



โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสง
Preparation of Translucent Cellulose

ชื่อนิสิต นางสาวชนิภา รักรวนิชย์ **เลขประจำตัว** 5833214623
นางสาวนนทิตา ภูวิชัยสัมฤทธิ์ **เลขประจำตัว** 5833582323

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.



โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสง
Preparation of Translucent Cellulose

ชื่อนิสิต	นางสาวชนิภา รักวณิชย์	เลขประจำตัว	5833214623
	นางสาวนนทิตา ภูวิชยสัมฤทธิ์	เลขประจำตัว	5833582323

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

เรื่อง

การเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสง
Preparation of translucent Cellulose

เสนอ

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ตามระเบียบการศึกษาชั้นปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต

จัดทำโดย

นางสาวชนิภา	รักรนิชย์	5833214623
นางสาวนนทิตา	ภูวิชยสัมฤทธิ์	5833235823

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกุลกิจ

อนุมัติโดย

กวี ศรีกุลกิจ

(รศ.ดร.ดร. กาวี ศรีกุลกิจ)

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมแผ่นวัสดุเชิงประกอบจากเซลลูโลสและอะคริลิครีซินโดยใช้เซลลูโลสที่สกัดจากกระดาษชำระ และพอลิเมทิลเมทาคริเลตอิมัลชัน ศึกษาผลของการเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสงจากเซลลูโลสไฮโดรเจล เริ่มจากการสกัดไมโครคริสตัลเซลลูโลสจากกระดาษทิชชู (paper towel) ได้เป็นผงไมโครคริสตัลเซลลูโลส จากนั้นนำผงไมโครคริสตัลเซลลูโลสมาทำการละลายด้วยระบบโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรียที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส แล้วทำการเจือปนกลับมาให้ในรูปเซลลูโลสเจล แล้วจึงขึ้นแบบด้วยเทคนิคการหล่อแบบ เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นเทพอลิเมอร์ที่มีค่าดัชนีหักเหใกล้เคียงกับเซลลูโลสลงไปแทนที่รูพรุนของไฮโดรเจล จะได้เป็นแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงมีความหนา 0.1 มม., 0.3 มม. และ 0.5 มม. เมื่อนำไปทดสอบความทนแรงดึงพบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงที่มีความหนา 0.1 มิลลิเมตร มีค่าความทนแรงดึงและค่าความต้านทานในการเสีรูปร่างสูงสุด แต่ค่าความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด พบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าน้อยกว่าอะคริลิครีซิน เมื่อนำมาวัดหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน(CTE) ของแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงพบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำกว่าอะคริลิครีซินเนื่องจากผลการยึดเกาะกันได้ดีระหว่างเซลลูโลสและอะคริลิครีซินทำให้อะคริลิครีซินไม่ขยายตัวแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงจึงหดตัวตามเซลลูโลส ส่งผลให้ความนำความร้อนลดลงด้วย เมื่อตรวจสอบสมบัติการสลายตัวทางความร้อนพบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงมีอุณหภูมิการสลายตัวสูงกว่าอะคริลิครีซิน แสดงถึงการเป็นวัสดุคอมพอสิตที่เป็นเนื้อเดียวกันได้ดี นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการส่องผ่านแสงพบว่า เซลลูโลสโปร่งแสงที่ได้มีการส่องผ่านแสงสูงกว่าเซลลูโลส เป็นผลมาจากอะคริลิครีซินมีดัชนีหักเหใกล้เคียงกับเซลลูโลส เมื่อแสงส่องผ่าน แสงสามารถเดินทางเป็นเส้นตรง จึงส่งผลให้มีค่าการส่องผ่านแสงที่สูง

Abstract

In this work, translucent cellulose sheet was prepared from wet cellulose aerogel. The wet cellulose aerogel sheet was prepared via NaOH/urea dissolution system followed by multiple solvent exchanges. Firstly, paper tissue was dissolved and then cast into plastic mold. The casting solution was left standing to become solid hydrogel. Then, multiple solvent exchanges by water was carried out in order to remove NaOH and urea completely to obtain wet cellulose aerogel. Then, translucent cellulose sheet was successfully prepared by backfilling the nano/micro sized aerogel channel with a refractive index matching polymer. In this research, polymethylmethacrylate emulsion was employed. Translucent cellulose sheets with thickness of 0.1 mm, 0.3 mm, and 0.5 mm were achieved which exhibited 74.01, 72.60, and 67.34 percent transparency, respectively. In contrast, cellulose aerogel exhibited relatively low percent transmittance only 19.24%. Then, the thermal conductivity was determined. In addition, the coefficient of thermal expansion (CTE) of the translucent sheets possessed a lower coefficient of thermal expansion than that of acrylic sheet, indicating that translucent sheets were able to resist shape change. Finally, mechanical properties of translucent sheets were much better than acrylic sheet and cellulose aerogel.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นเพราะได้รับความร่วมมือจากบุคคลหลายท่าน ทั้งคำแนะนำทางวิชาการ ความเอื้อเฟื้อเพื่อดำเนินเครื่องมือ วัสดุดิบ และสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับความสนับสนุน ช่วยเหลือ แนะนำในการทำงานวิจัยจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบคุณบุคคล และหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. กาวี ศรีกุลกิจ ที่ให้โอกาสผู้วิจัยในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ตั้งแต่เริ่มทำงานวิจัย จนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ยังเป็นผู้สนับสนุนเงินทุน ต่างๆในการทำวิจัย

2. นางสาวสาวิตรี สีนุช บัณฑิตปริญญาโท ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอย แนะนำระหว่างการทำวิจัยและสอนการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์และทดสอบต่างๆ

3. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี และห้องทดลองในงานวิจัยนี้

4. รุ่นพี่ เพื่อน และบุคลากรภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาจนงานวิจัยนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา และเพื่อนที่คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยครั้งนี้ให้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า จนสามารถสร้างสรรค์งานวิจัย เล่มนี้ได้

คำนำ

รายงานวิจัยนี้ จัดทำขึ้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของ โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ในระดับปริญญาตรี โดยเป็นรายงานวิจัยการเตรียมแผ่นคอมโพสิตโปร่งแสงเซลลูโลส/โพลี(เมทิลเมทาคริเลต) เพื่อศึกษาสมบัติและวิเคราะห์สมบัติต่างๆของแผ่นคอมโพสิตโปร่งแสง ซึ่งจะกล่าวถึงความเป็นมาในการทำวิจัย วัตถุประสงค์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการดำเนินงาน ผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้รวบรวมในรายงานฉบับนี้

คณะผู้จัดทำหวังว่ารายงานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านและผู้สนใจที่จะทำวิจัยต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำ ขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	ง
Abstract	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
คำนำ	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
สารบัญตาราง.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 เซลลูโลส	2
2.1.1 ความหมายของเซลลูโลส	2
2.1.2 กระจาดหิซซุ.....	2
2.1.2.1 ขั้นตอนการผลิตกระจาดหิซซุ	3
2.1.2.2 กระบวนการผลิตกระจาดหิซซุ.....	3
2.1.3 สมบัติของเซลลูโลส	4
2.1.3.1 การละลายของเซลลูโลส	4
2.2 สารละลายเซลลูโลส	5
2.2.1 การปรับสภาพวัตถุดิบ	5
2.2.2 กลไกการละลายเซลลูโลสในระบบ NaOH/Urea.....	8
2.3 การเกิดเจล.....	8

2.4 ไฮโดรเจล	9
2.4.1 ความหมายของไฮโดรเจล	9
2.4.2 วิธีการสังเคราะห์ไฮโดรเจล	10
2.4.3 สมบัติของไฮโดรเจล.....	10
2.5 โพลีเอทิลีนไกลคอล.....	11
2.6 ยูเรีย	12
2.7 กลีเซอรอล	13
2.8 พอลิเมทิลเมทาคริลเลท	14
2.9 วัสดุโปร่งแสง.....	14
2.10 เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินการทดลอง	18
3.2 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	19
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	20
3.4 วิธีการทดลอง	20
3.4.1 ย่อยเซลล์โลสให้มีขนาดอนุภาคเล็กกลง	20
3.4.2 เตรียมสารละลายเซลล์โลส.....	20
3.4.3 สังเคราะห์โพลีเมทิลเมทาไครเลตอิมัลชัน	21
3.4.4 การเตรียมแผ่นเซลล์โลสโปร่งแสง.....	21
3.5 การทดสอบ	21
3.5.1 วิเคราะห์สัณฐานวิทยา	21
3.5.2 ทดสอบสมบัติเชิงกล.....	21
3.5.3 ทดสอบสมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน.....	22

3.5.4 ทดสอบการสลายตัวทางความร้อน	23
3.5.5 ทดสอบความสามารถในการส่องผ่านของแสง	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	24
4.1 ผลการย่อยเซลลูโลสด้วยกรดไฮโดรคลอริก	24
4.2 ผลการเตรียมไฮโดรเจล	24
4.3 ผลการสังเคราะห์อะคริลิกเรซิน	25
4.4 ผลจากการเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสงจากเรซิน	26
4.4.1 ลักษณะทางกายภาพ	26
4.4.2 สันฐานวิทยาของเซลลูโลสโปร่งแสง	26
4.4.3 สมบัติเชิงกล	27
4.4.3.1 ความทนแรงดึง (Tensile strength)	27
4.4.3.2 มอดุลัสของยัง (Young's modulus)	28
4.4.3.3 ความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด (Elongation at break).....	29
4.4.4 สมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน	30
4.4.5 สมบัติการสลายตัวทางความร้อน	31
4.4.6 สมบัติการส่องผ่านของแสง	33
บทที่ 5_สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	35
รายการอ้างอิง.....	38
ภาคผนวก.....	40

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 ลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลกลูโคสในเซลลูโลส.....	2
รูปที่ 2.2 กลไกการละลายของเซลลูโลส.....	8
รูปที่ 2.3 ผลของสภาวะแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของไฮโดรเจล.....	9
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของกลีเซอรอล.....	13
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาคริเลต.....	14
รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบเนกประสงค์ (Universal testing machine) ของบริษัท LLOYD.....	22
รูปที่ 3.2 เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน.....	22
รูปที่ 3.3 Thermogravimetric Analyzer, TGA ของบริษัท Mettler Toledo รุ่น TGA/DSC.....	23
รูปที่ 3.4 UV-Vis Spectrophotometer ของบริษัท ยูเนียน ทีเอสแอล.....	23
รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเซลลูโลสจากกระดาษทิชชู.....	24
รูปที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของเซลลูโลสไฮโดรเจล.....	25
รูปที่ 4.3 แสดงอะคริลิกเรซินที่สังเคราะห์.....	25
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นโพลิเมทิลเมทาคริเลต.....	26
รูปที่ 4.5 แสดงภาพตัดขวางของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนา 0.1 มม.(ก.),0.3 มม.(ข.),0.5 มม.(ค.) ที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 2000 เท่า.....	27
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความหนาแน่นตั้งของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน อะคริลิกเรซิน และเซลลูโลส	28
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า Young's Modulus ของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน อะคริลิกเรซินและเซลลูโลส.....	29
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด ของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน อะคริลิกเรซินและเซลลูโลส.....	30

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงร้อยละการส่องผ่านของแสงของเซลลูโลส คอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง และโพลีเมทิลเมทาครีเลตเรซิน.....34

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการปรับสภาพวัตถุพอลิเมอร์เซลลูโลสโดยวิธีการต่าง ๆ.....	6
ตารางที่ 3.1 วัสดุและสารเคมี.....	19
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของเซลลูโลส โพลีเมทาคริเลตและเซลลูโลสโปร่งแสง.....	31
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการสลายตัวทางความร้อนของเซลลูโลส อะคริลิครีซินและเซลลูโลสโปร่งแสง.....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันแผ่นโปร่งแสง ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่ทึบและไม่ใสจนเกินไป แสงแดดสามารถส่องผ่าน ลดการเปิดไฟ ช่วยเพิ่มการประหยัดพลังงาน และยังมีน้ำหนักที่เบา งานวิจัยนี้จึงสนใจการเตรียมแผ่นโปร่งแสงที่ทำจากใยธรรมชาติโดยเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสงจากเซลลูโลสไฮดรอกเจล เริ่มจากการสกัดไมโครคริสตัลเซลลูโลสจากกระดาษทิชชู (paper towel) ได้เป็นผงไมโครคริสตัลเซลลูโลสโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก จากนั้นนำผงไมโครคริสตัลเซลลูโลสมาทำการละลายด้วยระบบโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรียที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส ซึ่งตัวทำละลายนี้สามารถละลายเซลลูโลสที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยจะเกิดการบวมตัวของเซลลูโลส จากนั้นนำสารละลายเซลลูโลสไปขึ้นรูปในแม่แบบ แล้วทำการกำจัดตัวทำละลายโดยการแลกเปลี่ยนตัวทำละลายด้วยน้ำ สุดท้ายนำมาจุ่มอัดด้วยอะคริลิครีซินซึ่งเป็นสารที่ค่าดัชนีหักเหของแสงใกล้เคียงกับเซลลูโลส เมื่อเข้าไปอยู่ในช่องว่างของเซลลูโลส แสงส่องผ่านเป็นเส้นตรงได้ ไม่หักเหและผลที่ได้คือแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงเพื่อนำไปศึกษา สันฐานวิทยา สมบัติเชิงกล สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน สมบัติสลายตัวทางความร้อน และสมบัติทางแสง

จากที่กล่าวมาในข้างต้น ขอบเขตของงานวิจัยนี้คือการเตรียมแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้คือกระดาษทิชชูนำมาละลายกรดไฮโดรคลอริกเพื่อตัดสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลส จากนั้นมาละลายในตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรีย แล้วเทสารละลายลงในแม่แบบ ทำการแลกเปลี่ยนตัวทำละลายด้วยน้ำ สุดท้ายนำมาจุ่มอัดด้วยอะคริลิครีซินแล้วนำไปวิเคราะห์ทดสอบสมบัติต่อไป เพื่อปูทางไปสู่การใช้งานได้จริงของแผ่นโปร่งแสง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เตรียมแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงจากกระดาษทิชชู
2. ศึกษาสมบัติในด้านต่างๆ ของแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสง เช่น สันฐานวิทยา สมบัติเชิงกล สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน สมบัติสลายตัวทางความร้อน และสมบัติทางแสง

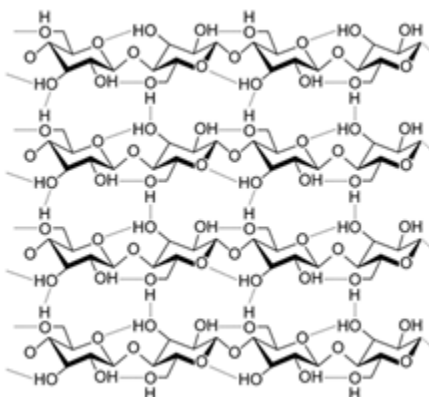
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลลูโลส

2.1.1 ความหมายของเซลลูโลส[1]

เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบมากในพืช ผักใบเขียว ธัญพืชต่างๆ และผลไม้แทบทุกชนิดโดยเฉพาะที่ผนังเซลล์ของพืช เช่น ส่วนใบ เปลือกใบ และเส้นใยที่ปนในเนื้อผลไม้ เป็นต้น จัดเป็นวัตถุดิบที่สามารถทดแทนขึ้นมาใหม่ได้ เซลลูโลสเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำยากหรือไม่ละลายน้ำเลย โครงสร้างประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (Glucose) เป็นจำนวน 1,000 โมเลกุล ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) เป็นหมู่หลักมาเรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) ที่ตำแหน่งเบต้า-1,4 (β (1-4glycosidic bond)) ได้เป็นสายยาวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสกว่า 1,000 - 10,000 โมเลกุล ที่มีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบดังภาพที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลกลูโคสในเซลลูโลส

ที่มา : http://herbalssak.blogspot.com/2011/12/blog-post_1447.html

2.1.2 กระดาษทิชชู[2]

ทิชชูหรือกระดาษทิชชูเป็นกระดาษประเภทหนึ่งที่เกิดจากเยื่อกระดาษ โดยทั่วไปกระดาษทิชชูแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทตามประโยชน์ใช้สอยเช่น กระดาษชำระอเนกประสงค์ (paper towels) เป็นกระดาษทิช

ซูสำหรับใช้ในงานบ้านทั่วไปทดแทนผ้าเช็ดพื้น หรือผ้าเช็ดโต๊ะ ในประเทศไทยกระดาษชำระอเนกประสงค์ไม่เป็นที่นิยมและไม่เป็นที่รู้จักกันมากนัก โดยทั่วไปจำหน่ายออกมาในรูปแบบม้วนแต่มีความกว้างของแผ่นประมาณ 9 - 10 นิ้วและเนื้อกระดาษมีความเหนียวเพื่อใช้ทำความสะอาด และการใช้งานทั่วไป

2.1.2.1 ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกระดาษชำระได้แก่เยื่อกระดาษ ซึ่งได้แก่

เยื่อกระดาษบริสุทธิ์ ได้แก่ เยื่อกระดาษที่ได้จากกระบวนการคัดแยกเยื่อจากต้นไม้

เยื่อเวียนใหม่ ได้แก่ เยื่อกระดาษซึ่งผลิตจากกระดาษที่นำกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านกรรมวิธีในการจัดแยกเยื่อกระดาษจากสิ่งปฏิกูล และหมักพิมพ์และผ่านกระบวนการฟอกสีเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษสีขาว สำหรับเป็นวัตถุดิบการผลิตต่อไปโดยเยื่อกระดาษที่นำมาใช้ผลิตกระดาษชำระกระดาษเช็ดหน้า ได้แก่ส่วนผสมของเซลลูโลสเวดดิ้งโดยแหล่งนำเข้าเยื่อกระดาษเซลลูโลสเวดดิ้งสำคัญของไทย คือ สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา

และเยอรมนี แม้กระดาษชำระจะสามารถผลิตได้จากทั้งเยื่อกระดาษบริสุทธิ์และเยื่อเวียนใหม่ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วกระดาษชำระจะผลิตมาจากเยื่อกระดาษบริสุทธิ์

2.1.2.2 กระบวนการผลิตกระดาษ

มีขั้นตอนดังนี้

1. นำเยื่อกระดาษที่ได้คุณภาพตามต้องการในที่นี้อาจใช้เยื่อกระดาษบริสุทธิ์ เยื่อเวียนใหม่ หรือใช้ผสมผสานกันตามคุณภาพของกระดาษชำระที่ต้องการ
2. นำเยื่อกระดาษที่ได้ มาตีผสมกับน้ำโดยมีสัดส่วนน้ำร้อยละ 95 เยื่อกระดาษร้อยละ 5
3. นำน้ำผสมเยื่อกระดาษมารีดอบเป็นแผ่นกระดาษโดยผ่านเครื่องอบที่มีระดับความร้อนสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส และความดัน 5 กก./ตร.ซม. ในขั้นตอนนี้เทคโนโลยีการอบเป็นตัวช่วยทำให้กระดาษชำระมีความอ่อนนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง
4. นำกระดาษที่ผ่านการรีดอบมาผ่านกระบวนการทำให้เย็น เป็นลอนหรือเป็นจีบ ทำลายดุน และปรูรู
5. นำกระดาษชำระที่ได้ เข้าสู่กระบวนการม้วน เป็นม้วนกระดาษชำระแล้วบรรจุลงหีบเพื่อจัดจำหน่ายแก่ผู้บริโภค

กระบวนการผลิตเยื่อเวียนใหม่ มีขั้นตอนดังนี้

1. การรวบรวมวัตถุดิบที่เป็นเศษกระดาษ
2. นำมาตีให้เกิดเป็นเยื่อกระดาษที่ได้มาตรฐาน ณ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสและความดัน 2 กก./ตร.ซม.
3. กำจัดสารเคมีและสิ่งปลอมปนโดยเครื่องคัดแยกและฟอกสี
4. นำเยื่อกระดาษที่ผ่านการคัดแยกแล้วผ่านกระบวนการทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้มาตรฐาน

2.1.3 สมบัติของเซลลูโลส

โครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลสประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึกและอสัณฐาน อีกทั้งยังมีพันธะที่แข็งแรงอย่างพันธะไฮโดรเจนทำให้เส้นใยไม่ละลายน้ำ แต่จะสามารถดูดซับน้ำไว้ในส่วนที่เป็นอสัณฐานทำให้เส้นใยเกิดการบวมตัว ความสามารถในการบวมตัวของเซลลูโลสในสารละลายจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของตัวทำละลาย โดยเซลลูโลสจะบวมตัวในสารละลายที่มีขั้วมากกว่าสารละลายที่ไม่มีขั้ว โดยเซลลูโลสไม่สามารถละลายในน้ำ ต่างอ่อนหรือกรดอ่อนได้ แต่จะสามารถละลายได้ในกรดแก่และต่างแก่

2.1.3.1 การละลายของเซลลูโลส

เซลลูโลสมีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำ ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ และไม่ละลายในต่างอ่อน แต่จะละลายในกรดแก่และต่างแก่ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งชนิดของเซลลูโลส ตามลักษณะการละลายในกรดหรือต่างได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

1. แอลฟาเซลลูโลส (α -cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ไม่สามารถละลายในสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ที่ 17.5%
2. เบต้าเซลลูโลส (β -cellulose) เป็นเซลลูโลสที่สามารถละลายในสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5%
3. แกมมาเซลลูโลส (γ -cellulose) เป็นเซลลูโลสที่สามารถละลายได้ดีทั้งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 17.5% และสารละลายกรดเจือจาง

2.2 สารละลายเซลลูโลส

2.2.1 การปรับสภาพวัตถุดิบ (pretreatment)

สำหรับผนังเซลล์พืช (Plant cell wall structure) จะประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ 3 ชนิด เรียกว่า ลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulose) คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยปริมาณเซลลูโลสในพืช จะขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของพืช สายพันธุ์ของพืช และยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืชอีกด้วย โดยลิกนินซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในผนังเซลล์ของพืช จะทำหน้าที่ในการห่อหุ้มเส้นใยของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสเข้าด้วยกัน ซึ่งลิกนินมีความสามารถในการทนต่อการละลายมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับสภาพวัตถุดิบเหล่านี้ก่อนที่จะทำการละลายเซลลูโลส ซึ่งวัตถุประสงค์ของการปรับสภาพวัตถุดิบ (pretreatment) คือกำจัดลิกนินที่ทำหน้าที่เสมือนผนังที่คอยป้องกันไม่ให้ตัวทำละลายเข้าไปละลายเซลลูโลส อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มขนาดของรูพรุนของตัววัตถุดิบและลดการเกิดผลึกของเซลลูโลส (cellulose crystallinity) อีกด้วยทำให้ตัวทำละลายสามารถเข้าถึงเซลลูโลสได้ง่ายขึ้น และยังช่วยลดระยะเวลาในการละลายเซลลูโลส เนื่องจากหากไม่มีการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนจะทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการละลายเซลลูโลสนาน และการละลายเซลลูโลสอาจเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์

กระบวนการปรับสภาพวัตถุดิบสามารถแบ่งออก เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

การปรับสภาพทางกายภาพ การปรับสภาพทางเคมี และการปรับสภาพทางชีวภาพ

1. การปรับสภาพทางกายภาพ (physical pretreatment)

การใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรในการหั่น สับ และบด (mechanical comminution) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและลดขนาดอนุภาคของลิกโนเซลลูโลส นอกจากนี้ยังเป็นการลดผลึกของเซลลูโลสด้วย

2. การปรับสภาพทางกายภาพร่วมกับเคมี

- การระเบิดด้วยไอน้ำ
- การระเบิดด้วยแอมโมเนีย

3. การปรับสภาพทางเคมี

- การปรับสภาพด้วยไฮโดรเจน

- การปรับสภาพด้วยกรด (acid hydrolysis) กรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดซัลฟูริก และกรดไฮโดรคลอริก
- การปรับสภาพด้วยด่าง (alkaline hydrolysis) โซเดียมไฮดรอกไซด์และปูนขาว
- การกำจัดลิกนินโดยการออกซิเดชัน (oxidative delignification) การปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

4. การปรับสภาพทางชีวภาพ

เป็นการใช้จุลชีพในการย่อยสลายลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส เช่น brown- fungi, white- fungi, และ soft-rot fungi

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการปรับสภาพวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลสโดยวิธีการต่าง ๆ

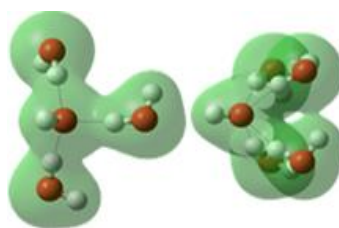
วิธีการปรับสภาพ	ข้อดี	ข้อจำกัด
ทางกายภาพ	เป็นการปรับสภาพเบื้องต้นโดยการลดขนาด วัตถุดิบ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบ	ต้องใช้ร่วมกับกระบวนการปรับสภาพอื่น ๆ
การระเบิดด้วยไอน้ำ	ใช้พลังงานต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกรด ด้วยเครื่องจักรอย่างเดียวน มีความคุ้มค่าเมื่อใช้ในการปรับสภาพไม้เนื้อแข็งและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	มีประสิทธิผลน้อยเมื่อใช้กับไม้เนื้ออ่อน ทำลายส่วนประกอบของไซแลน (xylan) และก่อให้เกิดสารองค์ประกอบที่อาจไปขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการต่อไป

วิธีปรับสภาพ	ข้อดี	ข้อเสีย
การระเบิดด้วย แอมโมเนีย	ช่วยเพิ่มอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล	มีประสิทธิภาพน้อยเมื่อใช้ในการปรับสภาพชีวมวลที่มีองค์ประกอบของลิกนินสูง เช่น หนังสือพิมพ์ เศษไม้ และมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการระเบิดด้วยไอน้ำ
การปรับสภาพด้วย โอโซน	มีประสิทธิภาพในการกำจัดลิกนิน ไม่ผลิตสารตกค้างที่เป็นพิษต่อกระบวนการต่อไป และปฏิกิริยาสามารถดำเนินได้ภายใต้ สภาวะอุณหภูมิและความดันห้อง	ต้องใช้โอโซนปริมาณมากในกระบวนการปรับสภาพทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง
การปรับสภาพด้วย ค่าง	เป็นกระบวนการที่ง่ายและไม่ต้องใช้ พลังงานมากเมื่อเทียบกับการปรับสภาพด้วยกรด และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายชีวมวล	จำเป็นต้องทำการปรับ pH ให้เป็นกลางก่อนหลังจากทำการปรับสภาพเพื่อไม่ให้ขัดขวางการทำงานของกระบวนการในขั้นต่อไป
การออกซิเดชัน	สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย ด้วยเอนไซม์ในขั้นต่อไปได้ และปฏิกิริยาสามารถดำเนินได้ภายใต้ สภาวะอุณหภูมิ และความดันห้อง	สารเคมีที่ใช้มีราคาสูง เช่น H_2O_2
. ทางชีวภาพ	ใช้พลังงานน้อย ไม่ใช้สารเคมีในกระบวนการทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	อัตราการย่อยสลายที่เกิดขึ้นค่อนข้างต่ำทำให้ต้องใช้เวลานานในการย่อยสลายและใช้พื้นที่ในการผลิตมาก

2.2.2 กลไกการละลายเซลลูโลสในระบบ NaOH/Urea

OH^- ของ NaOH จะเกิดการไฮเดรตกับน้ำ ที่อุณหภูมิห้องน้ำจะทำมุม 120° กับ OH^- (1 ไฮเดรต = $\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$ 3 โมเลกุล) ทำให้ขนาดของโมเลกุลใหญ่จึงไม่สามารถแทรกเข้าไปในระหว่างสายโซ่ได้ แต่ที่อุณหภูมิต่ำมุมของน้ำจะแคบลงจนมีลักษณะคล้ายตัววี ทำให้ OH^- สามารถแทรกเข้าไปในระหว่างสายโซ่โมเลกุลของเซลลูโลสได้ และเกิดการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลสจึงไม่ละลายน้ำ แต่เกิดการบวมตัว จากนั้น urea hydrate (แตกตัวได้ไซยานิก แอซิดกับแอมโมเนีย) เข้าไปสร้างพันธะ carbamate กับเซลลูโลส urea ล้อมรอบเซลลูโลส ได้สารละลาย

Size of hydrated hydroxide ion
at room temp.



Size hydrated hydroxide ion
at low temp.

รูปที่ 2.2 กลไกการละลายของเซลลูโลส

ที่มา : <https://sites.google.com/site/chemitty31101/kharbohidert>

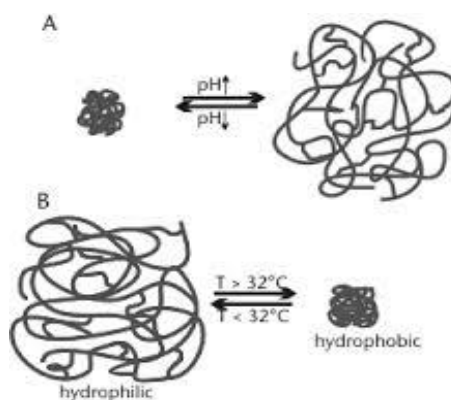
2.3 การเกิดเจล (Gelation)[3]

การเกิดเจล ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในกรณีที่ใช้สารตั้งต้นโมโนเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 2 มาทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห หรือมีการเชื่อมระหว่างโมเลกุล (cross-linking) ซึ่งถ้าหากการเชื่อมโยงโมเลกุลมีค่าสูงมากจนถึงจุดที่พอลิเมอร์ไม่สามารถไหลได้และละลายยาก จะเรียกจุดนั้นว่า จุดที่เกิดเจล (gel point) และเรียกการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวว่าการเกิดเจล (gelation) ซึ่งโดยนิยามแล้วอาจจะกล่าวได้ว่า gel point คือจุดที่พอลิเมอร์มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากจนเข้าใกล้ infinity ผลเสียของการเกิดเจลคือจะทำให้พอลิเมอร์ไม่สามารถนำไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ได้

2.4 ไฮโดรเจล (Hydrogels)[4]

2.4.1 ความหมายของไฮโดรเจล

ไฮโดรเจลเป็นกลุ่มของพอลิเมอร์ชนิดที่ชอบน้ำ (hydrophilie) มีลักษณะโครงสร้างตาข่ายหลายมิติ (three-dimensional network) โดยสายของพอลิเมอร์ของไฮโดรเจลจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะทางเคมี ซึ่งส่วนใหญ่การเชื่อมพันธะลักษณะนี้จะเชื่อมกันด้วยพันธะโควาเลนต์ (covalent) แต่ก็จะมีขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของเจลชนิดนั้นด้วย ปกติแล้วไฮโดรเจลจะดูดซับน้ำได้น้อยกว่า 20 % ของน้ำหนักรวม แต่ถ้าดูดซับน้ำได้มากกว่า 95 % ของน้ำหนักรวม จะเรียกไฮโดรเจลชนิดนี้ว่า ซุปเปอร์แอบซอร์เบนต์ (superabsorbent) ไฮโดรเจลจะมีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่ออยู่ในน้ำปริมาณที่มากพอจะมีการพองตัว โดยการดูดซับน้ำเข้าไปในโครงสร้างตาข่าย แต่ถ้ามีการระเหยน้ำออกจนได้ไฮโดรเจลที่มีลักษณะแห้งจะเรียกว่า ซีโรเจล (xerogel) หรือ dry gel ซึ่งในกระบวนการการระเหยน้ำออกโดยไม่มีการดูด รบกวนต่อโครงสร้างของเจลจะได้เจลที่มีลักษณะรูพรุนจะเรียกไฮโดรเจลที่มีลักษณะแห้งนี้ว่า แอร์โรเจล (aerogel) หรือ สปอนจ์ (sponge) ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลคือการเปลี่ยนแปลงต่อปริมาณการ ดูดซับน้ำของไฮโดรเจล เช่น pH, อุณหภูมิ, ionic strength, electric field solvent, pressure, salt type โดยปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเจลจะเรียกว่า volume collapse หรือ volume phase transition แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผลของสภาวะแวดล้อมต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของไฮโดรเจล

ที่มา : file:///C:/Users/win8.1/Downloads/Fulltext%231_246378.pdf

2.4.2 วิธีการสังเคราะห์ไฮโดรเจล

ได้แก่ การเชื่อมขวางทางกายภาพ (Physical crosslink) การเชื่อมขวางทางเคมี (Chemical crosslink) การสังเคราะห์ โคพอลิเมอร์ (Copolymer) และ การฉายรังสีผ่านสารละลายพอลิเมอร์ เพื่อกระตุ้นให้สายโซ่เกิดการเชื่อมขวางกันเป็นโครงร่างตาข่าย ส่วนวัสดุ ที่ใช้ในการสังเคราะห์ ไฮโดรเจลอาจเป็นพอลิเมอร์ สังเคราะห์ (Synthetic Polymer) จากปิโตรเคมี เช่น พอลิอะคริลาไมด์ (Polyacrilamide) พอลิเมทาคริลิกแอซิด (Polymethacrylic acid) พอลิเอทิลีนออกไซด์ (Polyethylene oxide) เป็นต้น หรือสังเคราะห์ จากพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural polymer) เช่น เซลลูโลส แป้ง ไคโตซาน โปรตีน เป็นต้น ซึ่งไฮโดรเจลที่สังเคราะห์จากพอลิเมอร์ ธรรมชาติจะมีข้อดีคือ สามารถย่อย สลายได้ตามธรรมชาติและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.4.3 สมบัติของไฮโดรเจล(Properties of hydrogels)

- การบวมน้ำ (Swelling)

การบวมน้ำของไฮโดรเจลในสารละลายเป็นคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งที่ส่งผลให้ไฮโดรเจลถูกนำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์เพื่อใช้เป็นเจลสมานบาดแผลและเพื่อรักษาความชุ่มชื้นของแผล และช่วยในการดูดซับส่วนของเลือดและน้ำหนองอันเกิดจากแผลด้วย โดยทั่วไปคุณสมบัติของการบวมจะสามารถวัดได้จากความจุ (capacity) ของการดูดซับน้ำหรือสารละลาย วิธีที่ใช้ในการหาน้ำหนักของไฮโดรเจลคือการนำไฮโดรเจลแห้งมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำเจลที่ชั่งแล้วไปแช่ในน้ำกลั่นตามสภาวะแวดล้อมที่กำหนดและชั่งน้ำหนักของเจลหลังบวมน้ำนี้ มาคำนวณค่า Equilibrium fluid content (%) ตามสมการที่ 2.1 คือ

$$\text{Equilibrium fluid content (\%)} = \frac{W_d - W_s}{W_d} \times 100$$

โดยค่า W_s และค่า W_d คือค่าน้ำหนักของเจลหลังการบวมน้ำ และน้ำหนักแห้งของเจลตามลำดับ

- ความหนาแน่นของพันธะร่างแห (cross-linking density)

ความหนาแน่นของพันธะร่างแหของไฮโดรเจลจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่นๆ เช่น การบวมน้ำของไฮโดรเจล โดยความหนาแน่นของพันธะร่างแหนี้จะมีคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ความแข็งแรงของโครงสร้างและการให้อากาศ

และของเหลวซึมผ่านได้ ซึ่งความแข็งแรงของโครงสร้างไฮโดรเจลจะมีพื้นฐานที่สำคัญมาจากองค์ประกอบและโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่จะนำมาเตรียมไฮโดรเจลทำให้เกิดโครงสร้างที่มีลักษณะตาข่าย (network) ทำให้เจลสามารถดูดซับน้ำได้ในปริมาณที่มาก แต่ถ้าความหนาแน่นของพันธะร่างแหน้อย สามารถปรับปรุงโดยการเพิ่มความหนาแน่นของพันธะเช่น การเติมพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งด้วยการทำให้เกิด copolymerization

- การย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation)

ไฮโดรเจลสามารถย่อยสลายตัวมันเองได้อย่างช้าๆ และสลายตัวได้ในร่างกาย ทำให้มีการนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านระบบนำส่งยา (drug delivery) โดยมีการพัฒนาไกล่อยสลายนี้ เพื่อควบคุมการปลดปล่อยยา (drug release) และใช้ทางด้าน tissue-engineering ซึ่งการย่อยสลายนี้ สามารถย่อยสลายด้วยการ hydrolysis อย่างง่ายหรือการใช้ enzyme เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการ hydrolysis พอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เช่น สารจำพวกพอลิแซคคาไรด์ไคโตซาน อัลจินตหรือ Poly(lactic acid), Poly(glycolic acid) เป็นต้น

- ความยืดหยุ่น (Elasticity)

ในขณะที่การยืดหยุ่นของวัสดุจะมีปัญหาคือ กลไกของแรงดึงซึ่งอาจจะทำให้เจลเปลี่ยนรูป

หรือขยายตัวมากเกินไป โดยพื้นฐานส่วนใหญ่แล้วค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุจะเป็นอัตราส่วนต่อแรงกด

ซึ่งจะได้ผลต่อการขยายตัวของเจล ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการยืดหยุ่นนั้นจะอ้างถึงการกลับคืนตัว

ของเจล หรือกล่าวคือเมื่อมีการดึงแล้วเจลที่ได้สามารถกลับคืนตัวได้ ซึ่งการบวมตัวของไฮโดรเจลจะมีความสำคัญต่อความยืดหยุ่นของเจลและจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลด้วย

2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์[5]

สูตรทางเคมีคือ NaOH มีสถานะเป็นของแข็งสีขาวหรืออาจอยู่ในรูปของเหลวที่เป็นสารละลาย

ลักษณะเฉพาะของโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. เป็นก้อนผลึกหรือผงสีขาว
2. ละลายน้ำได้ต่างแก้ว

3. มวลอะตอมเท่ากับ 39.9971 กรัม/โมล
4. ความหนาแน่น 2.1 กรัม/ลบ.ซม.
5. จุดหลอมเหลวที่ 318 องศาเซลเซียส
6. จุดเดือดที่ 1390 องศาเซลเซียส
7. ความสามารถในการละลายน้ำ 111 กรัม/100 มล. ที่ 20 องศาเซลเซียส

การผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. การผลิตจากสารละลาย NaCl หรือเกลือแกงด้วยหลักการอิเล็กโทรไลซิสของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ได้แก่ เมมเบรนเซลล์ (Membrane cell) และไดอะแฟรม เซลล์ (Diaphragm cell) โดยการนำเกลือมาแยกด้วยกระแสไฟฟ้า กระแสตรงทำให้เกิดก๊าซคลอรีน และโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นโซเดียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับน้ำในเซลล์จนเกิดโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคลอรีน
2. การผลิตจากปูนขาวด้วยการละลายโซดา (NaCO_3) ในน้ำปูนขาว (Ca(OH)_2) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้ได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะระเหยตัวออก และไหลเข้าสู่ท่อเหล็กเย็นเพื่อกลั่น ซึ่งจะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 92%
3. การผลิตจากสารประกอบเฟอร์ไรต์สารประกอบเฟอร์ไรต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ NaO.FeO_3 จากการเตรียมด้วยสารประกอบเฟอร์ไรต์กับผงโซดาที่อุณหภูมิ 1100 ถึง 1200 องศาเซลเซียส และเข้าสู่กระบวนการชะด้วยน้ำจนได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และตะกอนสารประกอบเฟอร์ไรต์

2.6 ยูเรีย [6]

สูตรทางเคมีคือ $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว กลิ่นฉุน

ลักษณะเฉพาะของยูเรีย

- 1.จุดเดือด 202 °C
- 2.จุดหลอมเหลว : -14.7 °C

3. ปริมาตรเชิงโมล: 60.06 ก./โมล

4. ความหนาแน่น: 1.32 ก./ลบ.ซม.

ประโยชน์ : ใช้ทำปุ๋ยสารนี้สามารถละลายในเอทานอล และเมทานอลและละลายน้ำได้

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยาเคมี :

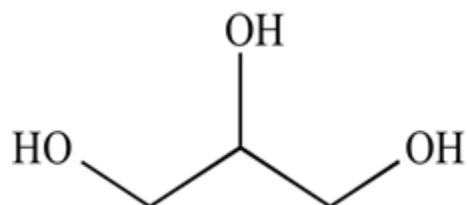
- ความคงตัวทางเคมี : สารนี้มีความเสถียร

- สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์

- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และไนโตรเจนออกไซด์

2.7 กลีเซอรอล (glycerol)[7]

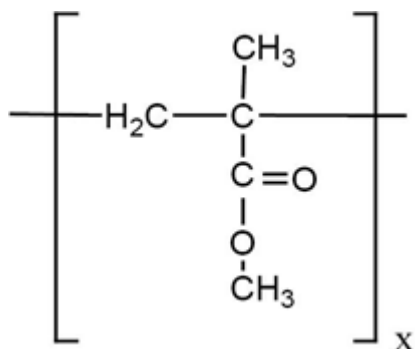
อาจเรียกว่า กลีเซอริน (glycerine หรือ glycerin) มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิออล (polyol) เป็นสารที่เป็นของเหลวใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสหวานเล็กน้อย โมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ จึงทำให้ละลายในน้ำได้ดี มีสมบัติในการดูดจับน้ำได้ดี (hygroscopic) กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบหลักในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งได้จากการรวมตัวของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน (fatty acid) 3 โมเลกุล



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของกลีเซอรอล

2.8 พอลิเมทิลเมทาคริเลท(Polymethyl methacrylate)[8]

พอลิเมทิลเมทาคริเลท เป็นพลาสติกโปร่งใสไม่มีสี มีอุณหภูมิคล้ายแก้วสูง ทนต่อแรงอัดและสภาวะแวดล้อมได้ดี พอลิเมทาคริเลทจึงมีประโยชน์มากต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาคริเลท

พอลิเมทิลเมทาคริเลทสามารถเตรียมได้ด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์ แบบสารละลาย แบบแขวนลอย และแบบอิมัลชัน พอลิเมทิลเมทาคริเลทที่เตรียมด้วยกระบวนการโกลไพร์เรดิคัลทั่วไปมีสูตรโครงสร้างเป็นเส้นตรง และอสัณฐาน มีอุณหภูมิคล้ายแก้ว (Tg) 105 องศาเซลเซียส และจุดหลอมตัวสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส สมบัติพิเศษประการหนึ่งของพอลิเมอร์นี้คือ ไม่มีสีและใสเหมือนแก้ว นอกจากนี้ยังแข็งแรงกว่าและทนทานต่อ สภาวะแวดล้อมได้ดีกว่าพลาสติกบางชนิดที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน เช่น พอลิสไตรีน แต่สามารถทนการสึกหรอได้น้อยกว่า พอลิเมทิลเมทาคริเลทสามารถทนต่อน้ำและสารละลายอินทรีย์ทั่วไปได้เป็นอย่างดี รวมทั้งกรดอ่อน เบสอ่อน จากสมบัติความโปร่งแสง และการนำไปย้อมสีได้ง่ายของพอลิเมทิลเมทาคริเลทจึงมีการนำไปใช้งานที่เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ

2.9 วัตถุโปร่งแสง[9]

วัตถุโปร่งแสง คือวัตถุที่แสงสามารถผ่านได้อย่างไม่เป็นระเบียบ เมื่อเรามองผ่านวัตถุโปร่งแสงจึงทำให้เห็นวัตถุอีกด้านหนึ่งไม่ชัดเจน เช่นกระจกฝ้า กระจกซุบน้ำมัน กระจกไขกรือกระจกดอกกลาย และหมอก เป็นต้น

2.10 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ Yoko Okahisa และคณะ [10] ได้ทำการศึกษาการผลิตเซลลูโลสโปร่งแสงจากไม้เสริมแรงด้วยเรซินเมทริกซ์ เพื่อเป็นพื้นผิวสำหรับการแสดงไดโอดเปล่งแสงอินทรีย์ที่มีความยืดหยุ่น โดยในการผลิตเซลลูโลสจะใช้วิธีนำผงไม้มาละลายในเอทานอลและโทลูอีน จากนั้นนำมาละลายต่อในสารละลายไซเตียมคลอไรด์ ตัวอย่างที่ได้นำไปทดสอบการทดสอบแรงดึงทดสอบโมดูลัสของแรงดึงได้รับการประเมินโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (universal materials testing 3365 Instron Corp.) สำหรับตัวอย่างที่มีความยาว 20 mm. และ 3 mm. กว้าง ที่ crosshead speed of 1 mm/min และ gage length of 10 mm. ได้ค่ามอดูลัส (Young's modulus) และความต้านทานแรงดึง (tensile strenght) ของเรซินทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยการเสริมด้วยเส้นใยนาโนเซลลูโลส นอกจากนี้ผลที่ได้จาก TCDDMA แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าวัสดุเรซินเปราะ กลายเป็นอ่อนนิ่มดัดง่าย โดยการเสริมแรงกับเซลลูโลสนาโนจากไม้ เผยให้เห็นว่ากึ่งก้านของเซลลูโลสสามารถยับยั้งการขยายตัวของรอยแตกในเรซินเมทริกซ์ ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อน (CTE) ถูกวัดด้วยการวิเคราะห์ความร้อนเชิงกล ตัวอย่างมีขนาดยาว 25 mm. และกว้าง 3 mm. ระยะ 20 mm. การวัดได้ดำเนินการระหว่างการยืดตัว (elongation) ด้วยอัตราการให้ความร้อน 5°C ในบรรยากาศไนโตรเจน พบว่าตัวอย่างมีค่ามอดูลัสของเรซินเมทริกซ์อยู่ในระดับต่ำ ควรใช้ CTE ที่ต่ำกว่าปกติประมาณ 20 ppm/K ของพื้นผิว เพื่อให้สอดคล้องกับการขยายตัวทางความร้อน (thermal expansiom) ของพื้นผิวกับชั้น OLED ในการทดลองประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงอินทรีย์ในนาโนคอมโพสิตเซลลูโลสเซลลูโลสที่มีความยืดหยุ่นต่ำและ CTE ต่ำ

จากการศึกษาของ Yaddanapudi และคณะ [11] ต้องการจะลดการใช้กระแสไฟฟ้าในอาคาร โดย จะหันมาใช้พลังงานจากธรรมชาติมากขึ้น เพื่อต้องการให้ได้โครงสร้างอาคารที่มีความโปร่งแสง โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาไม้โปร่งแสงจากไม้ Beech wood โดยกำจัดลิกนินออกให้ไม่มีลิกนินเหลืออยู่และจุ่มลงใน PMMA และส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ทำ FTIR และทำการทดสอบสมบัติได้แก่ การวัดความสามารถในการส่องผ่านของแสงที่มีความยาวคลื่น 500 nm. พบว่า การส่องผ่านของแสงในไม้ Beech wood เกือบ 0% เนื่องมาจากแสงถูกลิกนินดูดกลืน และในไม้โปร่งแสง แสงสามารถส่องผ่านได้ 70% และ 15% ที่ความหนา 0.1 mm. และ 0.7 mm. ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า การที่ขึ้นตัวอย่างมีความหนามากขึ้น ทำให้แสงส่องผ่านได้น้อย จากนั้นทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยการทดสอบแรงดึง ระหว่างไม้ Beech wood ที่ผ่านการกำจัดลิกนิน (delignified wood) และ transparent wood พบว่า delignified wood มีค่า elastic modulus 2.1

GPa ขณะที่ transparent wood มีค่า elastic modulus 2.5 GPa ซึ่งสาเหตุที่ค่า elastic modulus ของ delignified wood ต่ำเนื่องจากขาดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงเชื่อมระหว่างผนังเซลล์

จากการศึกษาของ Jyoti sankar Borah และคณะ [12] ได้ทำการสังเคราะห์นาโนคอมโพสิตที่มีความสามารถในการพับและโปร่งใส จากเซลลูโลสกับ poly (styrene-co-butyl acrylate) โดยจะสังเคราะห์เจลเซลลูโลสนาโน โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) / ยูเรีย จะได้เซลลูโลสที่มีลักษณะเป็นไฮโดรเจล มีความหนา 1 mm. ถูกทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีความหนา 0.1 mm. จากนั้นนำไปทำวัสดุนาโนคอมโพสิตโดยใช้ฟิล์ม ที่มีความหนาต่างกัน (1, 3 และ 5 mm.) ถูกบีบอัดภายใต้ 0.2 MPa ที่ 60°C ถึง 0.9 mm. นำมาล้างด้วยสารละลายอะซิโตน แล้วนำมาจุ่มโมโนเมอร์ผสมระหว่างสไตรีนและบิวทิล อะคริเลท ที่มี 1% (w / v) งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบด้านต่างๆ เช่น การตรวจสอบทางด้านสัณฐานวิทยาโดยใช้เครื่อง scanning electron microscope (SEM) พบว่านาโนคอมโพสิตมีความโปร่งใสสูงถึง 82% พบว่าเซลลูโลสนาโนเจลเมื่อกำจัดน้ำออกจากรูพรุน แล้วนำพอลิเมอร์แทรกเข้าสู่โครงสร้างจะทำให้เกิดการโปร่งใส ยืดหยุ่น ทนความร้อน และเพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงดึง

จากการศึกษาของ Mingwei และคณะ [13] ในงานวิจัยนี้เราได้นำเสนอคอมโพสิตไม่โปร่งใสที่มีความโปร่งใสสูงผ่านการไหลของสารละลายอย่างรวดเร็วของลิกนินตามช่องทางที่มีความหนืดต่ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการเติมพอลิเมอร์ลงไปอย่างรวดเร็ว จากงานวิจัยเริ่มจากเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสงจากไม้ Bass wood เนื่องจากเนื้อไม้ประกอบด้วยลิกนิน 30% จะทำการกำจัดลิกนินและสิ่งสกปรกออกด้วย NaOH และ Na_2SO_3 เนื่องจากลิกนินจะเป็นตัวดูดซับแสงทำให้ไม่มีความทึบแสง จากนั้นจุ่มแผ่นไม้ลงใน Polyvinylpyrrolidone (PVP) พอลิเมอร์จะเข้าไปแทรกในรูพรุนเพื่อลดการกระเจิงแสง จากผลการทดลองดูโครงสร้างอสังฐานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณการส่องผ่านของแสงด้วยเครื่อง uv-vis spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400-600 nm. พบว่าไม่มีการส่องผ่านของแสงประมาณ 0 % เนื่องจากแสงถูกดูดซับด้วยลิกนินเมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลสโปร่งแสง ที่มีค่าการส่องผ่านของแสง 90%

จากการศึกษา Chunyu Chang และคณะ [14] ทำการศึกษาและสังเคราะห์เซลลูโลส โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรีย โดยนำผงเซลลูโลสมาใส่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ยูเรีย และน้ำ จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 10°C เป็นเวลา 12 ชม. จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น เพื่อกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์และยูเรียให้หมดไป จะได้

ผลิตภัณฑ์ลักษณะเป็นไฮโดรเจลไม่มีสี โปร่งใส จากนั้นนำไปตากแห้งหรือแห้งโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็ง เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆ แผ่นเซลลูโลสจะถูกตัดให้มีความหนา 1 cm. เพื่อตรวจสอบทางด้านสัณฐานวิทยาโดยการ ใช้เครื่อง scanning electron microscope (SEM) ในงานวิจัยนี้ไฮโดรเจลที่เตรียมได้แสดงโครงสร้าง macroporous และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการทำให้ไฮโดรเจลแห้งโดยการตากแห้ง พบว่าค่าความโปร่งใส และอัตราการบวมตัวของไฮโดรเจลลดลง แต่วิธีการทำให้ไฮโดรเจลแห้งโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็ง การบวมตัวของไฮโดรเจลเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงเชิงกลลดน้อยลง ความแตกต่างนี้เกิดจากการเชื่อมโยงทางกายภาพของโมเลกุลเซลลูโลสด้วยการให้ความร้อนและการแช่แข็ง

จากการศึกษา Yuanyuan Li และ คณะ[15]ได้ทำการศึกษาการเตรียมไม้โปร่งใสโดยปรับพื้นผิวของแผ่นไม้ด้วยกระบวนการAcetylation ก่อนที่จะเติมพอลิเมทิลเมทาคริเลต การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อให้แผ่นไม้เข้ากันได้กับพอลิเมอร์และลดช่องว่างระหว่างอินเตอร์เฟส แผ่นไม้ที่เติมด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลตสามารถส่องผ่านแสงได้ดี เนื่องจากค่าดัชนีหักเหของพอลิเมทิลเมทาคริเลต เท่ากับ 1.49 และค่าดัชนีหักเหของเซลลูโลส เท่ากับ 1.53 จึงเห็นว่าค่าดัชนีทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำแผ่นไม้ที่ปรับสภาพพื้นผิวและเติมเมทิลเมทาคริเลต ไปทดสอบการส่องผ่านของแสงพบว่า แผ่นไม้ที่มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร สามารถส่องผ่านแสงได้ 92 % จะมีค่าสูงกว่าแผ่นไม้ที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวแล้วเติมเมทิลเมทาคริเลตที่ความหนาเท่ากัน จะสามารถส่องผ่านแสงได้ลดลงเหลือเพียง 89 % และเมื่อนำแผ่นไม้ที่ปรับสภาพพื้นผิวและเติมเมทิลเมทาคริเลต ที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร สามารถส่องผ่านแสงได้ 89% และเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นไม้ที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวแล้วเติมเมทิลเมทาคริเลตที่ความหนาเท่ากัน จะสามารถส่องผ่านแสงได้เพียง 60 % ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมทิลเมทาคริเลตไม่สามารถเข้ากันได้ระหว่างผนังเซลล์ของไม้ที่ไม่ผ่านการปรับพื้นผิว จึงสามารถส่องผ่านแสงได้น้อย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินการทดลอง

- 3.1.1 ศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีงานวิจัย รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 3.1.2 วางแผนการทำงานวิจัย กำหนดขั้นตอนและวิธีทำการทดลอง
- 3.1.3 จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี
- 3.1.4 ศึกษาและอบรมวิธีการใช้เครื่องมือทดสอบ
- 3.1.5 ย่อยเซลล์โลสให้มีขนาดอนุภาคเล็กลง
- 3.1.6 เตรียมสารละลายเซลล์โลส
- 3.1.7 สังเคราะห์โพลีเมทิลเมทาไครเลตอิมัลชัน
- 3.1.8 การเตรียมแผ่นเซลล์โลสโปร่งแสง
- 3.1.9 วิเคราะห์สัณฐานวิทยา
- 3.1.10 ทดสอบสมบัติเชิงกล (ความทนต่อแรงดึง, มอดูลัสของยัง, ความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด)
- 3.1.11 ทดสอบสมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน
- 3.1.12 ทดสอบสมบัติการสลายตัวเมื่อได้รับความร้อน
- 3.1.13 ทดสอบสมบัติความสามารถในการส่องผ่านของแสง
- 3.1.14 วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์

3.2 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุและสารเคมีสรุปได้ในตารางที่ 3.1

วัสดุ/สารเคมี	เกรด/บริษัทที่ผลิต
กระดาษทิชชู	กระดาษทิชชูยี่ห้อ คลีนิกซ์
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	เกรดอุตสาหกรรม
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaCl) แบบเกล็ด	เกรดอุตสาหกรรม
Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)	เกรดอุตสาหกรรม ประเทศจีน
Polyvinyl alcohol (PVA) MW 125,000	เกรดอุตสาหกรรม บริษัท ชัยภูมิ บราเดอร์ส จำกัด
Potassium persulphate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) MW 27,033 g/mol	เกรด analytical บริษัท M&B
Methyl methacrylate 99.8%(MMA) $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$	เกรดอุตสาหกรรม บริษัท ไบรเท่นโพลีเทรตติ้ง จำกัด

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว (บีกเกอร์ขนาด1000 มิลลิลิตร แท่งแก้วคนสาร 8 นิ้ว จานเพาะเชื้อ 3.5 นิ้ว
- บีกเกอร์พลาสติกใหญ่
- เทอร์โมมิเตอร์
- กระดาษลิตมัสวัดค่า PH
- ถาดใหญ่
- เครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง MettlerToledo รุ่น AB204-S/FACT
- แม่แบบขึ้นรูปพลาสติก (ถาดพลาสติก 9x13 ตารางเซนติเมตร)
- เครื่องแช่เย็น (freezer)
- เครื่องวัดความหนาของฟิล์ม (thickness gage)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ย่อยเซลลูโลสให้มีขนาดอนุภาคเล็กลง

นำกระดาษทิชชูสีขาว มาแช่ด้วยสารละลายกรดไฮดรอกลอริก ปริมาตร 200 มิลลิลิตร น้ำกลั่นปริมาตร 800 มิลลิลิตร แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนวัดค่าพีเอชเท่ากับ 7 และนำไปตากให้แห้ง

3.4.2 เตรียมสารละลายเซลลูโลส

เตรียมสารละลายผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก และยูเรียความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม และ ยูเรีย 120 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 810 มิลลิลิตรลงไปในจานจนได้เป็นสารละลายใส แล้วสารละลายที่ได้ไปแช่ในตู้แช่จนได้อุณหภูมิ ของสารละลายเป็น -5 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อยๆเติมผงเซลลูโลส 43.75 กรัม ลงไปกระจายตัว กวนด้วยเครื่องกวนสาร ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วจากนั้นนำมาเทลงในแม่แบบ ที่ตั้งไว้จนสารละลายเป็นเจล ล้างด้วยน้ำกรองบริสุทธิ์ จนกระทั่ง ได้ค่าพีเอชเป็นกลางจะได้เซลลูโลสไมโครไฟบริลบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นวุ้นเจลสีขาวสะอาด

3.4.3 สังเคราะห์โพลีเมทิลเมทาไครเลตอิมัลชัน

ละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 0.1 กรัมในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น (20 กรัม/ลิตร) และทำการเติมเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ (MMA) 5 มิลลิลิตร ลงไปในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ให้เกิดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นทำการคนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา free radical polymerization จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโพลีเมทิลเมทาไครเลตอิมัลชันที่มีลักษณะเป็นน้ำนมออกมา

3.4.4 การเตรียมแผ่นเซลล์โลสโปร่งแสง

เตรียมสารละลายโพลีเมทิลเมทาไครเลตอิมัลชัน 100 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายกลีเซอรอล 99.5 % 2 มิลลิลิตร นำแผ่นเซลล์โลสเจลที่พีเอชเป็นกลาง มาแช่ในสารละลายผสมนี้ เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาตากแห้ง จะได้แผ่นเซลล์โลสโปร่งแสง นำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป

3.5 การทดสอบ

3.5.1 วิเคราะห์สัณฐานวิทยา

วิเคราะห์ด้านสัณฐานวิทยาของแผ่นเซลล์โลส แผ่นไฮโดรเจล และแผ่นโปร่งแสงที่เติมด้วยเรซิน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) โดยตัดชิ้นงานขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร และนำไปอบไล่ความชื้นก่อนนำชิ้นงานไปทดสอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานไปฉาบผิวด้วยทองคำ ด้วยเครื่อง Sputter-coater ก่อนจะทำการตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.5.2 ทดสอบสมบัติเชิงกล

ทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่การทดสอบความทนแรงดึง (Tensile strength) ยึงมอดูลัส (Young's modulus) และความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด (Elongation at break) ของชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine) ของบริษัท LLOYD รุ่น Tinius Olsen ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แสดงในรูปที่ 3.1 โดยขนาดชิ้นงานในการทดสอบมีความกว้าง 4 มิลลิเมตร ความยาว 20 มิลลิเมตร สภาวะที่ใช้ในการทดสอบคือ ใช้ load cell ขนาด 5,000 นิวตัน ใช้อัตราเร็วในการดึง 10 มิลลิเมตร ต่อนาที [10]



รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal testing machine) ของบริษัท LLOYD รุ่น Tinius Olsen

3.5.3 ทดสอบสมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

การวิเคราะห์วัสดุโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน ด้วยเครื่อง Thermomechanical Analysis (TMA) ของบริษัท METTLER TOLEDO ของภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แสดงในรูปที่ 3.2 สภาวะที่ใช้ทดสอบคืออุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายคือ 200 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 5 องศาเซลวิน/นาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน [10]



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน

3.5.4 ทดสอบการสลายตัวทางความร้อน

การวิเคราะห์การเสถียรสภาพทางความร้อนของวัตถุดิบและชิ้นงานคอมพอสิต โดยเครื่องวิเคราะห์น้ำหนักภายใต้ความร้อน (Thermogravimetric Analyzer, TGA) ของบริษัท Mettler Toledo รุ่น TGA/DSC 3 ของภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยสภาวะที่ใช้ในการทดสอบคืออุณหภูมิ เริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายคือ 700 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 10 องศาเซลวิน/นาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน



รูปที่ 3.3 Thermogravimetric Analyzer, TGA ของบริษัท Mettler Toledo รุ่น TGA/DSC 3

3.5.5 ทดสอบความสามารถในการส่องผ่านของแสง

วัดความสามารถในการส่องผ่านของแสงด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของบริษัท ยูเนียน ทีเอสแอล ของภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 UV-Vis Spectrophotometer ของบริษัท ยูเนียน ทีเอสแอล

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงจากเซลลูโลสไฮโดรเจล และทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านต่างๆของเซลลูโลสโปร่งแสง

4.1 ผลการย่อยเซลลูโลสด้วยกรดไฮดรอกลอริก

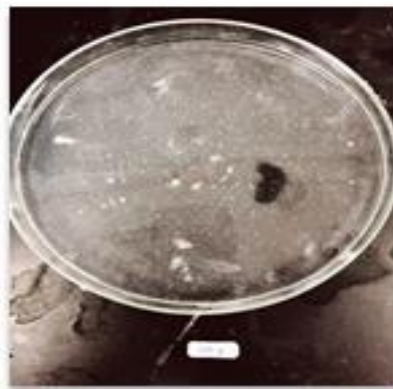
ลักษณะทางกายภาพของกระดาษทิชชูที่ผ่านขั้นตอนการย่อยด้วยกรดไฮดรอกลอริกและผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธีทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลักษณะมีความเป็นผงหยาบๆดังแสดงในภาพ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเซลลูโลสจากกระดาษทิชชู

4.2 ผลการเตรียมไฮโดรเจล

จากลักษณะทางกายภาพของเซลลูโลสไฮโดรเจล ที่เตรียมได้จากสารละลายเซลลูโลสมาเทในแม่พิมพ์ดังภาพ4.2 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้แข็งตัว และทำการแลกเปลี่ยนตัวทำละลายกับน้ำได้เป็นไฮโดรเจล



รูปที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของเซลลูโลสไฮโดรเจล

4.3 ผลการสังเคราะห์อะคริลิเกรซิน

ผลการสังเคราะห์อะคริลิเกรซินแบบ emulsion polymerization โดยใช้ polyvinyl alcohol ทำหน้าที่เป็น protective colloid เพื่อไม่ให้หยด MMA รวมตัวกันตัว ตัวเริ่มต้นเป็นชนิดละลายน้ำซึ่งในที่นี้เลือกใช้ potassium persulfate กลไกการเกิดปฏิกิริยาจะเป็นแบบ free radical polymerization โดยเริ่มต้นที่ผิวของหยด MMA โดยทำการสังเคราะห์เป็นเวลา 1 ชั่วโมงในขั้นตอน termination จะเกิดปฏิกิริยา chain transferring ที่สำคัญโดย PMMA macroradical จะเข้าไปตอกิ่งกับ PVA ที่ตำแหน่ง PVA-OH จึงส่งผลทำให้ได้ PMMA ในรูปของอิมัลชันแสดงดังรูปที่ 4. 3

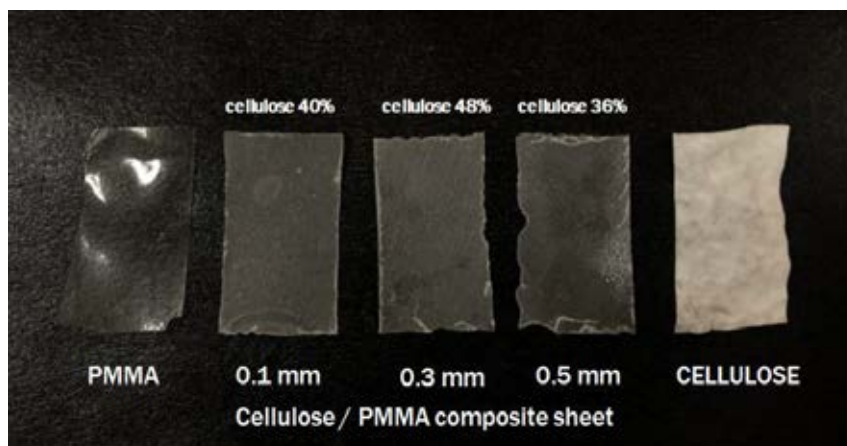


รูปที่ 4.3 แสดงอะคริลิเกรซินที่สังเคราะห์

4.4 ผลจากการเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสงจากเรซิน

4.4.1 ลักษณะทางกายภาพ

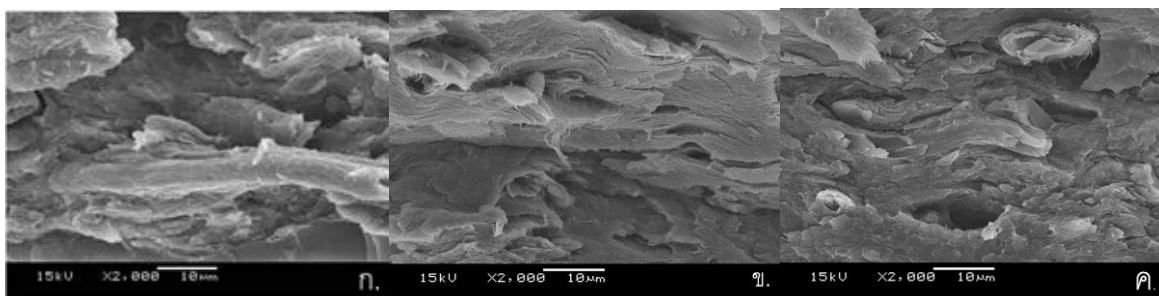
นำแผ่นไฮโดรเจลที่เตรียมจากสารละลายเซลลูโลสที่ความหนาต่างๆ มาเติมเรซิน 100 มิลลิลิตร แล้วทิ้งเป็นเวลา 4 วัน เพื่อให้เรซินเข้าไปอยู่ในรูพรุนอย่างสมบูรณ์ จะได้แผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงออกมา เราจะนำมาวัดความหนาด้วยเครื่องพิโคมิเตอร์จะได้ความหนาออกมา 0.1, 0.3, 0.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของแผ่นโพลีเมทิลเมทาไครเลต คอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนา 0.1, 0.3, 0.5 มิลลิเมตรตามลำดับ และเซลลูโลส กว้างขนาด 1 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร

4.4.2 สันฐานวิทยาของเซลลูโลสโปร่งแสง

การเตรียมแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงโดยเตรียมแผ่นไฮโดรเจลแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้ น้ำระเหยออกจนหมดแล้วเทอะคริลิเรซินจะเข้าไปแทนที่น้ำในรูพรุนอย่างสมบูรณ์ จะได้แผ่นโปร่งแสงออก ยืนยันด้วยผลการทดสอบการส่องภาคตัดขวางของแผ่นโปร่งแสง ที่กำลังขยาย 2000 เท่า ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าอะคริลิเรซินแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างเซลลูโลสทำให้วัสดุกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้แสงเดินทางเป็นเส้นตรงไม่หักเห ส่งผลให้วัสดุโปร่งแสง แสดงดังรูปที่ 4.5

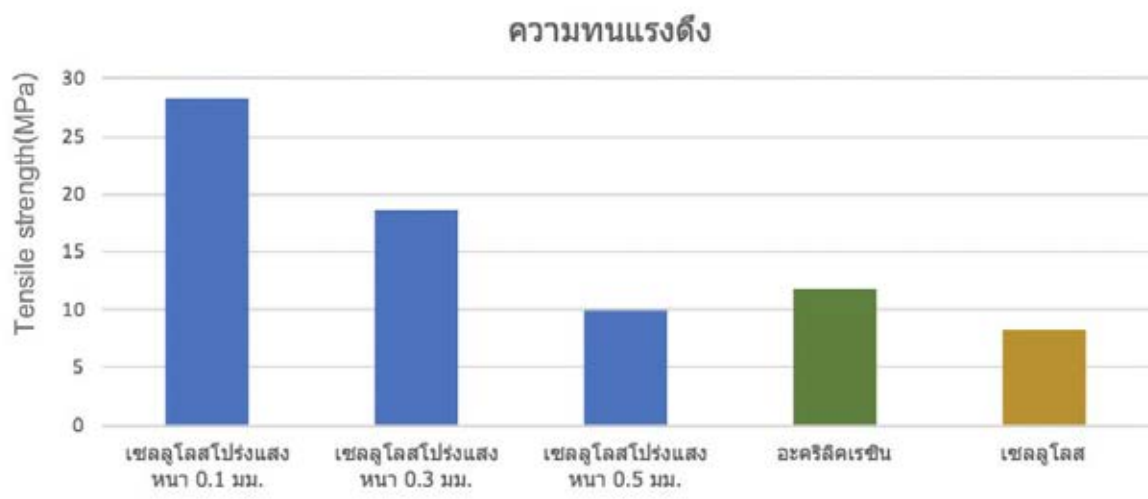


รูปที่ 4.5 แสดงภาพตัดขวางของแผ่นคอมโพลีเมอร์เซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนา 0.1 มม.(ก.),0.3 มม.(ข.),0.5 มม.(ค.) ที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 2000 เท่า

4.4.3 สมบัติเชิงกล

4.4.3.1 ความทนแรงดึง (Tensile strength)

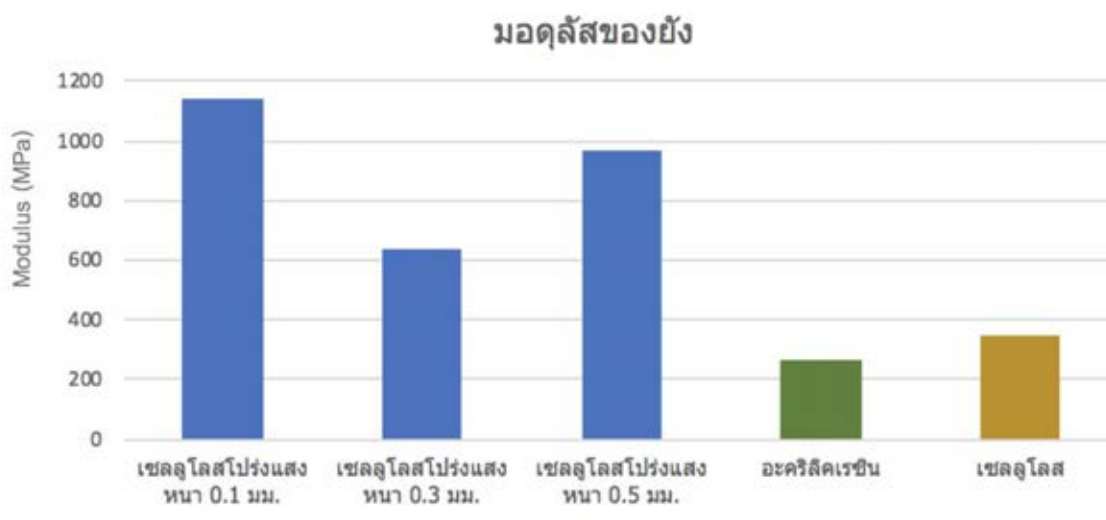
จากผลการทดสอบการทนแรงดึงของชิ้นงานอะคริลิเกรซินกับเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนา 0.1 มม., 0.3 มม. และ 0.5 มม. ได้ผลดังรูปที่ 4.6 พบว่าแผ่นคอมโพลีเมอร์เซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.1 มม. มีความทนต่อแรงดึง 28.45 MPa แผ่นคอมโพลีเมอร์เซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.3 มม. มีความทนต่อแรงดึง 18.67 MPa แผ่นคอมโพลีเมอร์เซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.5 มม. มีความทนต่อแรงดึง 9.86 MPa ชิ้นงานอะคริลิเกรซิน มีความทนต่อแรงดึง 11.70 MPa และชิ้นงานเซลลูโลส มีความทนต่อแรงดึง 8.32 MPa พบว่าสมบัติการทนแรงดึงของแผ่นคอมโพลีเมอร์เซลลูโลสโปร่งแสงเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลสและอะคริลิเกรซิน จะพบว่าแผ่นคอมโพลีเมอร์เซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.1 MPa มีความทนต่อแรงดึงสูงสุดแสดงถึงการเข้ากันได้ระหว่างเฟสของคอมโพลีเมอร์



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความทนแรงดึงของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน อะคริลิควเรซินและเซลลูโลส

4.4.3.2 มอดุลัสของยัง (Young's modulus)

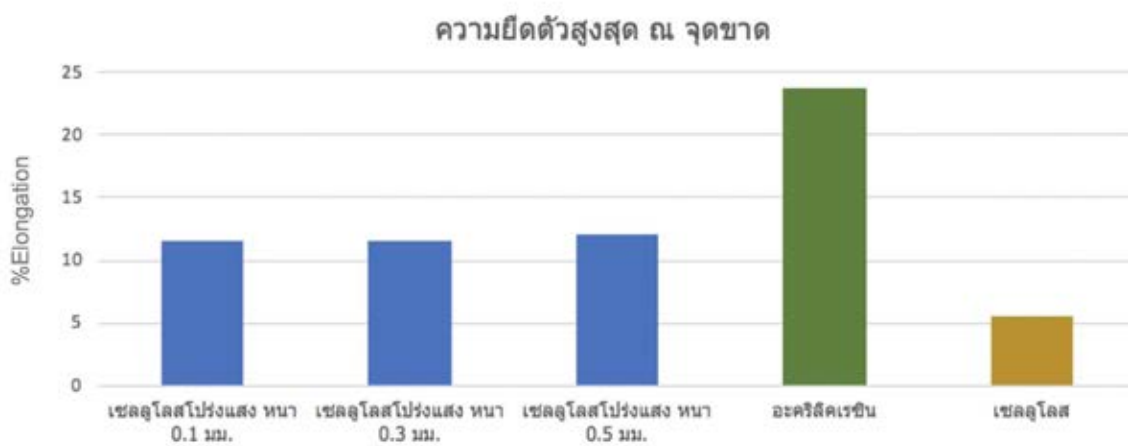
จากผลการวิเคราะห์มอดุลัสของยังหรือความต้านทานในการเสียรูปร่างของเซลลูโลส อะคริลิควเรซินและเซลลูโลสโปร่งแสง ได้ผลดังรูปที่ 4.7 พบว่าค่ามอดุลัสของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.1 มม. มีค่ามอดุลัส 1371.14 MPa แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.3 มม. มีค่ามอดุลัส 640.10 MPa แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.5 มม. มีค่ามอดุลัส 970.77 MPa ชิ้นงานอะคริลิควเรซิน มีค่ามอดุลัส 347.56 MPa และเซลลูโลส มีค่ามอดุลัส 267.26 MPa จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่ามอดุลัสสูงกว่าเซลลูโลสและอะคริลิควเรซินเนื่องจากเซลลูโลสที่ใส่ลงไปมีผลทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ยาก



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่ามอดุลัสของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน อะคริลิควีเรซินและเซลลูโลส

4.4.3.3 ความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด (Elongation at break)

จากผลการวิเคราะห์ความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาดของชิ้นงานเซลลูโลส อะคริลิควีเรซินและเซลลูโลสโปร่งแสง ด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ได้ผลดังรูปที่ 4.8 พบว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.1 มม. มีค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด 11.48 แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.3 มม. มีค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด 11.63 แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.5 มม. มีค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด 12.13 ชิ้นงานอะคริลิควีเรซิน มีค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด 23.81 และเซลลูโลส มีค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด 5.61 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าความยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด ต่ำกว่าอะคริลิควีเรซิน เนื่องจากเซลลูโลสในแผ่นคอมโพสิตไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของสายโซ่ไปตามทิศของการรับแรงเมื่อวัสดุได้รับแรงดึงยืด จึงเกิดรอยแตกและเริ่มการขาดออกบริเวณรอยต่อของเส้นใยเซลลูโลสและพอลิเมอร์



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด ของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน อะคริลิควเรซินและเซลลูโลส

4.4.4 สมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

จากผลการวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนหรือค่าความแตกต่างของความยาวของชิ้นงานที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส เทียบกับความยาวเริ่มต้นเซลลูโลส แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง และโพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซิน ด้วยเครื่อง Thermomechanical analyser (TMA) ช่วงอุณหภูมิ 30 – 200 องศาเซลเซียสแสดงดังตารางที่ 4. 1 พบว่าที่ความหนา 0.1 มม. แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน $-61.76 \text{ ppm K}^{-1}$ ที่ความหนา 0.3 มม. แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน $-87.88 \text{ ppm K}^{-1}$ และที่ความหนาของชิ้นงาน 0.5 มม. แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน $-101.52 \text{ ppm K}^{-1}$ โพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซินมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน $351.37 \text{ ppm K}^{-1}$ และเซลลูโลสมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน 24.86 ppm K^{-1} จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำกว่าโพลีเมทาคริเลต เนื่องจากผลการยึดเกาะกันได้ดีระหว่างเซลลูโลสและโพลีเมทาคริเลต ทำให้โพลีเมทาคริเลตไม่ขยายตัวแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงจึงหดตัวตามเซลลูโลส ส่งผลให้ความนำความร้อนลดลงด้วย

ตาราง 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของเซลลูโลส โพลีเมทาคริเลตและเซลลูโลส
โปร่งแสง

ตัวอย่าง	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (ppm "K-1)
เซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.1มม.	-61.76
เซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.3มม.	-87.88
เซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.5มม.	-101.52
โพลีเมทาคริเลต	351.37
เซลลูโลส	24.86

4.4.5 สมบัติการสลายตัวทางความร้อน

จากการศึกษาอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนด้วยเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภายใต้ความร้อน (TGA) โดยได้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่สารเริ่มเกิดการสลายตัว ($T^{\circ}\text{onset}$) อุณหภูมิที่สารสลายตัวมากที่สุด (T_d) และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารเกิดการสลายตัว ($T^{\circ}\text{endset}$) ของเซลลูโลส โพลีเมทาคริเลต และแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.3 มม., 0.5 มม. และ 0.7 มม. จากผลการทดลองพบว่าเซลลูโลส จะมีอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 291.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 346.81 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 385.15 องศาเซลเซียส อะคริลิครีซิน จะมีอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 363.32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 405.53 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 443.93 องศาเซลเซียส แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.1 มม. มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสองช่วงคือ ช่วงแรกอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 275.18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 332.03 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 369.63 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักช่วงที่สองอุณหภูมิที่สาร

เริ่มสลายตัว 383.60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 416.58 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 451.14 องศาเซลเซียส แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.3 มม. มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสองช่วงคือ ช่วงแรกอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 278.11 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 330.06 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 364.95 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักช่วงที่สองอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 377.10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 413.35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 448.95 องศาเซลเซียส แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงหนา 0.5 มม. มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสองช่วงคือ ช่วงแรกอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 262.47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 326.49 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 363.59 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักช่วงที่สองอุณหภูมิที่สารเริ่มสลายตัว 376.63 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สารสลายตัวได้มากที่สุดคือ 415.32 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายที่สารสลายตัวคือ 451.54 องศาเซลเซียส จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีการสลายตัวสองช่วง ช่วงแรกจะเป็นการสลายตัวของเซลลูโลส(275-370 องศาเซลเซียส) และช่วงที่สองจะเป็นการสลายตัวของโพลีเมทิลเมทาคริเลต อุณหภูมิ 370 องศาเซลเซียสขึ้นไป นอกจากนี้ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นอีกว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงจะมีอุณหภูมิการสลายตัวสูงกว่าอะคริลิครีซินเนื่องจากวัสดุคอมโพสิตเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ที่อุณหภูมิต่ำๆไม่เลกุลภายในไม่เกิดการเคลื่อนที่ ทำให้ต้องใช้พลังงานที่สูงขึ้นจนทำให้ไม่เลกุลภายในเกิดการเคลื่อนที่วัสดุจึงเกิดการสลายตัว

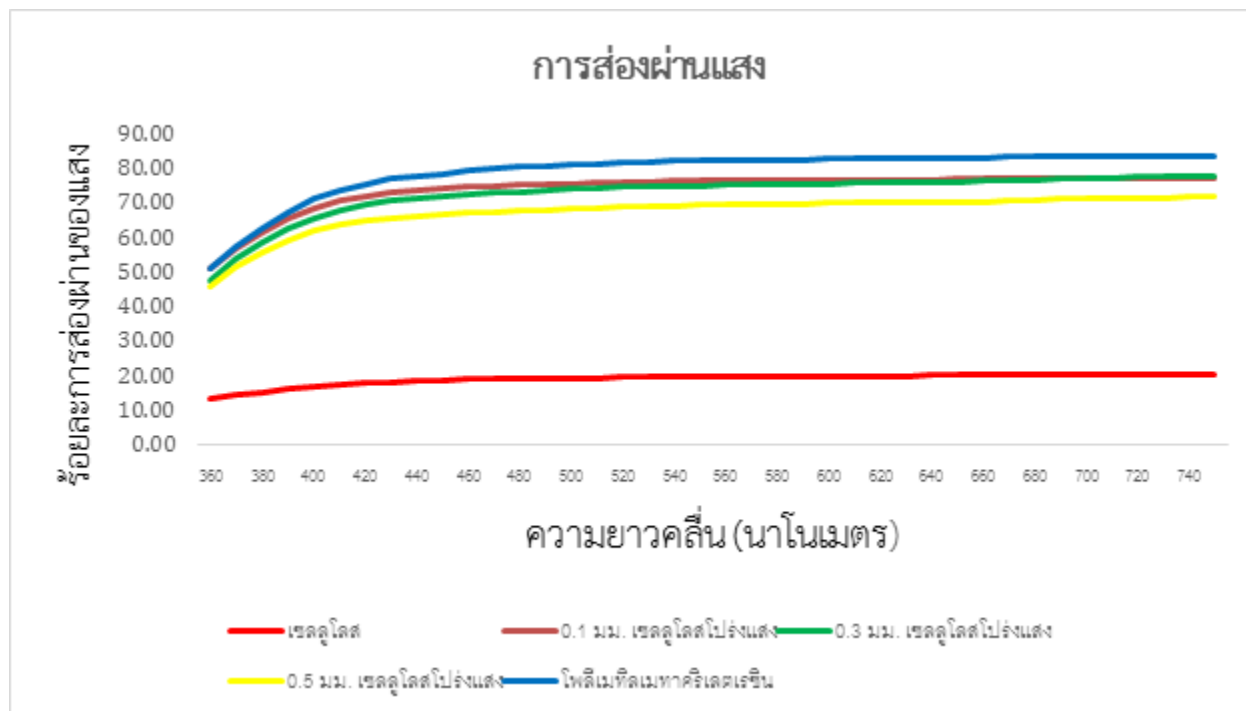
ตาราง 4.2 แสดงค่าการสลายตัวทางความร้อนของเซลลูโลส อะคริลิเคเรซินและเซลลูโลสโปร่งแสง

	ช่วงการสลายตัวครั้งที่ 1			ช่วงการสลายตัวครั้งที่ 1		
	T ^{onset}	T _d	T ^{endset}	T ^{onset}	T _d	T ^{endset}
เซลลูโลส	291.23	346.81	385.15	-	-	-
อะคริลิเคเรซิน	363.32	405.53	443.93	-	-	-
เซลลูโลสโปร่งแสง หนา 0.1±0.05 มม.	275.18	332.03	369.63	383.60	416.58	451.14
เซลลูโลสโปร่งแสง หนา 0.3±0.05 มม.	278.11	330.06	364.95	377.10	413.35	448.95
เซลลูโลสโปร่งแสง หนา 0.5±0.05 มม.	262.47	326.49	363.59.	376.63	415.32	451.54

4.4.6 สมบัติการส่องผ่านของแสง

จากผลการทดสอบค่าการส่องผ่านของแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตรแสดงดังรูปที่ 4.9 พบว่าเซลลูโลสแสงส่องผ่านร้อยละ 19.14 และที่ความหนา 0.1 มม. แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีการส่องผ่านของแสงร้อยละ 74.01 แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีการส่องผ่านของแสงร้อยละ 72.60 ที่ความหนา 0.3 มม. และแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีการส่องผ่านของแสงร้อยละ 67.34 ที่ความหนา 0.5 มม. ในส่วนของโพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซินมีการส่องผ่านของแสงร้อยละ 79.04 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าโพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซิน และคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีร้อยละการส่องผ่านของแสง

ใกล้เคียงกัน เนื่องจากโพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซินมีดัชนีหักเหใกล้เคียงกับเซลลูโลส จึงจะเข้าไปแทนที่น้ำในรูพรุนวัสดุจึงกลายเป็นเนื้อเดียวกันทำให้แสงเดินทางเป็นเส้นตรงไม่เกิดการหักเหวัสดุจึงโปร่งแสง



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงร้อยละการส่องผ่านของแสงของเซลลูโลส คอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง และโพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซิน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิธีการเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสงจากเซลลูโลสจากกระดาษทิชชูและโพลีเมทิลเมทาคริเลตเรซินทำการศึกษสมบัติทางด้านต่างๆสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการย่อยเซลลูโลสด้วยกรดไฮดรอกลอริก

ผลจากการย่อยเซลลูโลสด้วยกรดไฮดรอกลอริกและ พบว่าลักษณะมีความเป็นผงละเอียดขึ้น ขนาดอนุภาคเล็กลง

5.1.2 ผลการเตรียมเซลลูโลสไฮโดรเจล

พบว่าอุณหภูมิสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์/ยูเรีย ที่เหมาะสมในการนำมาทำไฮโดรเจลคือ -5 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซลลูโลสจะสามารถละลายในสารละลายได้เร็วและมีความหนืดที่เหมาะสมสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นได้

5.1.3 ผลการสังเคราะห์อะคริลิกเรซิน

ผลการสังเคราะห์อะคริลิกเรซินด้วยการใช้ potassium persulphate initiator) 0. 1 g ละลายใน pva (20g / 1) 100 ml แล้วเติม MMA 10 ml จากนั้นคนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 ชม. เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา free radical polymerization พบว่าอะคริลิกเรซินที่เตรียมได้มีลักษณะเป็นสารละลายหนืดสีขาวขุ่น

5.1.4 ผลการเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสง

ผลจากการนำแผ่นเซลลูโลสเจลมาแช่ในสารละลายโพลีเมทิลเมทาคริเลตอิมัลชัน เทเรซินทางการค้าและอะคริลิกเรซิน จะได้แผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงที่มีความหนา 0.1 มม., 0.3 มม., และ 0.5 มม. พบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงมีความโปร่งแสงเนื่องจากเรซินจะเข้าไปแทนที่น้ำในรูพรุนทำให้แสงเดินทางเป็นเส้นตรงไม่เกิดการหักเหส่งผลให้

วัสดุโปร่งแสงและเมื่อความหนาของวัสดุมากขึ้นทำให้แสงต้องใช้ระยะทางในการส่องผ่านมากขึ้นทำให้แสงเกิดการกระเจิงวัสดุจึงดูขุ่นขึ้น

5.1.5 สมบัติเชิงกล

จากผลการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าการทนแรงดึงและค่าการต้านทานต่อการเสีรูปร่างได้สูงกว่าเซลลูโลสและอะคริลิเรซิน นั้นเป็นเพราะวัสดุคอมโพสิตสามารถเข้ากันได้ดีเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนค่าการยืดตัวสูงสุด ณ จุดขาด แผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสจะยืดตัวได้น้อยกว่าแผ่นอะคริลิเรซินนั้นเป็นเพราะเส้นใยเซลลูโลสในแผ่นคอมโพสิตไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของสายโซ่ไปตามทิศของการรับแรงเมื่อวัสดุได้รับแรงดึงยืด จึงเกิดรอยแตกและเริ่มการขาดออกบริเวณรอยต่อของเส้นใยเซลลูโลสและพอลิเมอร์

5.1.6 สมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

จากผลทดสอบสมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของเซลลูโลสโปร่งแสง พบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำกว่าโพลีเมทาคริเลต เนื่องจากผลการยึดเกาะกันได้ดีระหว่างเซลลูโลสและอะคริลิเรซินทำให้อะคริลิเรซินไม่ขยายตัวแผ่นเซลลูโลสโปร่งแสงจึงหดตัวตามเซลลูโลส ส่งผลให้ความนำความร้อนลดลงด้วย

5.1.7 สมบัติการสลายตัวทางความร้อน

จากผลการทดสอบสมบัติการสลายตัวพบว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงมีค่าการสลายตัวสองช่วง ช่วงแรกจะเป็นการสลายตัวของเซลลูโลส ช่วงที่สองเป็นการสลายตัวของแผ่นอะคริลิเรซินและผลการทดสอบทำให้ทราบว่าแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงจะมีอุณหภูมิการสลายตัวสูงกว่าแผ่นอะคริลิเรซินเนื่องจากวัสดุคอมโพสิตเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ที่อุณหภูมิต่างๆโมเลกุลภายในไม่เกิดการเคลื่อนที่ที่ทำให้ต้องใช้พลังงานที่สูงขึ้นจนทำให้โมเลกุลภายในเกิดการเคลื่อนที่วัสดุจึงเกิดการสลายตัว

5.1.8 สมบัติการส่องผ่านของแสง

ผลการทดสอบการส่องผ่านของแสงที่ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตรพบว่าเซลลูโลสโปร่งแสงที่เตรียมได้มีความโปร่งแสงใกล้เคียงกับโพลีเมทาคริเลตเนื่องจากเรซินเข้าไปแทนที่อากาศในรูพรุนอย่างสมบูรณ์ทำให้แสงไม่เกิดการหักเห

5.2 ข้อเสนอแนะ

ศึกษาสัดส่วนปริมาณเรซินและระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมเซลลูโลสโปร่งแสง เพื่อให้ได้เซลลูโลสโปร่งแสงที่มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกชิ้นงาน

รายการอ้างอิง

- [1] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, “เซลลูโลส”.
[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://herbalssak.blogspot.com/2011/12/blog-post_1447.html
(21 มีนาคม 2561)
- [2] “กระดาษชำระ”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :
<https://th.wikipedia.org/wiki/กระดาษชำระ> (11 พฤษภาคม 2561)
- [3] คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผศ.ดร. จตุพร วุฒิกนกกาญจน์,
“ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยผ่านกลไกแบบควบแน่น”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.seem.kmutt.ac.th/research/pentec/download/Chapter%208.pdf> (12 พฤษภาคม 2561)
- [4] รัญญาภรณ์ ศรีสุบิน, “ไฮโดรเจล วัสดุดูดซับน้ำอัจฉริยะ”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.dss.go.th/images/st-article/ct-10-2557-hydro.pdf> (12 พฤษภาคม 2561)
- [5] “โซเดียมไฮดรอกไซด์”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
[:https://www.siamchemi.com/%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B9%84%E0%B8%9F/](https://www.siamchemi.com/%E0%B9%82%E0%B8%8B%E0%B8%94%E0%B8%B2%E0%B9%84%E0%B8%9F/) (12 พฤษภาคม 2561)
- [6] “Urea”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://en.wikipedia.org/wiki/Urea> (11 พฤษภาคม 2561)
- [7] “Glycerol”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1926/glycerol-กลีเซอรอล> (12 พฤษภาคม 2561)
- [8] งานวิจัยร่วมระหว่างคณะทันตแพทยศาสตร์ และคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล. “การปรับปรุงสมบัติการทนแรงกระแทกของพอลิเมทิลเมทาคริเลตด้วยพอลิยูริเทนเพื่อใช้เป็น
วัสดุทางทันตกรรมจัดฟัน”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.en.mahidol.ac.th/EI/POLY/poly.pdf>
(9 ธันวาคม 2561)

- [9] Krurawan. “ตัวกลางของแสง”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://sites.google.com/a/eisth.org/sciencesection/khea-su-bth-reiyn-withyasastr/withyasastr-prathm-suksa/withyasastr-p-4/saeng-laea-kar-mxng-hen-1/tawklang-khxng-saeng> (9 ธันวาคม 2561)
- [10] Yoko oitahisa, AyakoYoshidab, Satoshi Miyaguchib, Hiroyuki Yano. (2009) Optically transparent wood cellulose nanocomposite as a base substrate for flexible organic light-emitting diode displays.
- [11] Haritha Sree Yaddanapudi, Nathan Hickerson, Shrikant Saini, Ashutosh Tiwari. (2016) Fabrication and characterization of transparent wood for next generation smart building applications.
- [12] Jyoti Sankar Borah and Kim. (2017) Synthesis and characterization of tough foldable and transparent poly(styrene-co-butyl acrylate)/nanoporous cellulose gel (NCG) nanocomposites.
- [13] Mingwei Zhu, Tian Li, Chelsea S. Davis. (2016) Transparent and haze wood composites for highly efficient broadband light management in solar cells.
- [14] Chunyu Chang, Lingzhi Zhang, Jinping Zhou, Lina Zhang, John F. Kennedy. (2010) Structure and properties of hydrogels prepared from cellulose in NaOH/urea aqueous solutions.
- [15] Yuanyuan Li, Xuan Yang, Qiliang Fu, Ramiro Rojas, Min Yan and Lars Berglund.(2017) Towards centimeter thick transparent wood through interface manipulation.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การส่องผ่านของแสง

ตาราง ก-1 ร้อยละการส่องผ่านแสง

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	เซลลูโลส	0.1 มม. เซลลูโลสโปร่ง แสง	0.3 มม. เซลลูโลส โปร่งแสง	0.5 มม. เซลลูโลส โปร่งแสง	โพลีเมทิลเมทาคริเลต กราฟต์โพลีไวนิล แอลกอฮอล์
360	13.53	51.07	47.74	46.01	51.17
370	14.59	56.85	53.74	51.35	57.49
380	15.45	61.42	58.48	55.54	62.64
390	16.24	65.42	62.44	58.99	67.32
400	16.95	68.68	65.77	61.85	71.25
410	17.51	70.77	67.97	63.60	73.69
420	17.97	72.10	69.49	64.86	75.61
430	18.31	72.97	70.50	65.68	76.82
440	18.51	73.52	71.15	66.14	77.65
450	18.81	74.00	71.78	66.68	78.40

460	18.99	74.54	72.50	67.17	79.26
470	19.15	74.92	72.89	67.46	79.88
480	19.26	75.17	73.31	67.77	80.27
490	19.36	75.44	73.66	68.03	80.76
500	19.46	75.63	73.96	68.34	81.00
510	19.52	75.85	74.24	68.60	81.35
520	19.59	76.01	74.49	68.79	81.58
530	19.64	76.13	74.66	68.99	81.81
540	19.70	76.29	74.92	69.19	82.02
550	19.77	76.39	75.01	69.32	82.14
560	19.82	76.37	75.09	69.38	82.27
570	19.86	76.36	75.09	69.35	82.27
580	19.90	76.35	75.11	69.34	82.25
590	19.92	76.41	75.24	69.43	82.38

600	19.97	76.57	75.54	69.86	82.60
610	20.00	76.60	75.66	69.94	82.66
620	20.03	76.63	75.71	70.04	82.70
630	20.08	76.72	75.84	70.15	82.80
640	20.13	76.78	76.04	70.28	82.91
650	20.15	76.83	76.04	70.28	82.90
660	20.17	76.94	76.27	70.42	83.13
670	20.20	77.00	76.42	70.60	83.17
680	20.22	77.05	76.65	70.73	83.26
690	20.29	77.17	76.91	71.07	83.38
700	20.31	77.15	77.00	71.10	83.37
710	20.35	77.25	77.20	71.22	83.49
720	20.39	77.26	77.39	71.51	83.48
730	20.41	77.23	77.38	71.41	83.47

740	20.47	77.24	77.46	71.65	83.49
750	20.49	77.17	77.44	71.60	83.39
ទ្រនឹម	19.14	74.01	72.60	67.34	79.04

ภาคผนวก ข

สมบัติเชิงกล

ตาราง ข-1 สมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง หนา 0.1 มม.

ครั้งที่	Tensile strength(MPa)	Young's modulus(MPa)	Elongation at break(%)
1	28.43	1070.71	13.30
2	24.43	1087.63	7.95
3	34.24	1372.07	11.39
4	25.90	1093.16	11.6
5	29.23	1089.52	13.16
เฉลี่ย	28.45	1371.14	11.48
S.D.	3.77	128.56	8.35

ตาราง ข-2 สมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง หนา 0.3 มม.

ครั้งที่	Tensile strength(MPa)	Young's modulus(MPa)	Elongation at break(%)
1	21.50	690.40	12.31

2	19.02	630.01	12.09
3	18.94	660.16	11.66
4	17.04	588.76	12.47
5	16.85	631.15	9.63
เฉลี่ย	18.67	640.10	11.63
S.D.	1.83	41.40	0.35

ตาราง ข-3 สมบัติเชิงกลของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสง หนา 0.5 มม.

ครั้งที่	Tensile strength(MPa)	Young's modulus(MPa)	Elongation at break(%)
1	10.05	1169.86	12.31
2	14.37	884.40	12.09
3	6.78	924.81	11.66
4	8.27	903.96	12.47
เฉลี่ย	9.86	970.77	12.13
S.D.	3.29	133.76	0.35

ตาราง ข-4 สมบัติเชิงกลของแผ่นเซลลูโลส หนา 0.3 มม.

ครั้งที่	Tensile strength(MPa)	Young's modulus(MPa)	Elongation at break(%)
1	7.88	261.95	4.86
2	6.91	261.58	5.13
3	8.20	262.16	5.89
4	10.28	283.36	6.55
เฉลี่ย	8.32	267.26	5.61
S.D.	1.42	10.73	0.76

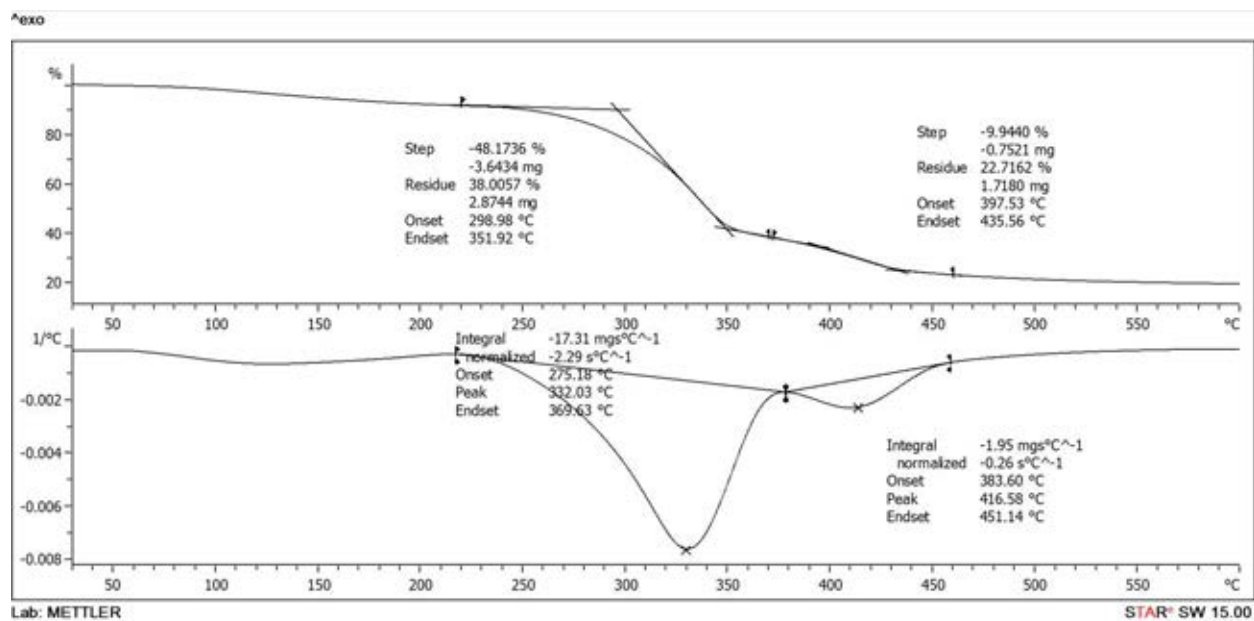
ตาราง ข-5 สมบัติเชิงกลของแผ่นอะคริลิกเรซินหนา 0.3 มม.

ครั้งที่	Tensile strength(MPa)	Young's modulus(MPa)	Elongation at break(%)
1	10.88	337.81	19.24
2	10.59	314.69	18.86
3	12.87	374.25	31.10
4	12.47	363.51	26.03
เฉลี่ย	11.70	347.56	23.81
S.D.	1.14	26.72	5.87

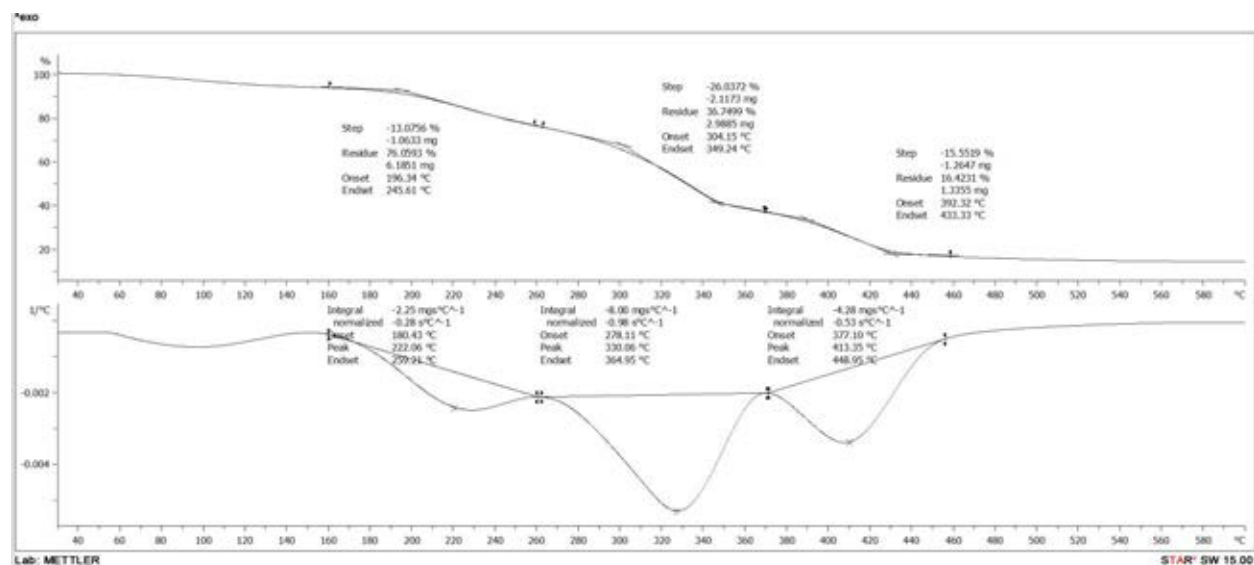
ภาคผนวก ค

สมบัติการสลายตัวทางความร้อน

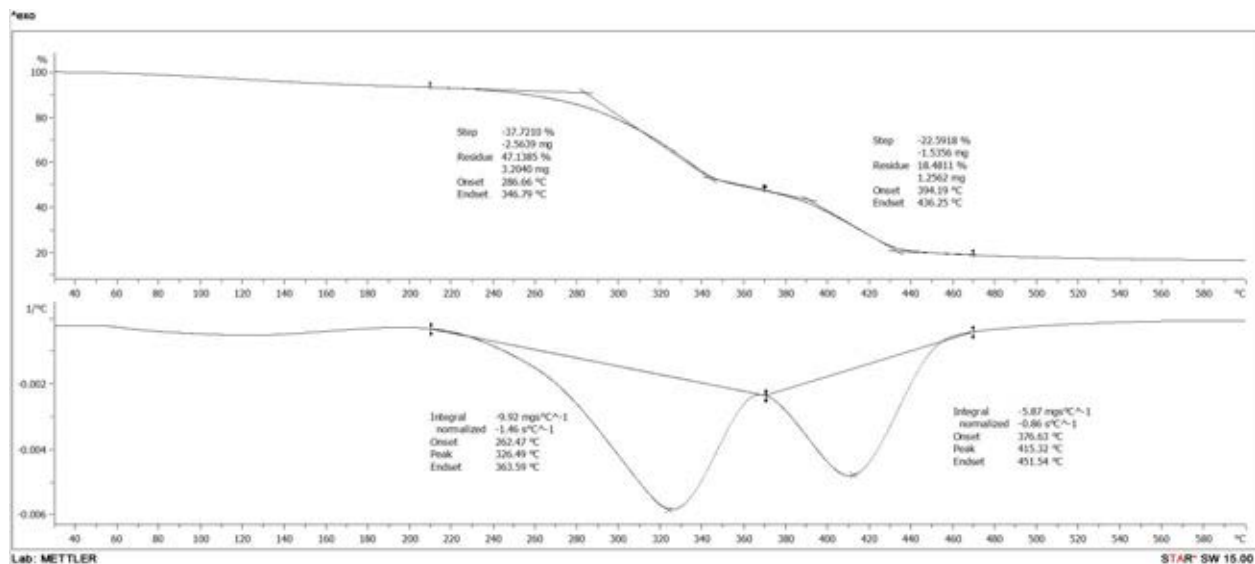
กราฟ ค-1 แสดงการสลายตัวทางความร้อนของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.1 มม.



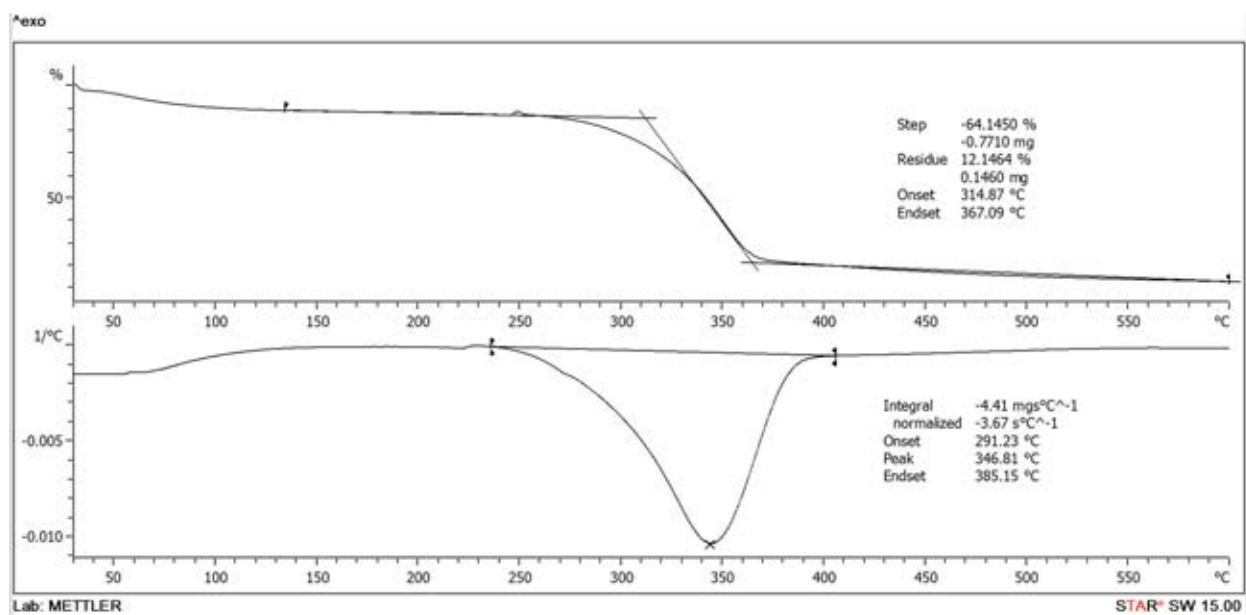
กราฟ ค-2 แสดงการสลายตัวทางความร้อนของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.3 มม.



กราฟ ค-3 แสดงการสลายตัวทางความร้อนของแผ่นคอมโพสิตเซลลูโลสโปร่งแสงความหนา 0.5 มม.



กราฟ ค-4 แสดงการสลายตัวทางความร้อนของแผ่นเซลลูโลส หนา 0.3 มม.



กราฟ ค-5 แสดงการสลายตัวทางความร้อนของอะคริลิควเรซิน หนา 0.3 มม.

