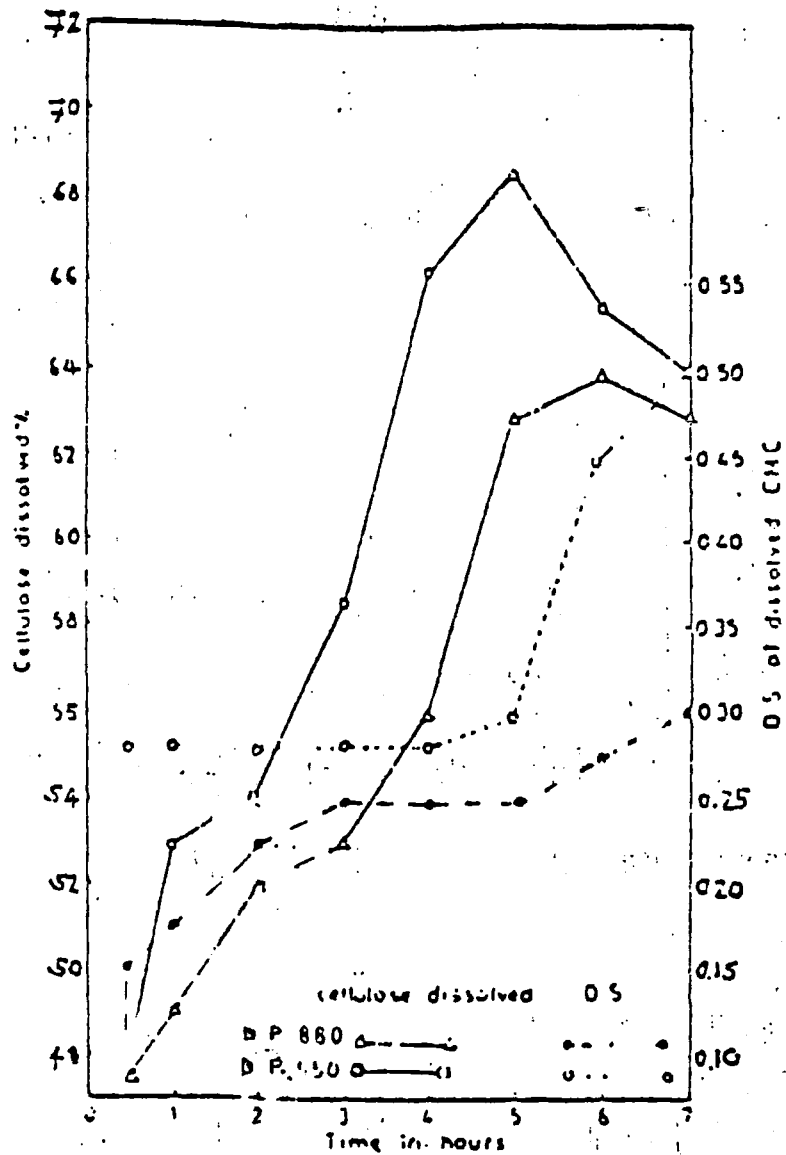
กราฟแสดงผลของความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่และค่าการละลาย [8]



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงผลของเซลล์โอสต่างชนิดกันที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ [8]



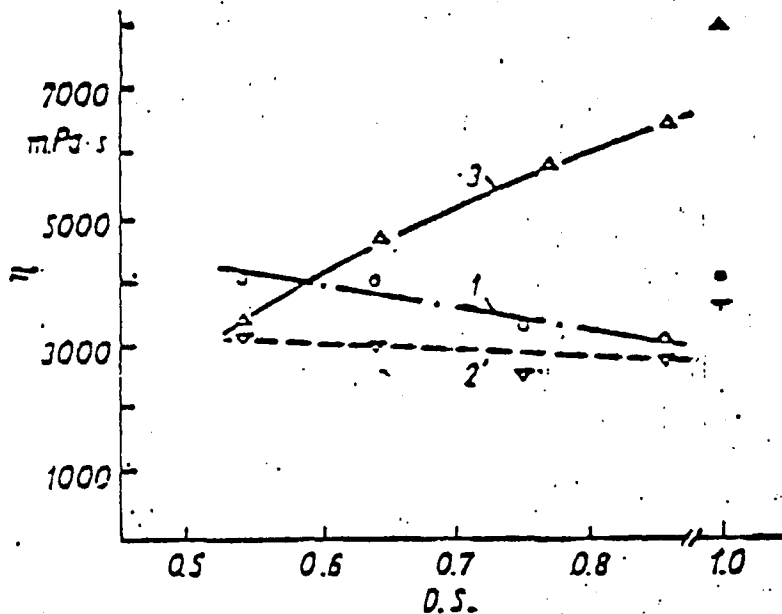
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงผลของค่าองศาการพอลิเมอร์ไรเซชันของเซลลูโลสที่ได้จากเยื่อไม้ ที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ และค่าการละลาย [8]



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงผลของค่าองค์การพอลิเมอร์ไรเซชัน ของเซลลูโลสที่ได้จากชานอ้อย ที่มีต่อค่าการละลาย [8]

2.2.5 ผลของความหนืด [8]

ละลายเซลลูโลส 2 % ในน้ำกลั่น น้ำทะเลและน้ำเกลือเข้มข้นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2.9



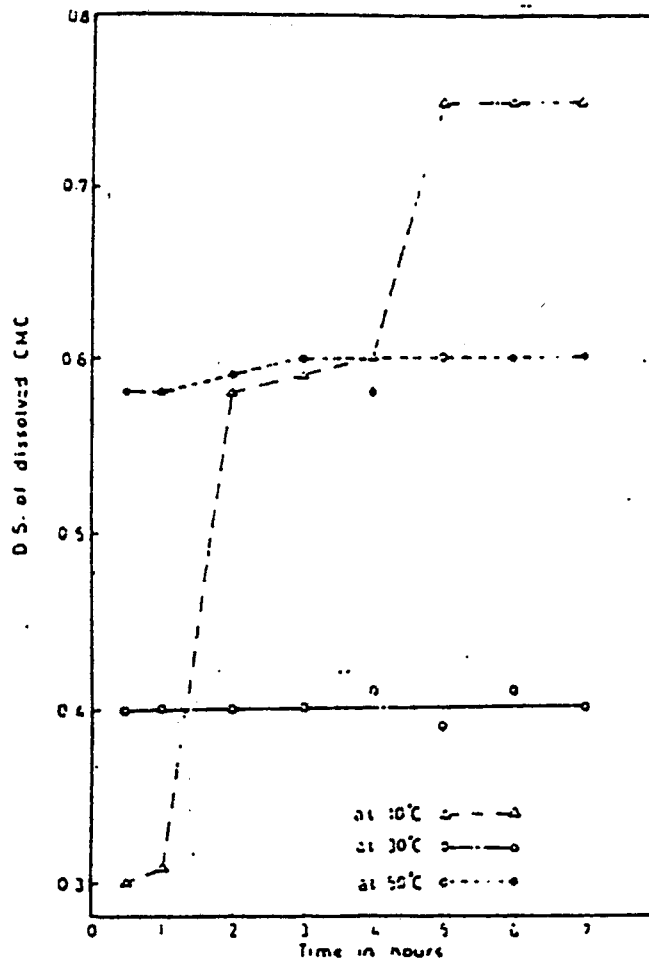
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงผลของค่าองค์การแทนที่ ที่มีต่อความหนืดของสารละลายของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเข้มข้น 2 % ที่ 25 องศาเซลเซียส , 1- น้ำกลั่น , 2-น้ำทะเล , 3-สารละลายโซเดียมคลอไรด์ [8]

ความหนืดของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในน้ำกลั่นจะลดลง เมื่อค่าองค์การแทนที่เพิ่มขึ้น ความหนืดของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในน้ำทะเลจะลดลง เมื่อค่าองค์การแทนที่เพิ่มขึ้น ความหนืดของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในน้ำเกลือเข้มข้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่าองค์การแทนที่เพิ่มขึ้น

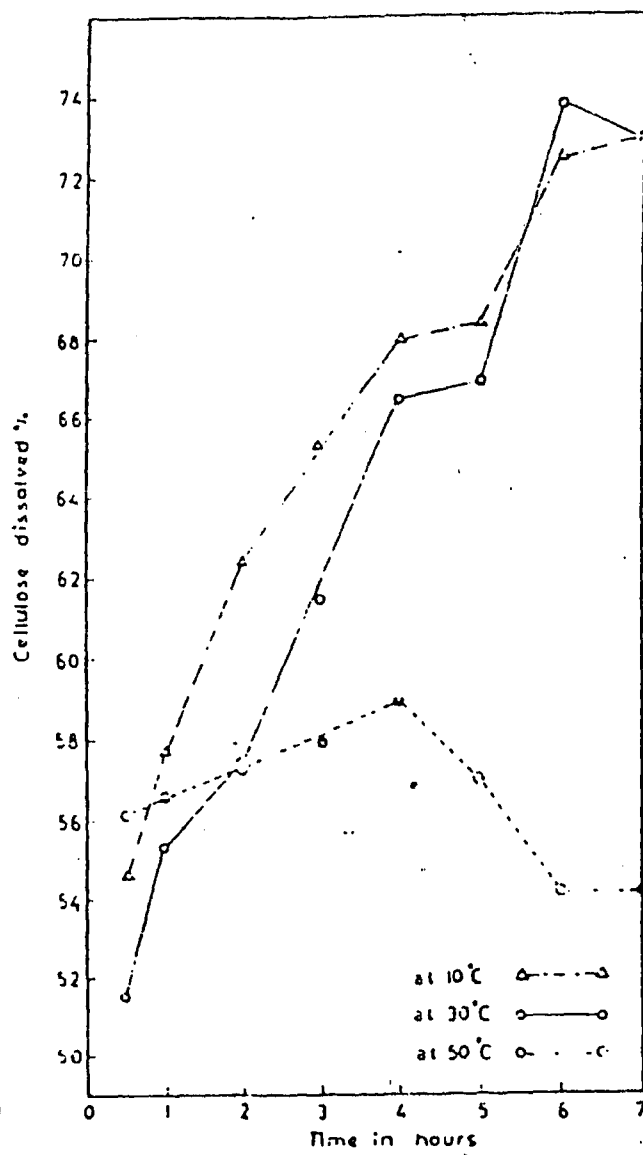
2.2.6 ผลของอุณหภูมิ [8]

ถ้าอุณหภูมิมีค่าต่ำจะทำให้ค่าการละลายมีค่าสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ซึ่ง การทดลองทำโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 3 อุณหภูมิ คือ 10 , 30 และ 50 องศาเซลเซียส

ภาวะที่ใช้ คือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 45 % อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลสเท่ากับ 30:1 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างกรดคลอโรอิกต่อเซลลูโลสเท่ากับ 3:1



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ [8]



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าการละลาย [8]

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. แผ่นให้ความร้อน (Hot plate) ที่ให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
2. หม้อปฏิกรณ์ (Reactor) ขนาด 2 ลิตร
3. อ่างน้ำร้อน (Water bath) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ถึง 100 องศาเซลเซียส
4. เครื่องกวนเชิงกล (Mechanical stirrer) พร้อมใบพัดกวน
5. ชุดกรองสารและกระดาษกรองเบอร์ 42
6. เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ 0 ถึง 100 องศาเซลเซียส
7. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น (Distilled water)
2. เซลลูโลสจากต้นสน (Cellulose from spruce) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
3. เซลลูโลสจากฝ้าย (Cellulose from cotton) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
4. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท อีเก้า โนเบล เข้มข้น 0.5 นอร์มัล และ 36 %
6. เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ ($(\text{CH}_3)_4\text{NCl}$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
7. เตตระเมทิลแอมโมเนียมไอโอดิด์ ($(\text{CH}_3)_4\text{NI}$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
8. เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ($\text{C}_6\text{H}_5(\text{CH}_3)_3\text{NCl}$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
9. กรดคลอโรอะซิติก (ClCH_2COOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
10. เมทานอล (CH_3OH) เกรดการค้า ที่ทำการกลั่น 1 ครั้ง

11. เอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 95 % เกรดการค้า ที่ทำการกลั่น 1 ครั้ง
12. เอทานอล ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 80 % เกรดการค้า ที่ทำการกลั่น 1 ครั้ง
13. เมทานอลที่ปราศจากน้ำ (Abs. CH_3OH) เกรดการค้า บริษัท เมย์แอนด์เบเกอร์
14. ไอโซโพรพานอล ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท คาร์เลอร์บา
15. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกรดวิเคราะห์ เข้มข้น 0.25 นอร์มัล
16. กรดไนตริก (HNO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท คาร์เลอร์บา
17. กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท เมย์แอนด์เบเกอร์
18. กรดแอสซิติค (CH_3COOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท คาร์เลอร์บา
19. เงินไนเตรต (AgNO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท บีดี เฮช เข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร
20. โปแตสเซียมไฮโดรเจนทาเลต ($2-(\text{HO}_2\text{C})\text{C}_6\text{H}_4\text{CO}_2\text{K}$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท เมอร์ค เข้มข้น 0.25 โมลต่อลิตร
21. โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา เข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร
22. โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท ฟลูกา
23. ไดเฟนิลามีน ($(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท เมอร์ค

3.3 การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

(การเตรียมสารในการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ภาคผนวก ก ข้อ 1)

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์

ตั้งเซลลูโลสจากต้นสน (20.0000 กรัม , 0.1235 โมล) เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (0.2400 กรัม , 0.0022 โมล) ตวงไอโซโพรพานอล (390 มล.) ลงในหม้อปฏิกรณ์ขนาด 2 ลิตร ตั้งเครื่องมือในอ่างควบคุมอุณหภูมิ กวนของผสมด้วยเครื่องกวนเชิงกลเป็นเวลา 5 นาที โดยใช้ความเร็ว 400 รอบต่อนาที หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 36 % (50 มล. 0.45 โมล) จากกรวยแยกจนหมดเป็นเวลา 15 นาที เซลลูโลสมีการพองตัว ทำให้กวนได้ยากปรับความเร็วเครื่องกวนเป็น 500 รอบต่อนาที กวนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที และที่อุณหภูมิของของผสม 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หยดสารละลายกรดคลอโรแอสซิติค ซึ่งเตรียมโดยตั้งกรดคลอโรแอสซิติค (20.4120 กรัม , 0.2160 โมล) ละลายในไอโซโพรพานอล (60 มล.) ลงในสารละลายผสมทันที ลดความเร็วของเครื่องกวนเหลือ 400 รอบต่อนาที หลัง

จากหยดกรดคลอโรแอซิดทั้งหมด ดูดของผสมออกจากหม้อปฏิกรณ์จำนวน 50 มล. ที่เวลา 3, 5, 8, 12, 18, 20, 45, 80 นาที ทำให้ของผสมเย็นต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสโดยทันทีเพื่อหยุดปฏิกิริยา ปรับของผสมมาเป็นกลางด้วยกรดน้ำส้มเข้มข้นและกรองผ่านกระดาษกรอง โดยลดความดัน เพื่อแยกไอโซโพรพานอลออกจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้ส่วนหนึ่งนำไปหาความชื้นและปริมาณคลอไรด์ ส่วนที่เหลือนำไปทำให้บริสุทธิ์เพื่อหาองค์การแทนที่ ส่วนนี้ไอโซโพรพานอลนั้น นำไปวิเคราะห์หาคลอไรด์

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์

ทำการทดลองดังขั้นตอนการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสใน 3.3.1 ต่างกันแต่เพียงวิธีการนี้ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

3.3.3 ศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.3.1 โดยเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยา จากเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์มาเป็น เตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโดรเจนออกไซด์และเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.4423 กรัมและ 0.4085 กรัม ตามลำดับ

3.3.4 ศึกษาผลของชนิดเซลลูโลสที่มีต่อการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.1, 3.3.2 และ 3.3.3 โดยเปลี่ยนเซลลูโลสจากต้นสนมาเป็นเซลลูโลสจากฝ้ายแทน

3.3.5 ขั้นตอนการทำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสให้บริสุทธิ์

นำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสส่วนที่กรองได้ นอกเหนือจากส่วนที่นำไปหาความชื้น มาทำให้บริสุทธิ์ โดยล้างคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสให้หมดเกลือคลอไรด์ ด้วยเมทานอล 80 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (30 มล.) แล้วกรอง ทำการล้าง 4 ครั้ง นำเมทานอลที่ล้าง 5 หยดสุดท้ายจากกรวยกรองมาทดสอบหาคลอไรด์โดยหยดด้วยสารละลายเงินไนเตรต 2-3 หยด จนสารละลายไม่มีตะกอนขาว ล้างอีกครั้งด้วยเมทานอลที่ปราศจากน้ำ (30 มล.) ดูดให้แห้ง ถ่ายสารลงบนกระดาษกรองอบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้สีขาว ละลายน้ำได้ดี

3.4 การวิเคราะห์สมบัติของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

3.4.1 การวิเคราะห์หาความชื้น

อบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ทราบน้ำหนักประมาณ 3 - 5 กรัม 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องโดยเก็บไว้ในเดสิเคเตอร์ ซึ่งน้ำหนักอีกครั้ง นำเข้าตู้อบอีกเป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้สารตัวอย่างเย็น ซึ่งน้ำหนักอีกครั้ง ทำซ้ำเช่นนี้จนกระทั่งน้ำหนักที่ซึ่งได้ต่างกันไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัม

3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์

เติมน้ำกลั่นจำนวน 100 มล. ลงในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสประมาณ 0.20 กรัม กวนด้วยแท่งแม่เหล็กจนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ไทเทรตด้วยสารละลายเงินไนเทรตโดยใช้สารละลาย ที่ประกอบด้วยโปแตสเซียมไดโครเมตเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะเปลี่ยนจากสารละลายสีเหลืองเป็นตะกอนสีส้มอิฐ

ในกรณีหาปริมาณคลอไรด์ในไอโซโพรพานอลที่ได้จากการสังเคราะห์ ให้บีเปิดไอโซโพรพานอล 15 มล. จากนั้นทำการไทเทรตเช่นเดียวกับข้างต้น

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าองศาการแทนที่

การวัดค่าองศาการแทนที่ (DS) ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส สามารถทำได้หลายวิธี แต่จากโครงการเดิมได้เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของวิธีต่าง ๆ ซึ่งสรุปได้ว่าวิธีการวัดค่าองศาการแทนที่ โดยวิธีล้างด้วยกรดให้ค่าใกล้เคียงความจริงและมีวิธีการวัดที่สะดวกเหมาะสม ดังนั้นโครงการนี้จึงเลือกใช้การวัดค่าองศาการแทนที่ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยวิธีล้างด้วยกรดเพียงวิธีเดียว

การหาค่าองศาการแทนที่โดยวิธีล้างด้วยกรด [9]

ผสมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (2.00 กรัม) ในเอทานอล 95 % 250 มล. กวนโดยใช้แท่งแม่เหล็กให้ของผสมกระจายตัวดีที่สุด เติมกรดไนตริกเข้มข้น (2.5 มล. , 0.05 โมล) ลักษณะของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะใสขึ้นเล็กน้อย จับเวลาหลังการเติม 2 นาที จึงให้ความร้อนแก่ของผสมที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที โดยที่ยังไม่หยุดเครื่องกวน หลังจากนั้น

กวนต่อที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที กรองโดยลดความดัน ล้างสารให้หมดกรดไนตริกด้วยเอทานอล 80 % ที่ 60 องศาเซลเซียส (25 มล.) ล้าง 5 ครั้ง ทดสอบโดยการเอาเอทานอลที่ล้าง 5 หยด สูดท้ายจากกรวยกรองมาหยดสารละลายไดเฟนิลามีน 5 หยด สารละลายไม่มีสีน้ำเงินเกิด ล้างอีกครั้งด้วยเมทานอลที่ปราศจากน้ำ (25 มล.) คูดให้แห้ง ถ่ายสารลงบนกระดาษฟิวเจอร์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้เย็น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในรูปกรดที่ได้ มีลักษณะสีขาวใสขุ่นไม่ละลายน้ำ จากนั้นซึ่ง คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่อยู่ในรูป กรด 0.500 กรัม ตวงน้ำ 100 มล. และเปิดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัล (10 มล., 0.005 โมล) ลงในขวดรูปกรวย ให้ความร้อนแก่สารละลายจนกระทั่ง สาร ละลายเด็ด ไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.25 นอร์มัล ขณะร้อนจน กระทั่งได้สารละลายสีชมพูอ่อน

3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไกลคอเลต

ข้อมูลจากขั้นตอนการวิเคราะห์หาความชื้น การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ และการ วิเคราะห์หาค่าองค์การแทนที่ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส สามารถนำมาหาปริมาณ โซเดียมไกล คอเลตได้ (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาผลของตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์และชนิดของเซลล์โวลต์ ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาจลนพลศาสตร์ สมบัติทางความชื้น ค่าองศาการแทนที่และปริมาณ โซเดียม ไกลคอลเลตของคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โวลต์ที่สังเคราะห์ได้

4.1 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์

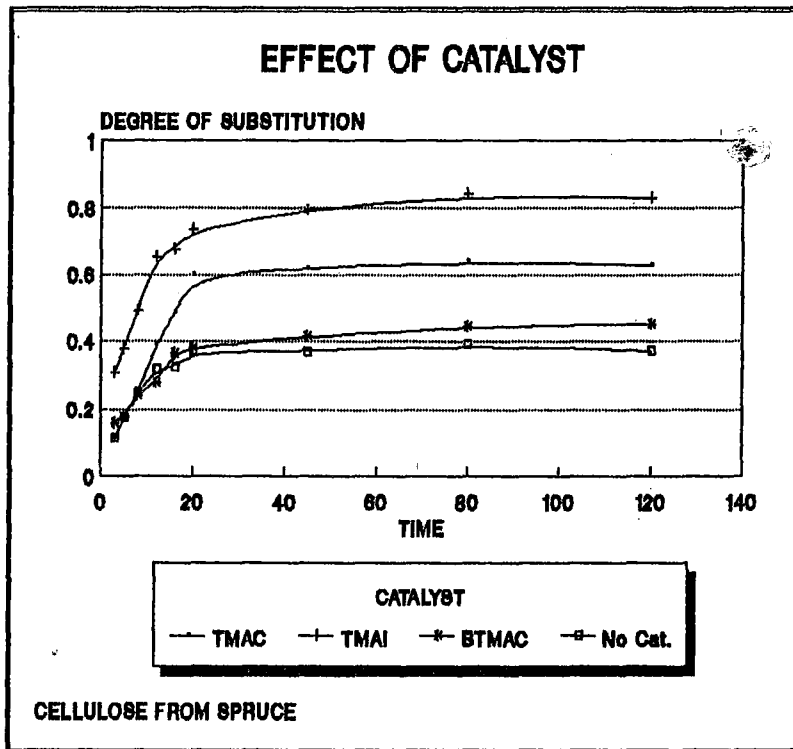
ในการทดลองทำโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์ 3 ชนิด คือ เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ เตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์ เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์และในสภาวะที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา การวิเคราะห์แยกออกเป็น 5 ส่วน คือการเกิด ปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โวลต์ ปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอลเลต คุณสมบัติทางความชื้น ค่าองศาการแทนที่ และปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตในคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โวลต์ที่สังเคราะห์ได้

4.1.1 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โวลต์

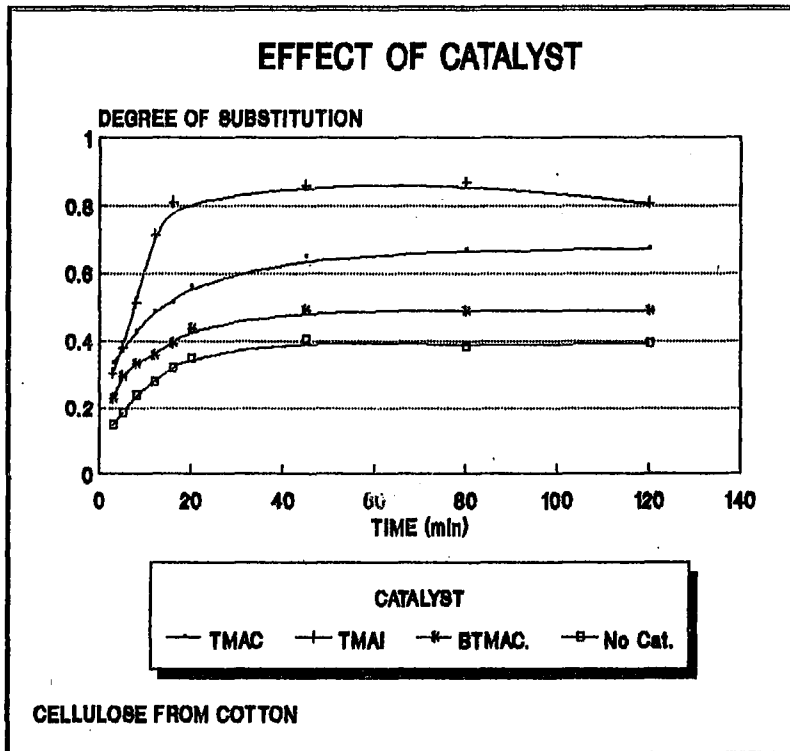
ผลการทดลองแสดงดังกราฟรูปที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลล์โวลต์จากสนและฝ้ายตามลำดับ โดยกราฟทั้งสองมีแนวโน้มเดียวกัน พิจารณาเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก กราฟจะเป็นเส้นตรงที่มีค่าความชันสูง แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชันในเซลล์โวลต์มาก ส่วนกราฟช่วงที่ 2 เส้นกราฟค่อนข้างคงที่ ขนานกับแกนเวลา เนื่องจากปฏิกิริยาในช่วงนี้ใกล้ถึงจุดอิ่มตัว และเวลาที่เส้นกราฟเปลี่ยนจากช่วงที่ 1 ไปเป็นช่วงที่ 2 มีค่าประมาณ 20 นาทีเท่ากัน ส่วนค่าองศาการแทนที่ในช่วงที่กราฟเปลี่ยนแปลงมีค่าต่างกัน คือ ค่าองศาการแทนที่ของ คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โวลต์ในการทดลองที่ใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยา TMAI TMAC BTMAC และไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา มีค่าประมาณ 0.8, 0.65, 0.5 และ 0.4 ตามลำดับ

จากการทำ Curve fitting หาค่าความชันของกราฟ ได้ค่าคงที่อัตราในช่วงที่ 1 ซึ่งแสดงค่าดังตารางที่ 4.1 จากกราฟและค่าคงที่อัตราในกราฟช่วงที่ 1 ในการทดลองที่ไม่ใช้ตัว

เร่งปฏิกิริยาเฟสทรานสเฟอร์ และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น BTMAC TMAC และ TMAI จะมีค่าองศาการแทนที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่ และเวลาเมื่อใช้เซลลูโลสจากต้นสน



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่ และเวลาเมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าคงที่อัตรา (k) ของปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

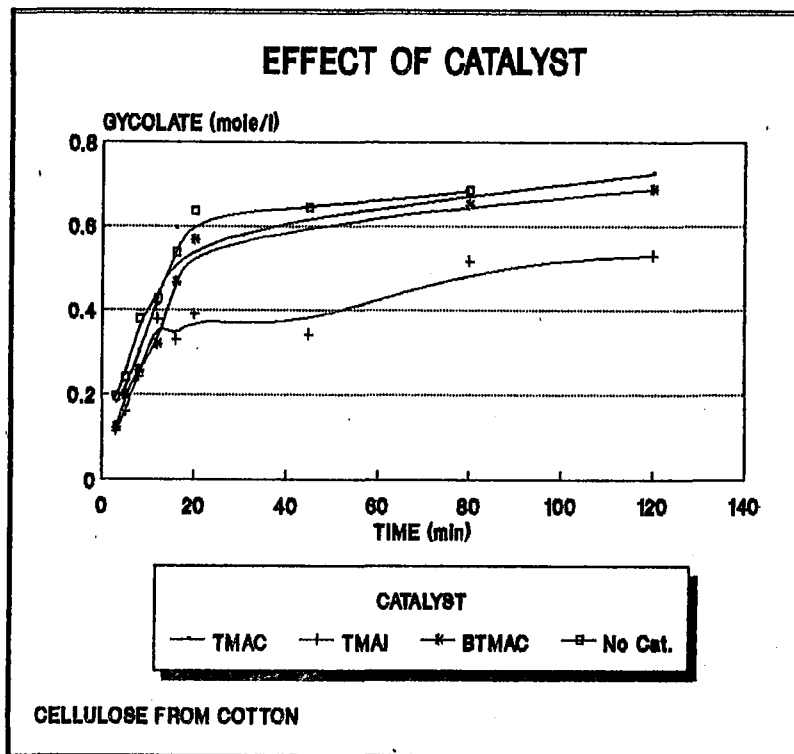
ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา	ค่าคงที่อัตราช่วงที่ 1 (นาที่ ⁻¹)	
	เซลลูโลสจากสน	เซลลูโลสจากฝ้าย
เตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	2.13×10^{-2}	2.70×10^{-2}
เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	2.09×10^{-2}	1.02×10^{-2}
เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	9.55×10^{-3}	7.88×10^{-3}
ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา	9.45×10^{-3}	7.75×10^{-3}

4.1.2 ปฏิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต

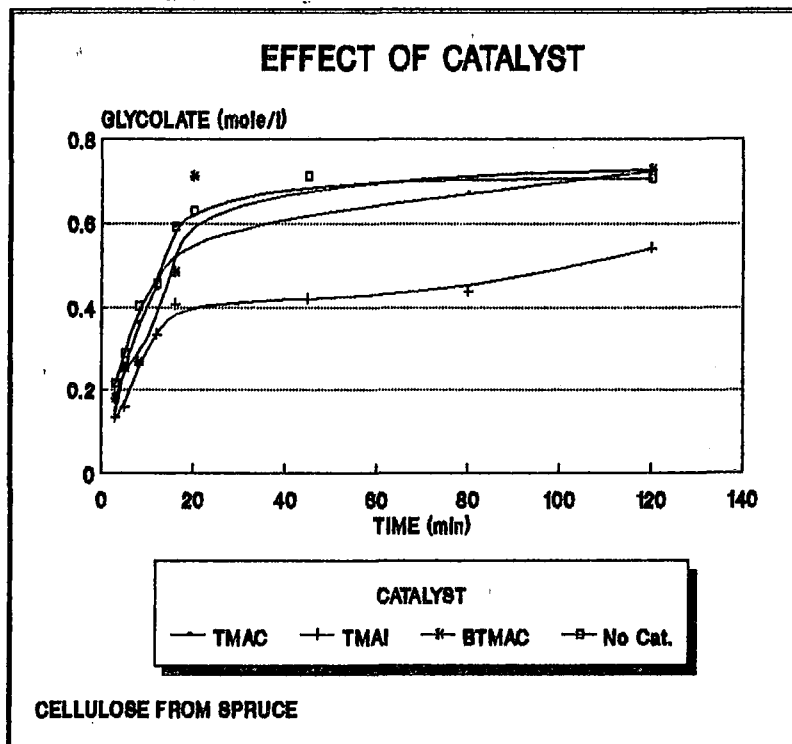
ผลของปฏิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต แสดงดังกราฟที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอเลตที่เกิดขึ้นกับเวลา ดังกราฟที่ได้จะพบว่าบอได้เฉพาะแนวโน้มของการเกิดโซเดียมไกลคอเลตเท่านั้น เนื่องจากเส้นกราฟอาจมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการวัดโซเดียมไกลคอเลตจากการคำนวณไม่ได้คำนึงถึงน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเส้นกราฟแบ่งออกเป็น 2 ช่วง และมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟที่เวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นทำการหาค่าคงที่อัตรา จากการทำ Curve fitting ค่าที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคงที่อัตรา (k) ของปฏิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

ชนิดของตัวเร่งปฏิริยา	ค่าคงที่อัตราช่วงที่ 1 (โมล)	
	เซลล์โลสจากสน	เซลล์โลสจากฝ้าย
เตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์	6.11×10^{-4}	6.40×10^{-3}
เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	9.94×10^{-4}	1.42×10^{-3}
เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	9.77×10^{-4}	1.39×10^{-3}
ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิริยา	1.22×10^{-3}	1.90×10^{-3}



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลา เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้เซลลูโลสจากสน

4.1.3 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อค่าความขึ้น

ผลการทดลองที่ได้ ค่าความขึ้นใกล้เคียงกัน ทั้งการทดลองที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคือ TMAC TMAI BTMAC และในการทดลองที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา แสดงว่าชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา เฟสทรานส์เฟอร์ไม่มีผลต่อความขึ้นในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สังเคราะห์ได้

4.1.4 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อค่าองศาการแทนที่

ผลการทดลองแสดงดังกราฟที่ 4.1 และ 4.2 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลา ผลที่ได้คือค่าองศาการแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้ TMAI > TMAC > BTMAC > ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ภายใต้อุณหภูมิใช้เซลลูโลสชนิดเดียวกัน ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส นั้นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าทำปฏิกิริยากับแอลคาไลเซลลูโลสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนนี้สามารถละลายเข้าไปในชั้นอินทรีย์ และทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซิดิก เกิดเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสขึ้น ในการเกิดปฏิกิริยานี้จะเริ่มเกิดที่ผิวของแอลคาไลเซลลูโลส และเมื่อเกิดปฏิกิริยาที่ผิวสิ้นสุดลงก็จะเกิดปฏิกิริยาภายในเนื้อแอลคาไลเซลลูโลสต่อไป เมื่อพิจารณาผลระหว่าง TMAI และ TMAC ในกรณีของ TMAI มีไอโอดีนเป็นแคตไอออนซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าคลอไรด์ไอออนซึ่งเป็นแคตไอออนของ TMAC ทำให้โอกาสที่จะเข้าทำปฏิกิริยาเกิดสารเชิงซ้อนกับแอลคาไลเซลลูโลสมีนีมากกว่า ผลก็คือ สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซิดิกในชั้นอินทรีย์เกิดเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้มากกว่า ดังนั้นจึงมีผลทำให้ค่าองศาการแทนที่ของการสังเคราะห์สูงกว่า

ในกรณีของการสังเคราะห์ที่ใช้ BTMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเมื่อเปรียบเทียบกับ TMAC หมู่แทนที่ของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสองแตกต่างกัน BTMAC มีหมู่แทนที่คือหมู่เบนซิล ซึ่งสามารถให้อิเลคตรอนแก่แอมโมเนียมไอออนได้ ทำให้แอมโมเนียมไอออนเกิดความเสถียรมากกว่าในกรณีของ TMAC ซึ่งมีหมู่แทนที่คือหมู่เมทิล ดังนั้นสารประกอบเชิงซ้อนของตัวเร่งปฏิกิริยากับแอลคาไลเซลลูโลส จึงเกิดได้น้อยกว่า ผลก็คือการเข้าทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซิดิกน้อยกว่ากรณีที่ใช้ TMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ในกรณีของการสังเคราะห์ที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ค่าองศาการแทนที่มีค่าต่ำสุด เนื่องจากเซลลูโลสสามารถเคลื่อนที่เข้าไปในชั้นอินทรีย์ได้น้อย ทำให้ปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซิดิกเกิดเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้น้อย ซึ่งต่างจากการสังเคราะห์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์ เพราะตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีส่วนที่สามารถละลายในชั้นอินทรีย์ได้ ทำให้สารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นสามารถ

เข้าไปทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซิดเกิดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสได้มาก

4.1.5 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่อปริมาณโซเดียมไกลคอเลต

ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอเลตที่เกิดขึ้นกับเวลา แนวโน้มของกราฟที่ได้คือ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลตที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์ของการทดลองที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามีค่ามากที่สุดและในกรณีที่ใช้ $BTMAC > TMAC > TMAI$ ตามลำดับ ภายใต้เซลล์ูโลสชนิดเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการสังเคราะห์ที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สารเชิงซ้อนระหว่างแอลคาไลเซลล์ูโลสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นน้อย การทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรแอซิดจึงน้อยลง ดังนั้นปริมาณของกรดคลอโรแอซิดที่เหลือเคลื่อนที่เข้าไปในชั้นน้ำจึงมากกว่าในกรณีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ส่วนในกรณีที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา อธิบายในลักษณะเดียวกับผลที่มีต่อค่าองศาการแทนที่ คือ $BTMAC > TMAC > TMAI$ สารเชิงซ้อนระหว่าง $BTMAC > TMAC > TMAI$ กับแอลคาไลเซลล์ูโลสเพิ่มขึ้นตามลำดับ ปริมาณกรดคลอโรแอซิดที่ใช้ทำปฏิกิริยา เกิดเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลล์ูโลสก็มากขึ้นด้วย ปริมาณกรดคลอโรแอซิดที่เหลือเคลื่อนที่ไปยังชั้นน้ำเพื่อไปทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ก็ลดลง ส่งผลให้โซเดียมไกลคอเลตลดลง

4.2 ผลของชนิดเซลล์ูโลส

ในการทดลองทำโดยใช้เซลล์ูโลส 2 ชนิด คือ เซลล์ูโลสจากฝ้ายและเซลล์ูโลสจากสน การวิเคราะห์ แยกออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

4.2.1 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลล์ูโลส

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.5 4.6 4.7 และ 4.8 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ $TMAI > TMAC > BTMAC$ และในกรณีที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาตามลำดับ กราฟทั้ง 4 มีแนวโน้มเดียวกันคือ กราฟจะแบ่งการพิจารณาเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกจะค่อนข้างเป็นเส้นตรง ที่มีค่าความชันสูง แสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชันในเซลล์ูโลสสูงมาก ส่วนในช่วงที่ 2 กราฟจะค่อนข้างคงที่ ขนานกับแกนเวลา เนื่องจากปฏิกิริยาเริ่มถึงจุดอิ่มตัว ส่วนเวลาที่เส้นกราฟเปลี่ยนจากช่วงที่ 1 ไปเป็นช่วงที่ 2 มีค่า ประมาณ 20 นาทีเท่ากัน แต่ค่าองศาการแทนที่ในช่วงกราฟเปลี่ยนแปลงมีค่าต่างกัน

จากการทำ Curve fitting หาค่าคงที่อัตราในการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.2.2 ปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลต

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9 4.10 4.11 และ 4.12 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอเลตและเวลา ดังกราฟที่ได้จะบอกได้เฉพาะแนวโน้มของการเกิดโซเดียมไกลคอเลตเท่านั้น เนื่องจากเส้นกราฟอาจมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการวัดโซเดียมไกลคอเลตจากการคำนวณไม่ได้คำนึงถึงน้ำหนักของโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเส้นกราฟแบ่งออกเป็น 2 ช่วง และมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟที่เวลาประมาณ 20 นาที

จากการทำ curve fitting หาค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาการเกิดโซเดียมไกลคอเลตได้ดังตารางที่ 4.2

4.2.3 ผลของชนิดเซลลูโลสที่มีต่อค่าความชื้น

ค่าความชื้นที่ได้จากการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้เซลลูโลสจากสน และเซลลูโลสจากฝ้ายมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าชนิดของเซลลูโลสไม่มีผลต่อค่าความชื้นในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

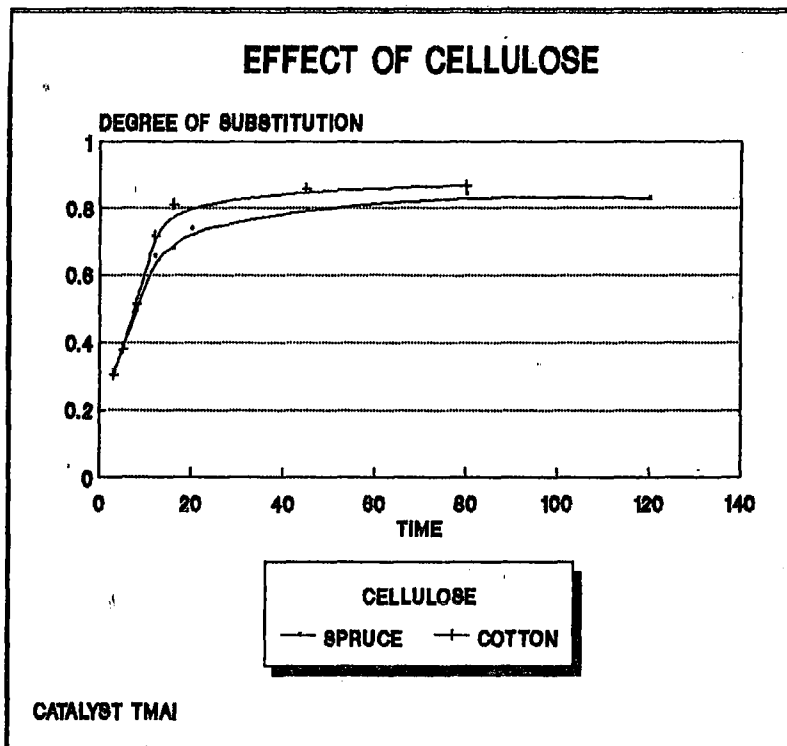
4.2.4 ผลของชนิดเซลลูโลสที่มีต่อค่าองค์การแทนที่

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.5 4.6 4.7 และ 4.8 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างค่าองค์การแทนที่กับเวลา ผลที่ได้ก็คือ ภายใต้อัตราเร่งปฏิกิริยาเดียวกัน การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากฝ้ายมีค่าองค์การแทนที่สูงกว่าการสังเคราะห์ที่ใช้เซลลูโลสจากสน จากการนำเซลลูโลสวิเคราะห์ลักษณะของรูพรุนซึ่งเกิดจากการจัดเรียงตัวของสายโซ่ พบว่าขนาดของรูพรุนของเซลลูโลสจากฝ้ายมีขนาดใหญ่กว่าจึงมีผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาเป็นไปได้ง่าย เนื่องจากความต้านทานที่เกิดจากการที่ตัวเร่งปฏิกิริยาแทรกเข้าไปทำปฏิกิริยา เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับเซลลูโลสในบริเวณรูพรุนน้อยกว่าความต้านทานในกรณีที่รูพรุนมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังเป็นผลการเข้าทำปฏิกิริยากับกรดคลอโรอิกก็เป็นไปได้ยาก และพบว่าผลจากขนาดรูพรุนนี้จะเห็นได้เด่นชัดมากในกรณีที่ตัวเร่งปฏิกิริยา มีขนาดโมเลกุลใหญ่ และเกาะก่ ดังเช่นกรณีของ BTMAC หมู่เบนซิลที่มีขนาดใหญ่และเกาะก่ทำให้เห็นผลได้ชัดเจนโดยพิจารณาจากกราฟที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า ค่าองค์

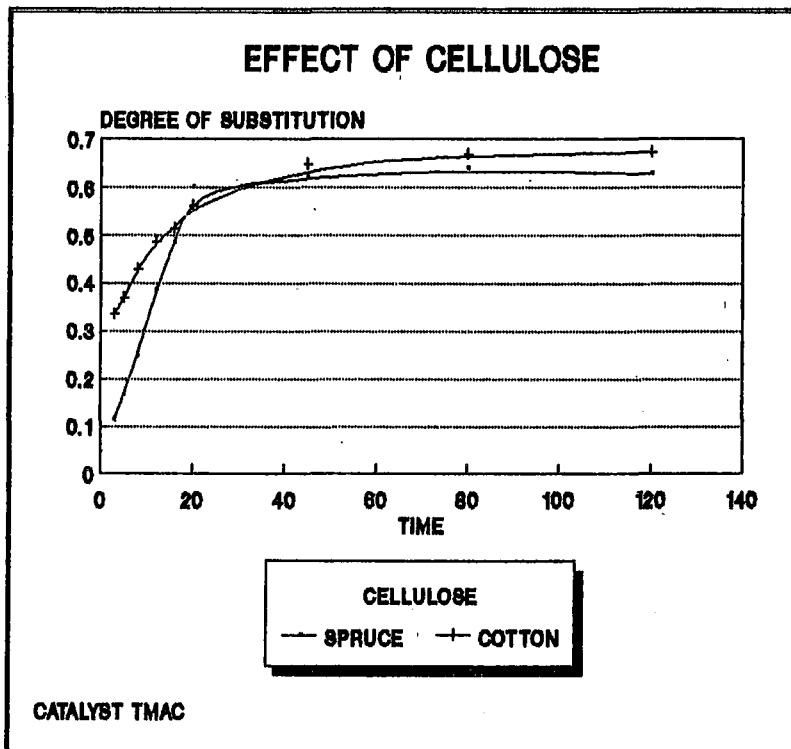
การแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลลูโลสทั้งสองแตกต่างกันมากกว่าตัวเร่งปฏิกิริยาอื่น

4.2.5 ผลของชนิดเซลลูโลสที่มีต่อปริมาณโซเดียมไกลคอเลต

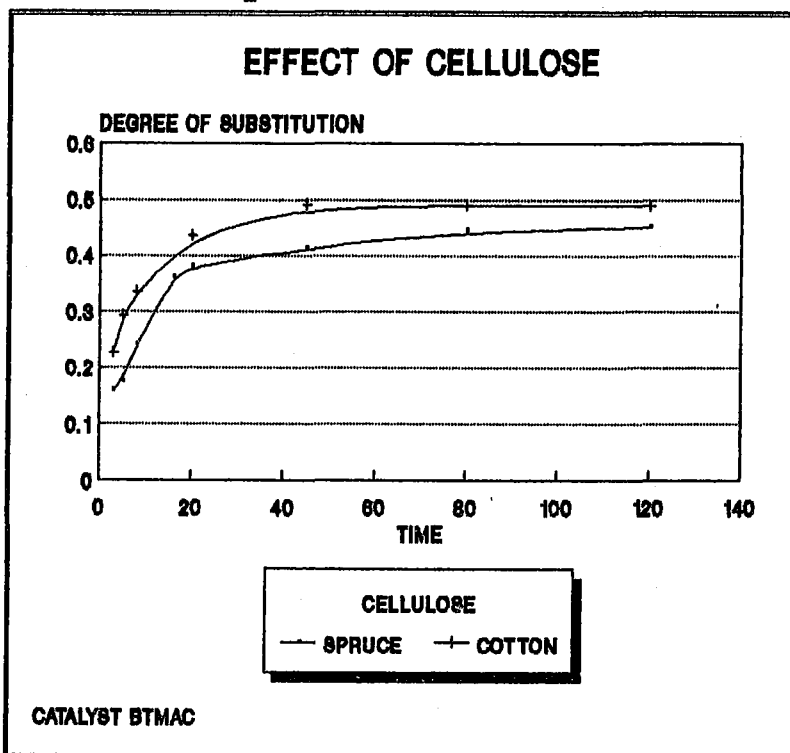
ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9 4.10 4.11 และ 4.12 ซึ่งเป็นกราฟระหว่างโซเดียมไกลคอเลตกับเวลา แนวโน้มของกราฟที่ได้ คือ กราฟจะแบ่งเป็น 2 ช่วง และมีการเปลี่ยนแปลงของกราฟที่เวลาประมาณ 20 นาที



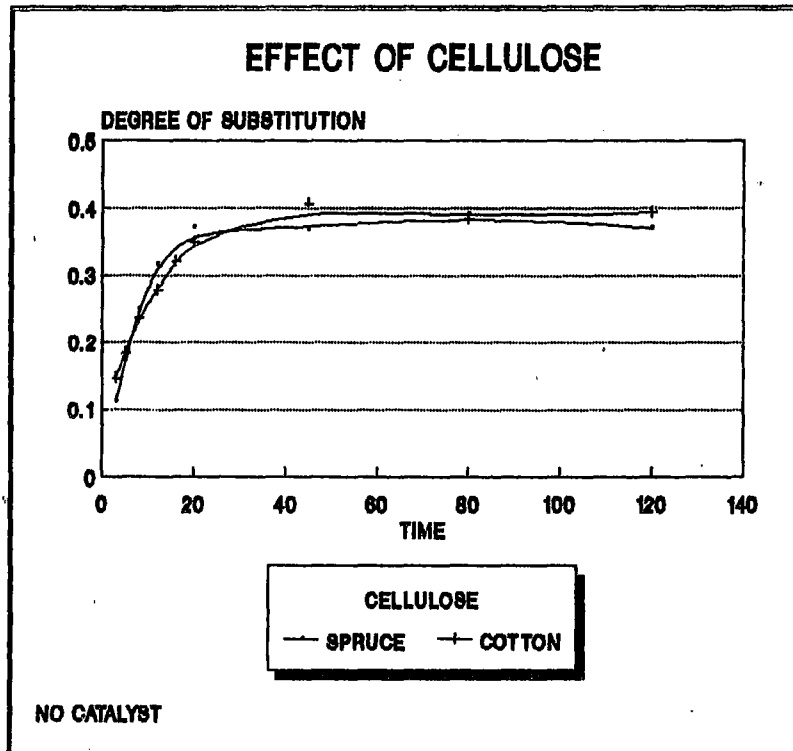
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อใช้ TMAI เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



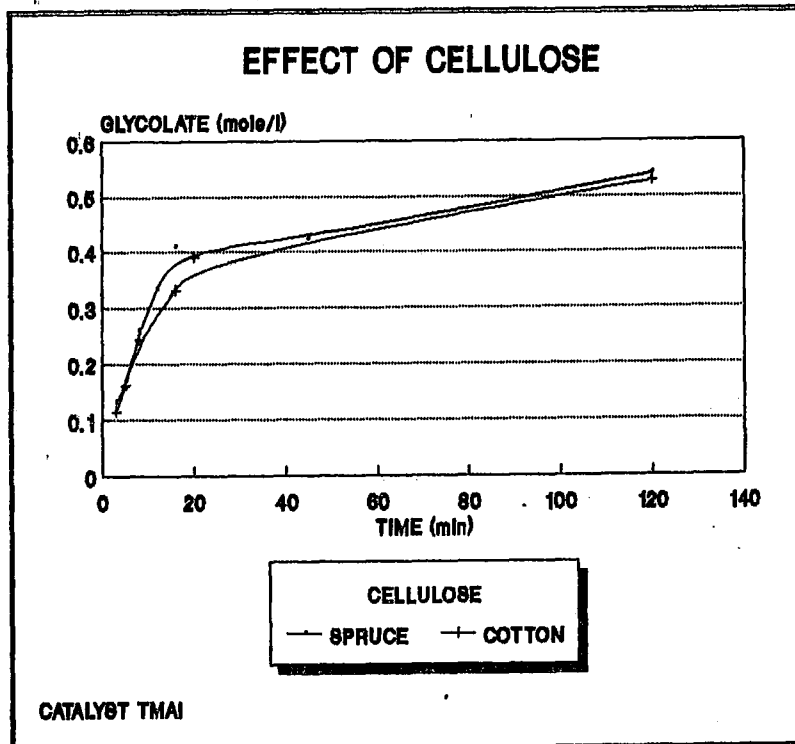
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อใช้ TMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



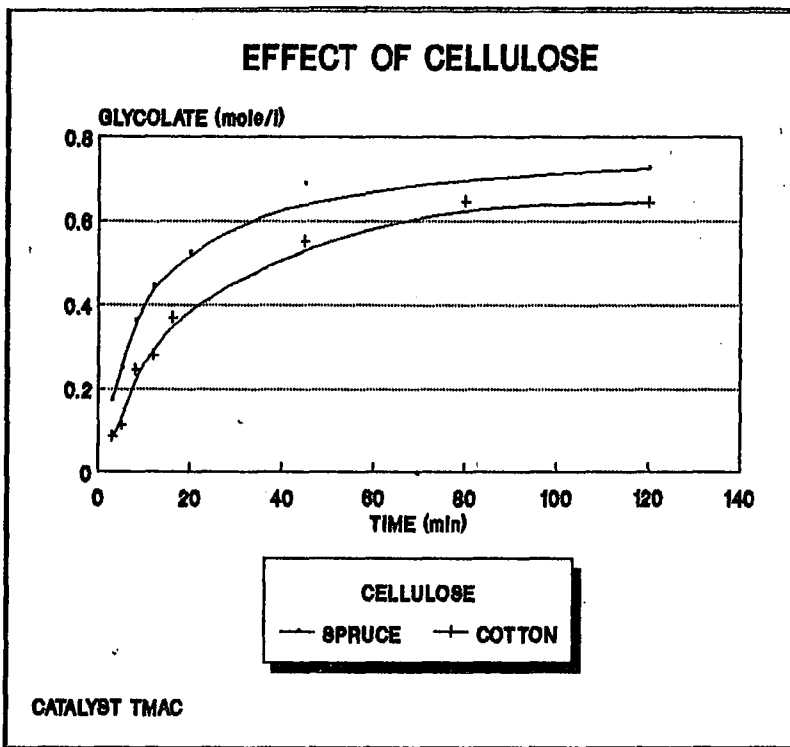
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อใช้ BTMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



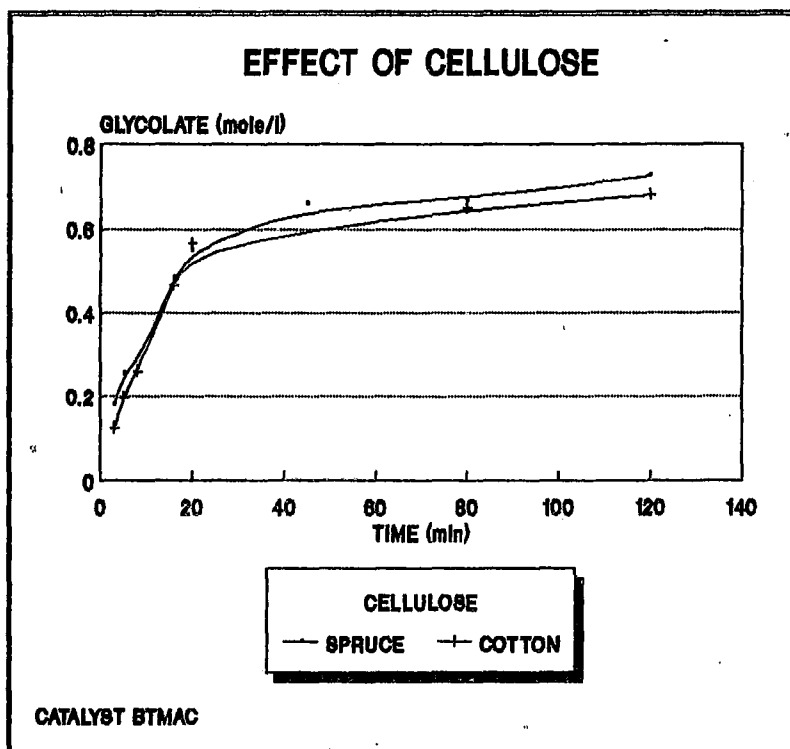
รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าองศาการแทนที่กับเวลาเมื่อไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา



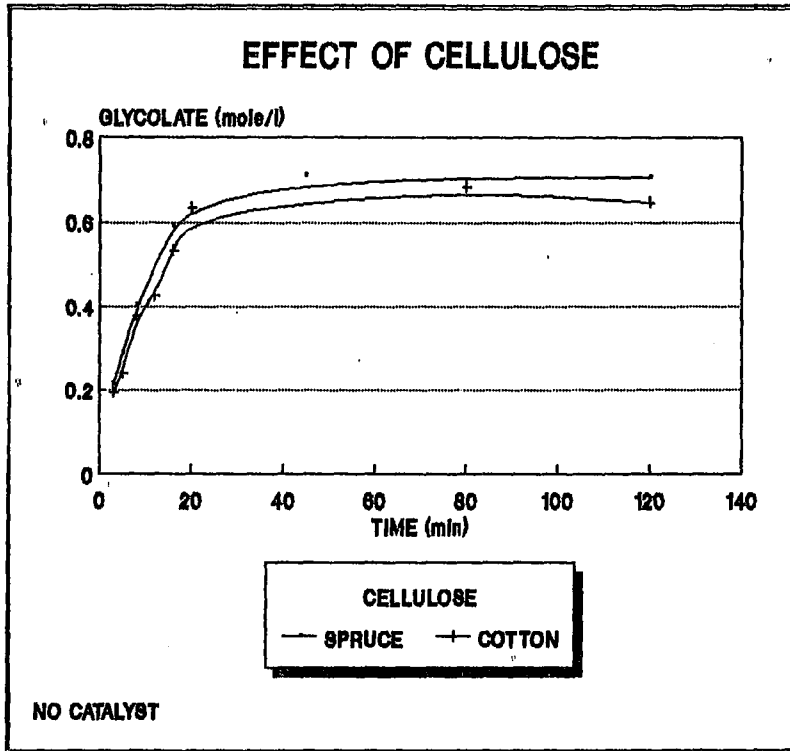
รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลโคเลตกับเวลาเมื่อใช้ TMAI เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้ TMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อใช้ BTMAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตกับเวลาเมื่อไม่ใช้

ตัวเร่งปฏิกิริยา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากโครงการวิจัยศึกษาผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์ และชนิดของเซลล์โลสที่มีต่อสมบัติทางความชื้น ค่าองศาการแทนที่ และปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตของคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลสที่สังเคราะห์ได้ เพื่อพัฒนาการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลส ในระดับอุตสาหกรรม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 ผลของชนิดตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์

โดยเปลี่ยนแปลงชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอร์ 3 ชนิด คือ เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (TMAC) เตตระเมทิลแอมโมเนียมไอโอไดด์ (TMAI) เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (BTMAC) และไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้สภาวะการทดลองดังนี้

อุณหภูมิที่ใช้ทำปฏิกิริยา	65 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลล์โลส	25 : 1
อัตราส่วนโดยโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อเซลล์โลส	3.70
อัตราส่วนโดยโมลของกรดคลอโรแอซิดต่อเซลล์โลส	1.75
อัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเซลล์โลส	TMAC : TMAI : BTMAC : ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
	0.012, 0.022, 0.200 และ 0 ตามลำดับ
ปริมาตรสารละลาย	650 ลบ.ซม.

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ

ความชื้น

มีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 25-47 %

ค่าองค์การแทนที่

ค่าองค์การแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้ TMAC > TMAI > BTMAC > ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน เนื่องจากผลของแคตตาลิซิสไอออนและหมู่แทนที่ในตัวเร่งปฏิกิริยา

ปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต

ปริมาณโซเดียมไกลคอลเลตในการสังเคราะห์ที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา > BTMAC > TMAC > TMAI ภายใต้อุณหภูมิเดียวกัน เนื่องจากผลของแคตตาลิซิสไอออนและหมู่แทนที่ในตัวเร่งปฏิกิริยา

ค่าคงที่อัตรา

ค่าคงที่อัตราของการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและการเกิดโซเดียมไกลคอลเลตไม่สามารถบอกแนวโน้มได้

5.2 ผลของชนิดเซลลูโลส

โดยเปลี่ยนแปลงชนิดของเซลลูโลส คือ เซลลูโลสจากฝ้ายและเซลลูโลสจากสน ใช้สภาวะการทดลองดังนี้

อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา	65 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลลูโลส	25:1
อัตราส่วนโดยโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อเซลลูโลส	3.70
อัตราส่วนโดยโมลของกรดคลอโรแอซติกต่อเซลลูโลส	1.75
อัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเซลลูโลส	TMAC : TMAI : BTMAC : ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
	0.012, 0.022, 0.200 และ 0 ตามลำดับ
ปริมาตรสารละลาย	650 ลบ.ซม.

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ

ความชื้น

มีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 25 - 47 %

ค่าองศาการแทนที่

ค่าองศาการแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลล์โพลีเมอร์จากผ้ามีค่ามากกว่าค่าองศาการแทนที่ของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลล์โพลีเมอร์จากส่นภายใต้ตัวเร่งปฏิกิริยาเดียวกัน เนื่องจากผลของขนาดรูพรุนในโครงสร้างของเซลล์โพลีเมอร์ที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของสายโซ่

ปริมาณโซ่เดียมไกลคอเลต

ปริมาณโซ่เดียมไกลคอเลตของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลล์โพลีเมอร์จากส่นจะมากกว่า ปริมาณโซ่เดียมไกลคอเลตของการสังเคราะห์ที่ใช้เซลล์โพลีเมอร์จากผ้า ภายใต้ตัวเร่งปฏิกิริยาเดียวกัน เนื่องจากผลของขนาดรูพรุนในโครงสร้างของเซลล์โพลีเมอร์ที่เกิดจากการจัดเรียงตัวของพันธะ

ค่าคงที่อัตรา

ค่าคงที่อัตราของการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โพลีเมอร์และการเกิดโซ่เดียมไกลคอเลตไม่สามารถบอกแนวโน้มได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างการเติมกรดคลอโรแอซิดลงในระบบทันทีกับการค่อยๆเติมกรดคลอโรแอซิดอย่างช้าๆ โดยการเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชันของเซลล์โพลีเมอร์ และอัตราการเกิดโซ่เดียมไกลคอเลต
2. ศึกษาถึงการสลายตัวของโซ่เดียมไกลคอเลตโดยศึกษาว่าเกิดการสลายตัวไปเป็นสารใด มีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของโซ่เดียมไกลคอเลต และศึกษาถึงวิธีที่จะทำการวัดโซ่เดียมไกลคอเลตที่มีประสิทธิภาพกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน
3. ศึกษาถึงอัตราการแพร่ของกรดคลอโรแอซิดที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โพลีเมอร์ โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่เข้าไปในเนื้อของแอลคาไลเซลล์โพลีเมอร์ เช่น ความเข้มข้นของกรดคลอโรแอซิด , ชนิดของเซลล์โพลีเมอร์ , ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในระบบ เป็นต้น
4. ศึกษาหาสภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โพลีเมอร์ เพื่อให้ได้ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โพลีเมอร์มากที่สุด ทั้งนี้โดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตเพื่อเป็นประโยชน์ในการผลิต คาร์บอกซีเมทิลเซลล์โพลีเมอร์ ในระดับอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 36 %

เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ (36 กรัม, 0.9 โมล) ละลายในน้ำกลั่น 64 กรัม

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮโดรเจนทาเลต 0.25 นอร์มัล

เตรียมจากโปแตสเซียมไฮโดรเจนทาเลต (12.7644 กรัม, 0.0625 โมล) ละลายในน้ำกลั่น 250 มล.

3. การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มัล

เตรียมจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ (9.87 กรัม, 0.25 นอร์มัล) ละลายในน้ำกลั่น 500 มล. ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอน กับสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮโดรเจนทาเลต 0.25 นอร์มัล

4. การเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.25 นอร์มัล

ดวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 37 % (5.2 มล., 0.0625 โมล) ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มล. ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้ในข้อ 3

5. การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 ° ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จำนวน 0.5840 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

6. การเตรียมสารละลายเงินไนเตรดเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร

เตรียมจากสารละลายเงินไนเตรดประมาณ 1.80 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์

7. การเตรียมสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมตอินดิเคเตอร์

ละลายโปแตสเซียมไดโครเมต 0.7 กรัม และโปแตสเซียมโครเมต 4.2 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเจือจางจนได้ปริมาตรสารละลายเป็น 100 มล. ใช้สารละลายนี้ 1-2 มล. ต่อ สารละลาย 50 มล.

ภาคผนวก ๒

การคำนวณ

1. การคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น(\%)} = \frac{(\text{น.น ของCMCก่อนอบ} - \text{น.น ของCMCหลังอบ}) \times 100}{\text{น.น ของCMCก่อนอบ}}$$

2. การคำนวณหาค่าองค์การแทนที่

$$A = (BC - DE) / F$$

$$\text{ค่าองค์การแทนที่} = 0.162 A / (1 - 0.058 A)$$

- A : กรัมสมมูลของกรดที่ใช้ไปต่อน้ำหนักเป็น กรัม ของสารตัวอย่าง
- B : ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มล.)
- C : ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
- D : ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (มล.)
- E : ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก
- F : น้ำหนักเป็น กรัม ของ CMC ในรูปกรด (ก.)
- 162 : น้ำหนักเป็น กรัม ของหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสของเซลลูโลส
- 58 : การเพิ่มขึ้นของโมเลกุลของหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส ของแต่ละหมู่คาร์บอกซีเมทิลที่แทนที่

3. การหาปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต

3.1 การหาน้ำหนัก CMC ที่บริสุทธิ์

มวลโมเลกุลใน 1 หน่วยแอนไฮโดรกลูโคสของ CMC ที่มีค่าองศาการแทนที่เท่ากับ DS

$$= 162 + 81 \text{ DS} - \text{DS}$$

ดังนั้นถ้าใช้เซลลูโลสหนัก 162 กรัม จะได้ CMC หนัก $162 + 80 \text{ DS}$ กรัม

$$\text{น้ำหนัก CMC} = \frac{(162 + 80 \text{ DS}) \times C}{162} \quad (1)$$

เมื่อ 162 : มวลโมเลกุลใน 1 หน่วยแอนไฮโดรกลูโคสของเซลลูโลส

81 : มวลโมเลกุลของหมู่โซเดียมคาร์บอกซีเมทิล (CH_2COONa)

1 : มวลโมเลกุลของไฮโดรเจน

DS : ค่าองศาการแทนที่

C : น้ำหนักของเซลลูโลส (ก.)

3.2 การหาน้ำหนัก CMC ที่สังเคราะห์ได้

ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ CMC นั้นจะเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงเกิดขึ้นเสมอ ซึ่งจะทำให้สารผลิตภัณฑ์ คือ โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมไกลคอลเลต สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{CCMC} = \text{PCMC} + \text{CS} + \text{G} \quad (2)$$

เมื่อ CS หาได้จากการไทเทรตหาปริมาณโซเดียมคลอไรด์ใน CMC สังเคราะห์-

ตัวอย่าง

$$\text{CS} = (\text{SC}/\text{WC}) \times \text{CCMC} \quad (3)$$

น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ทั้งหมดในระบบ

$$\text{T} = \text{CD} + \text{CT} + \text{CG} \quad (4)$$

ค่า T หาได้จากการไทเทรตหาปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในเนื้อ CMC ตัวอย่าง และ

ในตัวทำละลาย

$$T = CS+CI \quad (5)$$

แทนสมการที่ (5) ลงในสมการ (4) จัดรูป

$$CG = CS+CI-CD-CT \quad (6)$$

เปลี่ยน CG ให้อยู่ในรูปของ G

$$G = (CS+CI-CD-CT)X(98/58.5) \quad (7)$$

แทนค่าสมการ (7) ลงในสมการที่ (2)

$$\begin{aligned} CCMC &= PCMC+CS+(CS+CI-CD-CT)X(1.98/58.5) \\ &= PCMC+CS+1.68CS+(CI-CD-CT)(1.68) \\ &= PCMC+2.68CS+(CI-CD-CT) \end{aligned} \quad (8)$$

แทนสมการ (3) ลงในสมการที่ (8)

$$CCMC = PCMC+2.68S(CCMC)$$

แทนค่าสมการที่ (3) และ (7) ลงในสมการที่ (2) จัดรูปจะได้

$$CCMC = \frac{PCMC + ((CI - CD - CT) X 1.68)}{1 - ((2.68) X (SC/WC))} \quad (9)$$

เมื่อ CCMC : น้ำหนักของ CMC ที่สังเคราะห์ได้ (ก.)

PCMC : น้ำหนักของ CMC ที่บริสุทธิ์ (ก.)

G : น้ำหนักของโซเดียมไกลคอลเลต (ก.)

CS : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่อยู่ในเนื้อ CMC (ก.)

CI : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่อยู่ในตัวทำละลาย (ก.)

CT : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากเตตระเมิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (ก.)

CD : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากการแทนที่ของหมู่คาร์บอกซีเมทิล (ก.)

CG : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ที่ได้จากการเกิดโซเดียมไกลคอลเลต (ก.)

T : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ทั้งหมดในระบบ (ก.)

WC : น้ำหนัก CMC สังเคราะห์ตัวอย่าง (ก.)

SC : น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ใน CMC สังเคราะห์ตัวอย่าง (ก.)

98 : มวลโมเลกุลของโซเดียมไกลคอลเลต

58.5 : มวลโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์

3.3 การหาน้ำหนักของโซเดียมไกลคอลเลต

สมการที่ (2) จัดรูปใหม่จะได้

$$G = CCMC - PCMC - ((SC/WC) \times CCMC) \quad (10)$$

นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 แทนค่าลงไปในสมการที่ (10) ก็จะได้น้ำหนักของโซเดียมไกลคอลเลตที่เกิดขึ้นในระบบ

3.4 ตัวอย่างการคำนวณ

อัตราส่วนระหว่างสารละลายต่อเซลล์โลส 25 : 1 อุณหภูมิ 45 °C ที่เวลา 5 นาที

การทดลอง

เซลล์โลส 20.0358 กรัม

เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.2410 กรัม

ความเข้มข้นของเงินไนเตรต 0.01 นอร์มัล

ค่าองค์การแทนที่ 0.1244

น้ำหนักของ CMC สังเคราะห์ตัวอย่างเมื่อหักความชื้นแล้ว 0.1503 กรัม

ปริมาตรของเงินไนเตรตที่ใช้ในการไทเทรตเนื้อ CMC 29.75 มล.

ปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้ในการไทเทรต 10 มล.

ปริมาตรของเงินไนเตรตที่ใช้ไทเทรตตัวทำละลาย 0.00 มล.

หาน้ำหนักของ CMC บริสุทธิ์ จากสมการที่ 1.1

$$PCMC = \frac{(162 + (80 \times 0.1244)) \times 20.0358}{162}$$

162

$$= 21.27$$

$$S = 29.75 \times 0.01 \times 58.5/1000$$

$$= 0.01 \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} CI &= (0.00 \times 0.01 \times 58.5 \times 500) / 10 \times 1000 \\ &= 0.00 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CD &= (0.1244 \times 20.0358 \times 58.5) / 162 \\ &= 0.90 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CT &= (0.2410 \times 58.5) / 109.5 \\ &= 0.129 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

นำค่าที่ได้ทั้งหมดแทนค่าลงในสมการที่ (9)

$$\begin{aligned} CCMC &= \frac{21.27 \times ((0.00 - 0.90 - 0.129) \times 1.68)}{1 - ((2.68 \times 0.017) / 0.1503)} \\ &= 27.91 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

นำค่า CCMC ที่ได้แทนในสมการที่ (10)

$$\begin{aligned} G &= 27.91 - 21.27 - ((0.017 / 0.1503) \times 29.56) \\ &= 3.29 \text{ กรัม} \\ &= 0.028 \text{ โมล} \end{aligned}$$

การทดลองที่ภาวะอื่น ๆ ก็คิดเช่นเดียวกับตัวอย่างข้างต้นแต่ในกรณีที่ทดลองโดยใช้ TMAI เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาค่า CT จะถือว่าเท่ากับศูนย์เนื่องจากมีค่าน้อยมากและไม่สามารถตรวจสอบได้

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

1. ปฏิกิริยาของเซลลูโลสจากสน (CELLULOSE FROM SPRUCE)

โดยใช้ตะกั่วคลอไรด์เตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (TETRAMETHYL AMMONIUM CHLORIDE)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	20.0358 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.58 N
น้ำหนักตะกั่วคลอไรด์	0.2410 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.30 N
น้ำหนักกรดคลอโรอะซิติก	20.4136 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0055 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.57 N
น้ำหนักตะกั่วคลอไรด์	0.3127 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.21 N
น้ำหนักกรดคลอโรอะซิติก	26.5380 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC
เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม
คลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความชื้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.7942	0.6768	0.5955	0.4030	25.02	59.54
5	0.8273	0.7061	0.6019	0.4324	27.24	61.24
8	0.8053	0.6711	0.5820	0.4413	27.73	65.76
12	0.7832	0.6697	0.5306	0.4333	32.25	64.70
16	0.7810	0.6885	0.4508	0.4439	42.28	64.47
20	0.7878	0.6836	0.5240	0.4050	33.49	59.25
45	0.8452	1.1054	0.5165	0.7447	38.89	58.30
80	0.7466	0.6993	0.4103	0.4705	45.04	67.28
120	0.8459	0.7659	0.5084	0.5552	39.90	72.49

ตารางที่ ค.2 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโปโพรฟานอล เมื่อใช้
เซลล์โลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.00	20.85	0.00	0.79
5	4.50	27.80	0.17	1.06
8	10.15	26.20	0.39	1.00
12	15.40	24.45	0.59	0.93
16	20.50	25.80	0.78	0.98
20	15.45	40.20	0.59	1.53
45	19.25	34.55	0.73	1.31
80	26.25	29.20	1.00	1.11
120	19.80	26.60	0.75	1.01

ตารางที่ ค.3 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลล์โลสจากสน
และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20045	0.20145	29.75	30.60
5	0.20265	0.20025	39.45	35.80
8	0.20115	0.20090	50.45	44.50
12	0.20475	0.20070	53.40	48.85
16	0.20300	0.20115	56.20	54.50
20	0.20260	0.20075	56.85	57.50
45	0.20085	0.20105	55.20	57.90
80	0.20560	0.20120	51.00	59.90
120	0.20240	0.20045	53.65	65.20

ตารางที่ ค.4 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสนและตัวเร่ง
ปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5034	0.5019	18.1	25.7	0.1244	0.1013
5	0.5017	0.5006	17.6	25.0	0.1786	0.1536
8	0.5002	0.5000	16.8	24.1	0.2699	0.2236
12	0.5027	0.5007	15.6	22.5	0.4145	0.3556
16	0.5021	0.5020	14.7	21.6	0.5343	0.4340
20	0.5021	0.4931	13.8	20.6	0.6627	0.5384
45	0.5010	0.4641	13.9	20.5	0.6497	0.5898
80	0.5017	0.5002	13.8	19.7	0.6633	0.6182
120	0.5025	0.5001	16.2	19.6	0.3399	0.6286

ตารางที่ ค.5 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลโคเลต
เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม
คลอไรด์

เวลา (นาท)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลโคเลต (โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.1244	0.1013	0.1129	0.1213	0.2285	0.1749
5	0.1786	0.1536	0.1661	0.2085	0.2894	0.2489
8	0.2699	0.2236	0.2468	0.3581	0.3672	0.3627
12	0.4145	0.3556	0.3851	0.4461	0.4413	0.4437
16	0.5343	0.4340	0.4842	0.9446	0.5937	0.7691
20	0.6627	0.5384	0.6006	0.5228	1.0229	0.7729
45	0.6497	0.5898	0.6198	0.6858	1.0912	0.8885
80	0.6633	0.6182	0.6408	0.6765	0.6635	0.6700
120	0.3399	0.6286	0.6286	0.7291	0.7180	0.7235

2. ปฏิริยาของเซลลูโลสจากสน (CELLULOSE FROM SPRUCE)

โดยใช้ตะกั่วลิสงที่เตตตระเมทิลแอมโมเนียมไอโอดด์ (TETRAMETHYL AMMONIUM IODIDE)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	24.0051 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.59 N
น้ำหนักตะกั่วลิสง	0.5310 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.28 N
น้ำหนักการตกผลไอโอดด์	24.4944 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0024 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.53 N
น้ำหนักตะกั่วลิสง	0.5754 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.28 N
น้ำหนักการตกผลไอโอดด์	26.5357 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค.6 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC

เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไอโอดด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความชื้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.7954	0.6734	0.5209	0.4291	34.51	36.28
5	0.8207	0.6958	0.5469	0.4403	33.36	36.72
8	0.8282	0.9605	0.4805	0.6305	41.98	34.36
12	0.7351	0.6882	0.4592	0.4356	37.58	36.70
16	0.7683	0.6805	0.5157	0.4226	32.88	37.89
20	0.7538	0.7103	0.4282	0.4518	43.19	36.39
45	0.7501	0.6846	0.4678	0.3869	37.63	43.49
80	0.7884	0.6817	0.4510	0.4444	42.80	34.81
120	0.8307	0.7013	0.4827	0.4227	41.89	39.73

ตารางที่ ค.7 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโพรพานอล เมื่อใช้
เซลลูโลสจากสน และตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาที)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.00	17.85	0.00	0.68
5	9.60	27.60	0.37	1.05
8	12.60	21.90	0.48	0.83
12	13.70	26.50	0.52	1.01
16	14.20	23.20	0.54	0.88
20	14.65	27.80	0.56	1.06
45	18.30	25.05	0.70	0.95
80	17.15	45.25	0.65	1.72
120	16.10	46.05	0.61	1.75

ตารางที่ ค.8 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน
และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20100	0.20015	30.05	26.70
5	0.20105	0.20015	32.15	30.05
8	0.20120	0.20040	35.50	42.20
12	0.20090	0.20050	43.65	46.45
16	0.20170	0.20015	50.20	49.25
20	0.20170	0.20010	46.55	50.90
45	0.20150	0.20020	50.65	43.25
80	0.20190	0.20045	53.80	51.85
120	0.20300	0.20040	49.55	50.25

ตารางที่ ค.9 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสนและตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5000	0.5001	18.30	15.60	0.2763	0.3385
5	0.5004	0.5009	18.10	14.60	0.2981	0.4560
8	0.5024	0.5009	17.00	13.80	0.4233	0.5571
12	0.5006	0.4994	14.70	13.60	0.7212	0.5854
16	0.5020	0.4999	13.90	14.20	0.8438	0.5072
20	0.5005	0.5025	13.70	13.50	0.8781	0.5943
45	0.5003	0.4997	13.60	12.80	0.8943	0.6947
80	0.4999	0.4398	13.90	12.70	0.8484	0.8343
120	0.5003	0.4352	14.00	12.80	0.8321	0.8282

ตารางที่ ค.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาท)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลคอลเลต(โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.2763	0.3385	0.3074	0.1520	0.1133	0.1326
5	0.2981	0.4560	0.3771	0.1808	0.1351	0.1579
8	0.4233	0.5571	0.4902	0.2754	0.2469	0.2612
12	0.7212	0.5854	0.6533	0.3045	0.3624	0.3335
16	0.8438	0.5072	0.6755	0.3407	0.4770	0.4088
20	0.8781	0.5943	0.7362	0.4713	0.4777	0.4745
45	0.8943	0.6947	0.7945	0.4623	0.3816	0.4220
80	0.8484	0.8343	0.8414	0.8586	0.4395	0.6490
120	0.8321	0.8282	0.8302	0.5584	0.5234	0.5409

3. ปฏิกริยาของเซลลูโลสจากสน (CELLULOSE FROM SPRUCE)

คะตะลิสต์ เบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (BENZYLTRIMETHYL AMMONIUMCHLORIDE)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	24.0040 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.58 N
น้ำหนักคะตะลิสต์	0.4902 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.27 N
น้ำหนักกรดคลอโรอะซีติก	24.4995 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0041 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.46 N
น้ำหนักคะตะลิสต์	0.5319 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.28 N
น้ำหนักกรดคลอโรอะซีติก	26.5360 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค. 11 แสดงข้อมูลการหาความขึ้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC
เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความขึ้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.7147	1.2700	0.4827	0.8704	32.46	31.47
5	0.7671	1.2642	0.4906	0.8368	36.05	33.81
8	0.7153	1.2444	0.4894	0.8531	31.58	31.44
12	0.7105	1.2662	0.4914	0.8383	30.84	32.63
16	0.7396	1.2512	0.4920	0.8402	33.48	32.85
20	0.7323	1.2697	0.4493	0.7614	38.65	40.03
45	0.7594	1.2642	0.4710	0.7415	37.98	41.35
80	0.5577	1.2648	0.3739	0.7450	32.96	41.09
120	0.8004	1.2298	0.4237	0.7597	47.06	38.23

ตารางที่ ค.12 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโพรพานอล เมื่อใช้
เซลล์โวลต์จากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียม-
คลอไรด์

เวลา (นาที)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.00	19.95	0.00	0.76
5	11.75	19.95	0.45	0.76
8	12.60	21.00	0.48	0.80
12	14.20	25.10	0.54	0.95
16	15.95	27.25	0.61	1.04
20	19.30	29.50	0.73	1.12
45	20.85	39.60	0.79	1.51
80	18.30	28.95	0.70	1.10
120	16.10	43.90	0.61	1.67

ตารางที่ ค.13 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลล์โวลต์จากสน
และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20330	0.20085	30.55	29.95
5	0.20180	0.20090	37.95	36.55
8	0.20185	0.20065	42.80	40.20
12	0.20265	0.20075	45.55	45.35
16	0.20255	0.20060	49.75	55.10
20	0.20215	0.20030	50.55	55.80
45	0.20115	0.20045	60.80	50.20
80	0.20080	0.20030	59.80	50.50
120	0.20120	0.20040	48.25	53.85

4. ปฏิกริยาของเซลลูโลสจากสน (CELLULOSE FROM SPRUCE)

ไม่ใช้ตะกั่วลิสด์ (NO CATALYST)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	24.0060 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.57 N
น้ำหนักแคทตาลิสต์	0.0000 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.21 N
น้ำหนักกรดคลอไรอะซีติก	24.4497 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0038 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.57 N
น้ำหนักแคทตาลิสต์	0.0000 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.21 N
น้ำหนักกรดคลอไรอะซีติก	26.5382 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค.16 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC
เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาท)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความชื้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.7940	1.2510	0.4572	0.7176	42.37	42.64
5	0.7344	1.2274	0.4862	0.6889	33.80	43.87
8	0.7172	1.2539	0.5058	0.6899	29.50	44.98
12	0.6635	1.2334	0.4778	0.8017	28.00	35.00
16	0.7627	1.2475	0.5051	0.7527	33.77	39.66
20	0.7401	1.2773	0.5596	0.8106	24.39	36.54
45	0.7825	1.2293	0.5569	0.7788	27.28	36.65
80	0.7721	1.2353	0.5507	0.6932	28.68	43.88
120	0.7468	1.2563	0.5137	0.7032	31.21	44.03

ตารางที่ ค.14 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสนและตัวเร่ง
ปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5000	0.4347	18.3	15.3	0.1946	0.1229
5	0.5004	0.5016	18.1	15.0	0.2149	0.1355
8	0.5024	0.5057	17.0	13.9	0.2353	0.2469
12	0.5006	0.5023	14.7	13.7	0.2886	0.2702
16	0.5020	0.5011	13.9	12.6	0.3296	0.3957
20	0.5005	0.5006	13.7	12.5	0.3524	0.4080
45	0.5003	0.5010	13.6	12.3	0.3959	0.4316
80	0.4999	0.4999	13.9	12.0	0.4211	0.4694
120	0.5003	0.4429	14.0	12.5	0.4311	0.4701

ตารางที่ ค.15 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต
เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโม-
เนียมคลอไรด์

เวลา (นาท)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลคอลเลต(โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.1946	0.1229	0.1588	0.1907	0.1697	0.1802
5	0.2149	0.1355	0.1752	0.2551	0.2510	0.2531
8	0.2353	0.2469	0.2411	0.2822	0.2568	0.2695
12	0.2886	0.2702	0.2794	0.3041	0.3497	0.3269
16	0.3296	0.3957	0.3627	0.4119	0.5581	0.4850
20	0.3524	0.4080	0.3802	0.5492	0.8715	0.7103
45	0.3959	0.4316	0.4138	1.0456	0.6618	0.8537
80	0.4211	0.4694	0.4453	0.7060	0.6287	0.6673
120	0.4311	0.4701	0.4506	0.7491	0.7047	0.7269

ตารางที่ ค.17 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโพรพานอล เมื่อใช้
เซลล์โวลต์จากสน และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาที)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.00	9.60	0.00	0.37
5	11.00	27.25	0.42	1.04
8	12.50	39.25	0.48	1.49
12	18.15	25.35	0.69	0.96
16	24.10	29.20	0.92	1.11
20	15.40	29.40	0.59	1.12
45	16.80	22.60	0.64	0.86
80	15.35	27.95	0.58	1.06
120	19.70	29.55	0.75	1.12

ตารางที่ ค.18 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลล์โวลต์จากสน
และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20215	0.20010	29.10	31.55
5	0.20205	0.20070	35.50	36.30
8	0.20235	0.20060	48.10	42.85
12	0.20175	0.20045	55.45	58.20
16	0.20115	0.20020	53.65	50.25
20	0.20165	0.20030	58.35	53.40
45	0.20130	0.20030	65.45	54.85
80	0.20235	0.20025	66.75	54.25
120	0.20190	0.20035	59.25	55.05

ตารางที่ ค.19 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และไม่ใช้
ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5007	0.5010	25.9	15.0	0.0871	0.1356
5	0.5020	0.5022	24.8	14.6	0.1683	0.1755
8	0.5021	0.5011	23.9	13.8	0.2385	0.2601
12	0.5000	0.5041	23.5	12.9	0.2720	0.3582
16	0.5005	0.5003	23.1	13.1	0.3048	0.3383
20	0.5027	0.5033	22.3	12.8	0.3713	0.3704
45	0.5024	0.5037	22.5	12.7	0.3543	0.3817
80	0.5038	0.5013	22.4	12.4	0.3617	0.4192
120	0.5014	0.4986	22.5	12.7	0.3551	0.3861

ตารางที่ ค.20 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอลเลต
เมื่อใช้เซลลูโลสจากสน และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาที)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลคอลเลต(โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.0871	0.1356	0.1114	0.2008	0.2279	0.2144
5	0.1683	0.1755	0.1719	0.2224	0.3537	0.2880
8	0.2385	0.2601	0.2493	0.3495	0.4572	0.4033
12	0.2720	0.3582	0.3151	0.4811	0.4315	0.4563
16	0.3048	0.3383	0.3216	0.5645	0.6199	0.5922
20	0.3713	0.3704	0.3709	0.4516	0.6307	0.5412
45	0.3543	0.3817	0.3680	0.7508	0.6709	0.7109
80	0.3617	0.4192	0.3905	0.8452	0.8165	0.8308
120	0.3551	0.3861	0.3706	0.6465	0.7685	0.7075

5. ปฏิบัติการของเซลลูโลสจากฝ้าย (CELLULOSE FROM COTTON)

โดยใช้ตะกั่วลิสงที่เตรียมมาในรูปของเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (TETRAMETHYL AMMONIUM CHLORIDE)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	20.0082 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.48 N
น้ำหนักตะกั่วลิสง	0.3127 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.28 N
น้ำหนักการตกตะกอนไอโอดีน	26.5378 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0035 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.49 N
น้ำหนักตะกั่วลิสง	0.3125 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.25 N
น้ำหนักการตกตะกอนไอโอดีน	26.5356 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค. 21 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC
เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม
คลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความชื้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.7749	0.6543	0.4906	0.3829	36.69	41.51
5	0.7456	0.6616	0.4177	0.4151	43.98	37.26
8	0.7656	0.6542	0.4488	0.4213	41.38	35.56
12	0.7918	0.6680	0.4894	0.4562	38.19	31.71
16	0.7380	0.7053	0.4655	0.4548	36.92	35.52
20	0.7740	0.6700	0.4693	0.3956	39.37	40.96
45	0.7890	0.6575	0.4710	0.4009	40.30	39.02
80	1.0868	0.7051	0.6557	0.4133	39.67	41.38
120	1.0019	0.6594	0.5851	0.4208	41.60	36.18

ตารางที่ ค.22 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโพรพานอล เมื่อใช้
เซลล์โลสจากผ้าย และตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	ปริมาณซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	13.35	12.75	0.51	0.48
5	23.95	16.10	0.91	0.61
8	22.15	15.75	0.84	0.60
12	20.10	23.20	0.76	0.88
16	17.80	22.75	0.68	0.87
20	20.55	22.30	0.78	0.85
45	21.10	14.45	0.80	0.55
80	17.10	13.80	0.65	0.52
120	16.95	15.40	0.64	0.59

ตารางที่ ค.23 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลล์โลสจากผ้าย
และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาณซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20035	0.20180	33.95	30.80
5	0.20025	0.20100	33.35	35.30
8	0.20040	0.19985	40.70	42.20
12	0.20055	0.20050	45.60	50.75
16	0.20025	0.20250	50.55	53.30
20	0.20070	0.20100	53.50	51.95
45	0.20015	0.20040	51.30	55.00
80	0.20045	0.20110	53.60	50.65
120	0.20060	0.20200	51.95	59.30

ตารางที่ ค.24 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และตัว
เร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5008	0.5020	13.4	16.4	0.3858	0.2845
5	0.5005	0.5029	13.0	16.2	0.4338	0.3049
8	0.5025	0.5009	12.2	16.0	0.5310	0.3249
12	0.5004	0.5018	11.8	15.4	0.5859	0.3858
16	0.5005	0.5010	11.6	15.1	0.6125	0.4182
20	0.5013	0.5031	11.5	14.7	0.6248	0.4593
45	0.5010	0.5017	11.3	13.1	0.6526	0.6461
80	0.5005	0.5006	11.3	12.8	0.6534	0.6851
120	0.5025	0.5019	11.3	12.7	0.6502	0.6954

ตารางที่ ค.25 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต
เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม
คลอไรด์

เวลา (นาท)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลคอเลต(โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.3858	0.2845	0.3352	0.1702	0.1829	0.0851
5	0.4338	0.3049	0.3694	0.2258	0.2135	0.1129
8	0.5310	0.3249	0.4280	0.3062	0.3017	0.2445
12	0.5859	0.3858	0.4859	0.3464	0.4133	0.2800
16	0.6125	0.4182	0.5154	0.4413	0.5378	0.3715
20	0.6248	0.4593	0.5421	0.6222	0.6652	0.5178
45	0.6526	0.6461	0.6494	0.5625	0.6576	0.5502
80	0.6534	0.6851	0.6693	0.6238	0.5358	0.6445
120	0.6502	0.6954	0.6728	0.6256	0.7072	0.6416

6. ปฏิกิริยาของ เซลลูโลสจากฝ้าย (CELLULOSE FROM COTTON)

โดยใช้ตะตาลีสต์เตตระเมทิลแอมโมเนียมไอโอดด์ (TETRAMETHYL AMMONIUM IODIDE)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0071 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.47 N
น้ำหนักตะตาลีสต์	0.5799 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.28 N
น้ำหนักการคอลลอยอะซีติก	26.5435 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0016 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.49 N
น้ำหนักตะตาลีสต์	0.3125 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.25 N
น้ำหนักการคอลลอยอะซีติก	26.5356 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค. 26 แสดงข้อมูลการหาความขึ้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC

เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียม

ไอโอดด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักร่อนอบ		น้ำหนักรับชอบ		ความขึ้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.8706	0.7156	0.5822	0.4340	33.13	39.35
5	0.8034	0.6633	0.5103	0.4450	36.48	32.91
8	0.6810	0.7056	0.4591	0.4323	32.58	38.73
12	0.7280	0.6636	0.5099	0.4064	29.99	38.76
16	0.7585	0.7652	0.6672	0.508	30.39	33.61
20	0.8839	0.7782	0.6161	0.5172	30.30	33.54
45	0.9169	0.6914	0.6640	0.4308	27.58	37.69
80	0.9367	0.7058	0.6194	0.4516	33.87	35.38
120	0.9550	0.7532	0.6130	0.4619	35.81	38.68

ตารางที่ ค. 27 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ ในสารละลายไฮโซโพรพานอล เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิล แอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาท)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	26.30	12.75	1.00	0.31
5	26.10	16.10	0.99	0.36
8	17.20	15.75	0.65	0.45
12	21.00	23.20	0.80	0.71
16	16.70	22.75	0.64	0.59
20	19.70	22.30	0.75	0.74
45	20.80	14.45	0.79	0.65
80	19.40	13.80	0.74	0.54
120	19.30	15.40	0.73	0.71

ตารางที่ ค. 28 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20110	0.20075	25.10	27.15
5	0.20350	0.20085	33.55	33.20
8	0.20540	0.20015	44.05	39.45
12	0.20150	0.19635	47.95	50.55
16	0.20030	0.20010	54.50	49.40
20	0.20075	0.20085	55.30	52.35
45	0.20055	0.20070	50.85	52.05
80	0.20125	0.20150	57.70	56.05
120	0.20020	0.20125	55.20	53.15

ตารางที่ ค.29 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและตัวเร่ง

ปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5002	0.5020	13.9	16.4	0.2887	0.3199
5	0.5001	0.5029	13.4	16.2	0.3450	0.4125
8	0.5024	0.5009	12.3	16.0	0.4737	0.5534
12	0.4684	0.5018	10.6	15.4	0.7626	0.6686
16	0.5003	0.5010	9.5	15.1	0.8652	0.7526
20	0.5005	0.5031	10.3	14.7	0.7445	0.7878
45	0.5013	0.5017	9.2	13.1	0.9100	0.8047
80	0.4986	0.5006	9.1	12.8	0.9166	0.8144
120	0.5003	0.5019	9.9	12.7	0.8040	0.8067

ตารางที่ ค.30 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต

เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเตตระเมทิลแอมโมเนียมไฮโอไดด์

เวลา (นาท)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลคอเลต(โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.2887	0.3199	0.3043	0.1087	0.1219	0.1153
5	0.3450	0.4125	0.3788	0.1918	0.1331	0.1625
8	0.4737	0.5534	0.5136	0.2538	0.2328	0.2433
12	0.7626	0.6686	0.7156	0.2373	0.5206	0.3789
16	0.8652	0.7526	0.8089	0.3468	0.3138	0.3303
20	0.7445	0.7878	0.7878	0.4012	0.3782	0.3897
45	0.9100	0.8047	0.8574	0.2244	0.4605	0.3425
80	0.9166	0.8144	0.8655	0.5139	0.5148	0.5143
120	0.8040	0.8067	0.8067	0.5266	0.5297	0.5282

7. ปฏิกริยาของเซลลูโลสจากฝ้าย (CELLULOSE FROM COTTON)

ตะตาลีส์ตเบนิซินไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (BENZYLTRIMETHYL AMMONIUMCHLORIDE)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0042 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.47 N
น้ำหนักตะตาลีส์ต	0.5232 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.27 N
น้ำหนักการคอลลอยอะซีติก	26.5428 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0018 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.49 N
น้ำหนักตะตาลีส์ต	0.5314 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.25 N
น้ำหนักการคอลลอยอะซีติก	26.5344 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค. 31 แสดงข้อมูลการหาความขึ้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC

เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกริยาเบนิซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความขึ้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.7722	1.3438	0.5091	0.8527	34.07	36.55
5	0.7894	1.3571	0.5040	0.8499	36.15	37.37
8	0.7652	1.3532	0.4607	0.8513	39.79	37.09
12	0.7886	1.3477	0.5222	0.8418	33.78	37.54
16	0.6736	1.2921	0.4102	0.8378	39.10	35.15
20	0.7640	1.3310	0.4568	0.8418	40.21	36.28
45	0.7867	1.3684	0.4939	0.8533	37.22	37.64
80	0.7631	1.3427	0.4564	0.8482	40.05	36.83
120	0.7522	1.3645	0.4661	0.8529	38.04	37.49

ตารางที่ ค.32 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโซโพรพานอล เมื่อใช้
เซลล์โลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียม-
คลอไรด์

เวลา (นาที)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	13.00	19.50	0.49	0.74
5	13.55	23.65	0.52	0.90
8	19.90	24.25	0.76	0.92
12	15.70	24.85	0.60	0.94
16	17.20	26.70	0.65	1.02
20	21.60	23.70	0.82	0.90
45	29.50	27.60	1.12	1.05
80	19.95	25.15	0.76	0.96
120	17.00	42.25	0.65	1.61

ตารางที่ ค.33 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลล์โลสจากฝ้าย
และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20000	0.20040	26.60	25.30
5	0.20040	0.20100	37.95	28.55
8	0.20065	0.20080	37.20	37.25
12	0.20285	0.20075	46.55	40.25
16	0.20250	0.20075	48.85	49.25
20	0.20235	0.20020	48.85	54.20
45	0.20165	0.20045	51.55	50.10
30	0.20320	0.20055	53.25	54.95
120	0.20155	0.20215	55.70	54.45

ตารางที่ ค.34 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและตัว
เร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5043	0.5002	15.1	16.9	0.2156	0.2372
5	0.5015	0.5018	14.2	16.5	0.3108	0.2748
8	0.5009	0.5007	14.0	15.9	0.3330	0.3352
12	0.4790	0.5005	13.9	15.7	0.3618	0.3558
16	0.5019	0.4999	13.4	15.4	0.3991	0.3875
20	0.5015	0.5030	13.0	15.0	0.4458	0.4270
45	0.4372	0.5004	13.1	14.6	0.5096	0.4732
80	0.5008	0.5005	12.5	14.6	0.5063	0.4731
120	0.4494	0.5022	13.0	14.6	0.5068	0.4713

ตารางที่ ค.35 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลโคเลต
เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ตัวเร่งปฏิกิริยาเบนซิลไตรเมทิลแอมโม-
เนียมคลอไรด์

เวลา (นาที)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลโคเลต (โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.2156	0.2372	0.2264	0.1207	0.1261	0.1234
5	0.3108	0.2748	0.2928	0.2378	0.1574	0.1976
8	0.3330	0.3352	0.3341	0.2645	0.2524	0.2584
12	0.3618	0.3558	0.3588	0.3375	0.3022	0.3198
16	0.3991	0.3875	0.3933	0.4830	0.4535	0.4682
20	0.4458	0.4270	0.4364	0.5095	0.6233	0.5664
45	0.5096	0.4732	0.4914	0.5241	0.5139	0.5190
80	0.5063	0.4731	0.4897	0.6417	0.6589	0.6503
120	0.5068	0.4713	0.4891	0.6830	0.6890	0.6860

8. ปฏิกิริยาของเซลลูโลสจากฝ้าย (CELLULOSE FROM COTTON)

ไม่ใช้ตะกั่ว (NO CATALYST)

ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลองครั้งที่ 1

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0000 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.47 N
น้ำหนักตะกั่ว	0.0000 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.27 N
น้ำหนักกรดคลอโรอะซีติก	26.5808 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

การทดลองครั้งที่ 2

น้ำหนักเซลลูโลส	26.0018 กรัม	ความเข้มข้นของ NaOH	0.49 N
น้ำหนักตะกั่ว	0.5314 กรัม	ความเข้มข้นของ HCl	0.25 N
น้ำหนักกรดคลอโรอะซีติก	26.5344 กรัม	ความเข้มข้นของ AgNO ₃	0.01 N

ตารางที่ ค. 36 แสดงข้อมูลการหาความเข้มข้นของ CMC ก่อนหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC

เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาท)	น้ำหนักก่อนอบ		น้ำหนักหลังอบ		ความชื้น (%)	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.8066	1.3438	0.4817	0.8527	40.28	38.57
5	0.6747	1.3571	0.4393	0.8499	34.89	38.82
8	0.6686	1.3532	0.4206	0.8513	37.09	38.76
12	0.6616	1.3477	0.4230	0.8418	36.06	39.16
16	0.6700	1.2921	0.4237	0.8378	36.76	38.96
20	0.6873	1.3310	0.4375	0.8418	36.34	40.85
45	0.7284	1.3684	0.4666	0.8533	35.94	39.18
80	0.7757	1.3427	0.4686	0.8482	39.59	41.84
120	0.8079	1.3645	0.5460	0.8529	32.42	41.82

ตารางที่ ค.37 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในสารละลายไฮโปไฟรพานอล เมื่อใช้
เซลล์โลสจากฝ้าย และ ไม้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาที)	ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท		ปริมาณคลอไรด์ในสารละลาย	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	9.75	19.50	0.64	0.37
5	18.80	23.65	1.06	0.71
8	17.70	24.25	1.24	0.67
12	21.20	24.85	1.47	0.81
16	23.65	26.70	1.70	0.90
20	24.35	23.70	1.50	0.93
45	25.50	27.60	1.73	0.97
80	27.40	25.15	0.79	1.04
120	27.65	42.25	0.76	1.05

ตารางที่ ค.38 แสดงข้อมูลการหาปริมาณคลอไรด์ในเนื้อ CMC เมื่อใช้เซลล์โลสจากฝ้าย
และ ไม้ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาที)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรท	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.20210	0.20013	22.55	28.60
5	0.22013	0.20160	39.50	29.55
8	0.20065	0.20335	42.60	39.60
12	0.20050	0.20060	44.55	42.15
16	0.20000	0.20005	48.70	45.70
20	0.20270	0.20210	52.70	48.45
45	0.18835	0.20340	50.05	53.65
80	0.20335	0.20075	53.50	47.85
120	0.20140	0.20250	57.25	48.55

ตารางที่ ค. 39 แสดงข้อมูลการหาค่าองศาการแทนที่ เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้ายและไม่ใช้
ตัวเร่งปฏิกิริยา.

เวลา (นาท)	น้ำหนักของ CMC		ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก		ค่า DS	
	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II	BATCH I	BATCH II
3	0.5019	0.5007	16.00	17.3	0.1283	0.1672
5	0.4999	0.5003	15.60	17.0	0.1676	0.2007
8	0.5019	0.5012	15.00	16.6	0.2268	0.2456
12	0.5003	0.4627	14.70	16.4	0.2586	0.2969
16	0.5006	0.5020	14.30	15.8	0.3007	0.3389
20	0.4999	0.4998	14.00	15.6	0.3338	0.3651
45	0.5029	0.5009	13.60	15.0	0.3757	0.4386
80	0.4996	0.5000	13.70	15.3	0.3676	0.4019
120	0.5006	0.5053	13.60	15.2	0.3776	0.4089

ตารางที่ ค. 40 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าองศาการแทนที่ และ ปริมาณโซเดียมไกลคอเลต
เมื่อใช้เซลลูโลสจากฝ้าย และ ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

เวลา (นาท)	ค่าองศาการแทนที่			ความเข้มข้นโซเดียมไกลคอเลต(โมล/ลิตร)		
	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย	BATCH I	BATCH II	ค่าเฉลี่ย
3	0.1283	0.1672	0.1478	0.2194	0.1699	0.1946
5	0.1676	0.2007	0.1842	0.2629	0.2204	0.2416
8	0.2268	0.2456	0.2362	0.3873	0.3690	0.3781
12	0.2586	0.2969	0.2778	0.4168	0.4385	0.4276
16	0.3007	0.3389	0.3198	0.5380	0.5307	0.5343
20	0.3338	0.3651	0.3495	0.6112	0.6585	0.6348
45	0.3757	0.4386	0.4072	0.6434	0.7952	0.7193
80	0.3676	0.4019	0.3848	0.6878	0.6775	0.6826
120	0.3776	0.4089	0.3933	0.6076	0.6876	0.6476

ตารางที่ ค.41 แสดงข้อมูลการหาค่า % yield ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

การทดลอง	CELLULOSE	CATALYST	mm. เซลลูโลส	mm. แคตตาลิสต์	mm. กรดคลอโรอะซิติก	mm. สารตั้งต้นทั้งหมด	mm. กระดาษกรอง รวม Foil	mm. วัตถุทั้งหมด	mm. ผลิตภัณฑ์	% YIELD
1	SPRUCE	THAC	20.0047	0.2433	20.4166	40.6646	2.8826	35.9264	33.0438	81.2594
2		THAI	20.0057	0.4424	20.4151	40.8632	3.7215	38.6066	34.8851	85.3704
3		BTHAC	20.0075	0.4090	20.4153	40.8318	3.2018	33.3505	30.1487	73.8363
4		-	20.0045	-	20.4158	40.4203	3.5397	33.1597	29.6200	73.2800
5	COTTON	THAC	20.0107	0.2417	20.4133	40.6657	3.2994	37.8609	34.5615	84.9893
6		THAI	20.0409	0.4435	20.4121	40.8965	3.7930	41.7771	37.9841	92.8786
7		BTHAC	20.0107	0.4056	20.4207	40.8370	3.2963	35.8107	32.5144	79.6200
8		-	20.0011	-	20.4117	40.4128	3.5889	33.8438	30.2549	74.8646
9	SPRUCE	THAC	20.0009	0.2452	20.4233	40.6694	2.8899	34.5987	32.8088	80.6720
10		THAI	20.0067	0.4463	20.4321	40.8851	3.5955	39.1732	35.5777	87.0187
11		BTHAC	20.0041	0.4915	20.4253	40.9209	3.2519	36.8392	30.0025	73.3183
12		-	20.0019	-	20.4152	40.4171	3.0846	32.0248	28.9402	71.6038
13	COTTON	THAC	20.0082	0.2411	20.4209	40.6702	3.1482	36.8752	33.7270	82.9280
14		THAI	20.0044	0.4431	20.4152	40.8627	3.2861	39.3227	36.0366	88.1895
15		BTHAC	20.0015	0.4099	20.4134	40.8248	2.6188	31.4724	31.2536	76.5554
16		-	20.0123	-	20.4123	40.4246	3.2154	32.5015	29.2861	72.4462

หมายเหตุ น้ำหนักก่อนอบมีหน่วยเป็น กรัม
น้ำหนักหลังอบมีหน่วยเป็น กรัม
ปริมาตรซิลเวอร์ไนเตรทมีหน่วยเป็น มิลลิลิตร
ปริมาณคลอไรด์ในสารละลายมีหน่วยเป็น กรัม
น้ำหนักของ CMC มีหน่วยเป็น กรัม
ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกมีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

เอกสารอ้างอิง

1. A.I. Abidkhanov ; B. Kh. Muinov ; Yu. S. Orlov ; " Formation of carboxymethyl cellulose from cotton " Cellul. Chem. Technol. 29(5) (1980) : 321-328.
2. Guichem Distillers India Ltd. ; " Determination of Degree of Substitution Sodium Carboxymethyl cellulose " Anal. Chem. 18(3) (1980) : 36-41.
3. Perplies, Eberhard ; Felcht , Utz Hellmuth " esterification of cellulose with monochloroacetic acid alkyl esters " DE PAT 3236 158 Sep. 30, 1982.
4. P. Paviov ; B. Petkov ; " Sodium Carboxymethyl cellulose " Anal. Chem. 25(6).(1985) : 941-943
5. Kalmud , M.U. " Repetitive carboxymethylation of cellulose " Acta. Polym.(38).(1987) : 172-176.
6. Akopova, T.A. ; Vikhoreva, G.A. ; Rogovina, S.Z.; Zhorin, V.A. and Galbraikh, L.S. "Formation of carboxymethyl cellulose from blend of solid components in plastic flow condition under pressure " Vysokomol. Soedin, Ser. B 32(3). (1990): 182-184
7. Lin, Xiquan ; Qu, Tingzhu ; Qi, Shaoque "Kinetics of the carboxy methylation of cellulose in the isopropyl alcohol system " Acta. Polym. 41(4). (1990) : 220-222
8. Yehia, Fahy and Mansour, Olfat " Oncarboxymethylation of cellulose " Indian Pulp and Paper 21(2). (1966) : 143-151
9. อุนรัักษ์ ปิติรัักษ์สกุล , อุนชา ลับบัวงาม "โครงการวิจัยการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต , ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2528.

10. สุพิน อังศุניתย์ , สมชัย ปัทมมงคลชัย " จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาการผลิตโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฟสทรานส์เฟอ์ " วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535.