

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยการเพิ่มมูลค่าใบสับปะรดโครงการย่อย 2 นี้ ได้ดำเนินการลงพื้นที่ในอำเภอกงหรา จังหวัดพัทลุง อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา พบว่าชาวบ้านที่มีสวนยางปลูกใหม่ จะมีการปลูกสับปะรดเป็นพืชแซมในสวนยางพารา ในพื้นที่ดังกล่าวและทั่วไปในภาคใต้ส่วนใหญ่ยังไม่มีการนำใบสับปะรดไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง ดังนั้นแหล่งวัตถุดิบจึงมีมากพอในการทำอุตสาหกรรมแปรรูปใบสับปะรดขนาดเล็ก การศึกษาวิจัยการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากใบสับปะรด ผงเซลลูโลส และการเตรียมอนุพันธ์ต่างๆ แล้วนำมาศึกษาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ผลการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด

1. ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยยาว

จากการนำใบสับปะรดสดยาว 50 เซนติเมตร มีดรวมกัน มีดละ 10 ใบ ใส่กระสอบและแช่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำประปาเป็นเวลา 12 วัน และใบสับปะรดสดยาว 10 เซนติเมตร แช่ในขวดแก้วในห้องปฏิบัติการ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยยาว 50 เซนติเมตร โดยการทดลองแช่ใบสับปะรดในแหล่งน้ำธรรมชาติเปรียบเทียบกับน้ำประปา

วันที่	น้ำประปา	น้ำคลอง	น้ำเค็ม
1	ใบแข็ง มีสีเขียวสด	ใบแข็ง มีสีเขียวสด	ใบแข็ง มีสีเขียวสด
3	ใบเริ่มนิ่ม มีสีน้ำตาลอมเขียว	ใบเริ่มนิ่ม มีสีน้ำตาลเข้ม	ใบแข็ง มีสีน้ำตาลอมเขียว
6	ใบนิ่ม มีสีน้ำตาลเหลือง	ใบนิ่ม มีสีน้ำตาลเข้ม ขอบใบเริ่มลอก	ใบมีสีน้ำตาลอมเขียว
10	ใบมีสีน้ำตาลเหลือง ขอบใบเริ่มลอก	ใบมีสีน้ำตาลเหลือง เนื้อใบเริ่มหลุดออก	ใบมีสีน้ำตาล
12	ใบมีสีน้ำตาลเหลือง เนื้อใบเริ่มหลุดออก	ใบมีสีน้ำตาลเหลือง เนื้อใบเริ่มหลุดออก	ใบเริ่มนิ่ม มีสีน้ำตาล

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยยาวโดยแช่ใบสับปะรดในขวดแก้วในห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเปรียบเทียบกับน้ำประปา

	น้ำประปา	น้ำคลอง	น้ำเค็ม
เปลี่ยนน้ำทุก 2 วัน(12 วัน)	ลอกเส้นใยง่าย แต่ต้องขูด เนื้อใบออกจากเส้นใย	ลอกเส้นใยง่าย เนื้อใบหลุดออกง่าย	ลอกเส้นใยออกยาก ใบสับปะรดแข็ง
ไม่เปลี่ยนน้ำ (12 วัน)	ลอกเส้นใยง่าย แต่ต้องขูด เนื้อใบออกจากเส้นใย	ลอกเส้นใยง่าย เนื้อใบหลุดออกง่าย	ลอกเส้นใยยาก ใบสับปะรดแข็ง

จากการทดลองทั้งในแหล่งน้ำธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการ พบว่าใบสับปะรดเปื่อยยุ่ยได้เร็วที่สุดในน้ำคลอง ซึ่งสามารถลอกเส้นใยได้วันที่ 10 ของการทดลองซึ่งเร็วกว่าในน้ำประปา ซึ่งต้องใช้เวลาน้อย 12 วัน ส่วนในน้ำทะเลใบสับปะรดจะแข็ง ขูดเนื้อใบออกยาก ต้องใช้เวลา มากกว่า 15 วัน การเปลี่ยนแปลงของใบหลังการแช่ 12 วันดังภาพที่ 4.1 เส้นใยที่ได้จะมีสีเหลืองนวล ดังภาพที่ 4.2 และการแช่ในห้องปฏิบัติการโดยไม่เปลี่ยนน้ำ จะมีกลิ่นเหม็น



ภาพที่ 4.1 ใบสับปะรดสดแช่น้ำ น้ำประปา น้ำจืดจากคลอง และน้ำเค็มจากทะเล 12 วัน เปลี่ยนน้ำทุก 2 วัน



ภาพที่ 4.2 เส้นใยยาวจากใบสับปะรด

การเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรดโดยการแช่ในแหล่งธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการ ให้ผลเหมือนกันคือ เมื่อใช้น้ำคลองจะทำให้ลอกเส้นใยง่ายเมื่อใบหลุดออกง่าย กว่าการใช้ น้ำประปา และ น้ำทะเล การแช่ในห้องปฏิบัติการโดยไม่เปลี่ยนน้ำ จะมีกลิ่นเหม็น

1. ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยสั้นสำหรับทำกระดาษ

จากการต้มใบสับปะรดกับ 5% NaOH เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าใบสับปะรดแช่แข็งจะ เปื่อยยุ่ยได้ดี แยกเส้นใยได้ง่ายกว่า (ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าเยื่อกระดาษ) และล้างเยื่อกระดาษได้ง่าย กว่าใบสับปะรดสดและใบสับปะรดบดแห้งหลังการสกัด เยื่อกระดาษที่ได้มีสีเหลืองน้ำตาล

2. ผลการศึกษาการฟอกขาวเยื่อกระดาษด้วยสารละลาย สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO)

การศึกษากการฟอกขาวเส้นใยสั้นสำหรับทำกระดาษเยื่อกระดาษจากใบสับปะรดสดแช่ แข็ง และใบสับปะรดบดหยาบ(หลังการสกัด) ด้วยสารละลาย NaClO ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้ผลดัง ตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการฟอกขาวเยื่อกระดาษใบสับปะรดสดแช่แข็งด้วยสารละลาย NaClO (เยื่อกระดาษก่อนการฟอกขาวมีสีเหลืองน้ำตาล)

เวลา	แช่น้ำกลั่น	1% NaClO	2% NaClO	5% NaClO	10% NaClO
30 min	มปป	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย
60 min	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น
90 min	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น
120 min	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น	เยื่อกระดาษขาว
3 h.	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น	เยื่อกระดาษขาว
4 h.	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น	เยื่อกระดาษขาว
6 h.	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	เยื่อกระดาษขาว	เยื่อกระดาษขาว
12 h.	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	เยื่อกระดาษขาว	เยื่อกระดาษขาว
24 h.	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย	เยื่อกระดาษขาว	เยื่อกระดาษขาว

*มปป = สีไม่เปลี่ยนแปลง

จากตาราง 4.3 การทดลองฟอกขาวเยื่อกระดาษใบสับประดแก่แข็ง ด้วยการแช่ฟอกด้วยสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าฟอกขาวได้ค่อนข้างง่าย คือที่ความเข้มข้น 10 % NaOCl สามารถฟอกเยื่อกระดาษให้ขาวได้หมดเมื่อในเวลา 90 นาที และที่ความเข้มข้น 5 % สามารถฟอกเยื่อกระดาษให้ขาวได้หมดในเวลา 6 ชั่วโมง ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลาย NaOCl ที่เหมาะสมในการฟอกขาวเยื่อกระดาษใบสับประดคือ ที่ความเข้มข้น 10 % แช่เป็นเวลา 90-120 นาที

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการฟอกขาวเยื่อกระดาษจากใบสับประดบดหยาบ (หลังการสกัด) ด้วยสารละลาย NaOCl (เยื่อกระดาษก่อนการฟอกขาวมีสีน้ำตาลอ่อน)

เวลา	แช่น้ำกลั่น	1% NaClO	2% NaClO	5% NaClO	10% NaClO
30 min	*มปป	มปป	มปป	มปป	มปป
60 min	มปป	มปป	มปป	มปป	มปป
90 min	มปป	มปป	มปป	มปป	มปป
120 min	มปป	มปป	มปป	มปป	มปป
3 h.	มปป	มปป	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย
4 h.	มปป	มปป	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย
6 h.	มปป	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวขึ้นเล็กน้อย
12 h.	มปป	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น
24 h.	มปป	มปป	มปป	ขาวขึ้นเล็กน้อย	ขาวเพิ่มขึ้น

*มปป = สีไม่เปลี่ยนแปลง

จากตาราง 4.4 พบว่าจากใบสับประดบดหยาบ(หลังการสกัด) ฟอกจางสีได้ยาก คือที่ความเข้มข้น 10 % NaClO สามารถฟอกเยื่อกระดาษให้ขาวได้หมดเมื่อแช่เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 5 % ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง สามารถฟอกเยื่อกระดาษได้ขาวขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น

ผลการฟอกจางสีด้วยสารละลาย NaClO ที่เวลาและความเข้มข้นต่างๆ พบว่าเยื่อกระดาษจากใบสับประดแก่แข็ง ฟอกจางสีได้ง่าย กว่าเส้นใยจากใบสับประดสด คือ ที่ความเข้มข้น 5% NaClO ใช้เวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 10% NaClO ใช้เวลาอย่างน้อย 90 นาที จึงจะได้เส้นใยขาวนวล แต่เส้นใยจากใบสับประดบดหยาบ (หลังการสกัด) ฟอกจางสีได้ยากมาก พบว่าที่

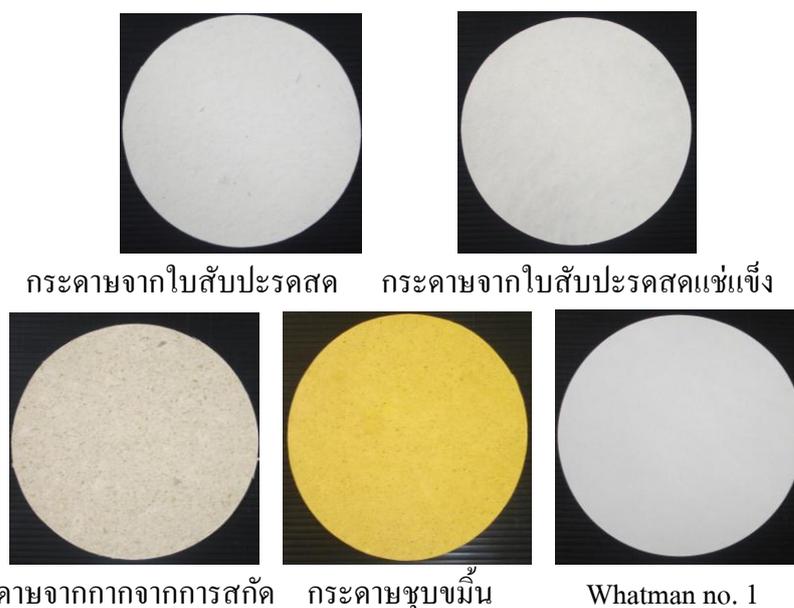
ความเข้มข้น 10 % NaClO เวลา 3 ชั่วโมง เส้นใยขาวขึ้นเล็กน้อย ถึงแม้จะทิ้งไว้ถึง 12-24 ชั่วโมง เส้นใยยังคงมีสี

ดังนั้นการฟอกเส้นใยในการทำเยื่อกระดาษ จึงเลือกใช้ 10% NaClO และใช้เวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามหากสามารถใช้เส้นใยได้โดยไม่ต้องฟอก ก็จะเป็นการลดการใช้สารเคมี

เมื่อนำเส้นใยจากใบสับปะรดที่ฟอกด้วย 10% NaClO เวลา 2 ชั่วโมงไปทำกระดาษแบบแตะ พบว่าเยื่อกระดาษจากใบสับปะรดแช่แข็งจะให้เนื้อกระดาษที่ละเอียดและมีความเหนียวและแข็งแรงเช่นเดียวกับกระดาษจากใบสับปะรดสด แต่ใช้เวลาในการต้ม ล้าง และฟอกจางสีที่น้อยกว่า ส่วนใบสับปะรดสดแห้งหลังการสกัด ฟอกจางสียาก และให้กระดาษที่หยาบ เส้นใยและกระดาษที่ได้เปรียบเทียบกับกระดาษ Whatman no.1 ดังภาพที่ 4.3-4.4



ภาพที่ 4.3 การฟอกเส้นใยจากใบสับปะรดด้วย 10% NaClO และการทำกระดาษ



ภาพที่ 4.4 กระดาษจากใบสับประรดสด แช่แข็ง กากจากการสกัด และกระดาษชุบไขมัน

ผลการเตรียมผงเซลลูโลสจากใบสับประรดสด

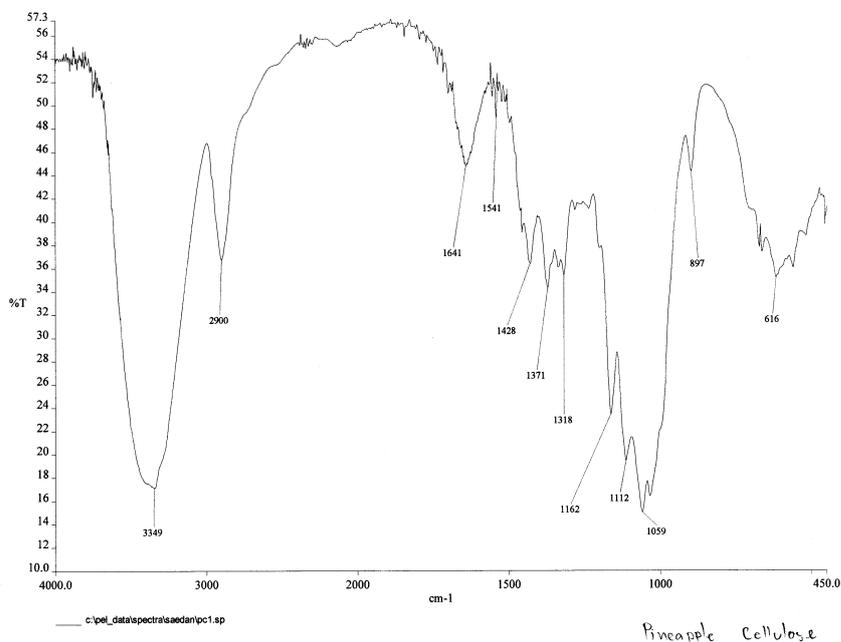
การเตรียมผงเซลลูโลสจากใบสับประรดแช่แข็งโดยใช้สารละลาย 10 % NaClO 5 % และ 10% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เปรียบเทียบกับที่ไม่ผ่านการฟอก แล้วกรองผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh จะได้ผงเซลลูโลส เปรียบเทียบกับผงเซลลูโลสจาก Fluka(STD) ดัง ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.5 และยืนยันด้วย FT-IR (KBr) ดังภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการเตรียมเซลลูโลส(ขนาด <100 Mesh) จากใบสับประรด ด้วยวิธีต่างๆ

เซลลูโลสจากใบสับประรด	สารฟอก	ลักษณะเซลลูโลส (<100 mesh)
C1	3% H ₂ O ₂	มีสีขาวนวล ฟูนุ่ม
C3	10% NaClO	มีสีขาวนวล ฟูนุ่ม (1.21%)
C7	5% H ₂ O ₂	มีสีขาวนวล ขาวกว่า C1 เล็กน้อย ฟูนุ่ม
Untreated	-	มีสีขาวขุ่น เป็นก้อน ฟุน้อย
STD (Cellulose powder from Spruce, Fluka Length of fiber : 0.02 – 0.15 mm)		มีสีขาว ฟูนุ่ม (0.02 – 0.15 mm)



ภาพที่ 4.5 ผงเซลลูโลสจากใบสับปะรดที่ไม่ผ่านการฟอก(Untreated) และผ่านการฟอกด้วย 5 % H_2O_2 (C1), 10 % H_2O_2 (C7) และ สารละลาย 10% NaClO (C3)



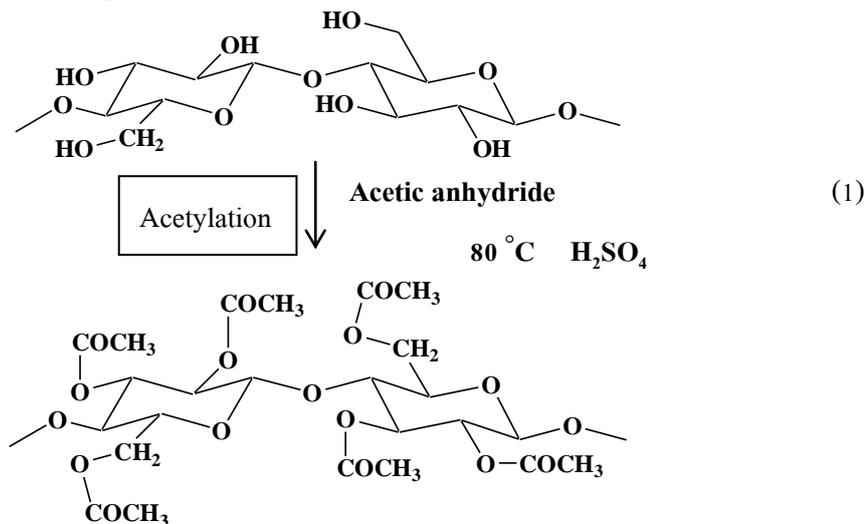
ภาพที่ 4.6 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose เตรียมจากใบสับปะรด

ผงเซลลูโลสจากใบสับปะรดขนาด 100 Mesh ที่ผ่านการฟอกด้วย 10 % H_2O_2 (C7) มีสี ขาวนวลและฟูนุ่มกว่าที่ผ่านการฟอกด้วย 5 % H_2O_2 (C1), และ สารละลาย 2 % NaClO (C3) และมี

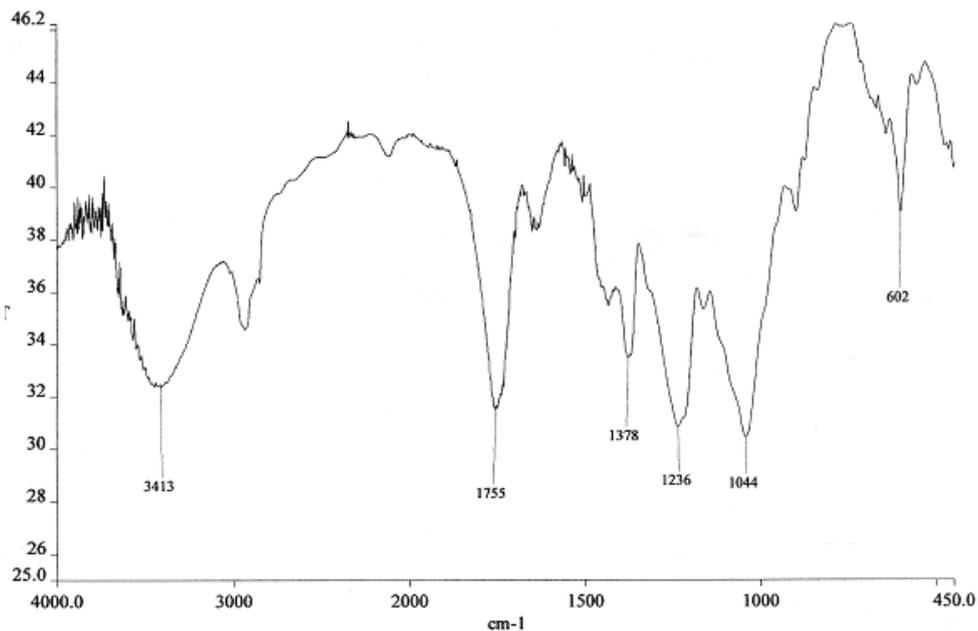
ลักษณะใกล้เคียงกับผงเซลลูโลส (Fluka) แต่มีสีเข้มกว่าอย่างไรก็ตาม ทุกตัวอย่าง มี FT-IR spectrum ที่คล้ายกัน ส่วนผงเซลลูโลสที่ไม่ผ่านการฟอก (Untreated) มีสีขาวขุ่น เป็นก้อน ฟูน้อย

ผลการเตรียมอนุพันธ์เซลลูโลส

1. ผลการเตรียมเซลลูโลสอะซิเตต

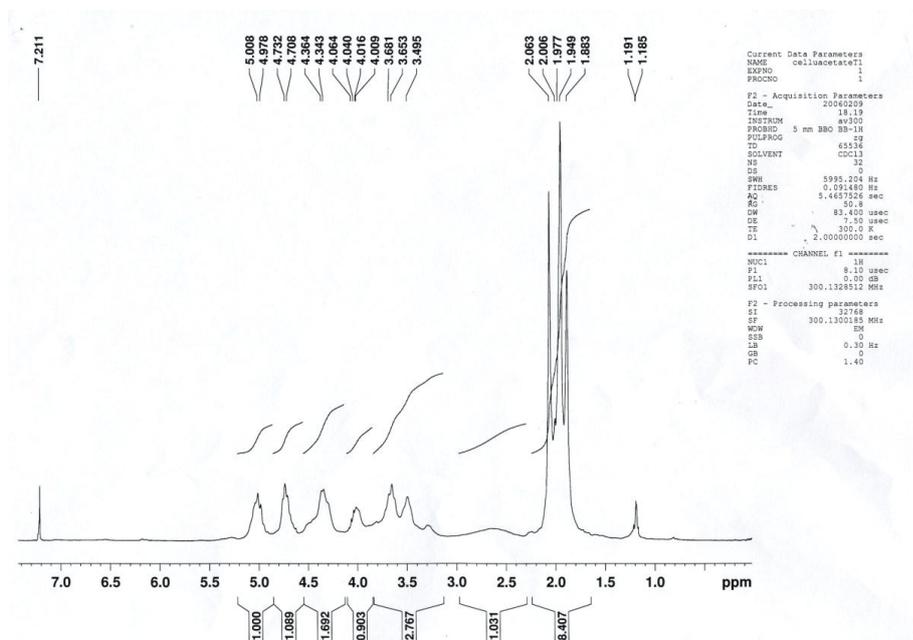


เมื่อนำเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดมา 2 กรัม มาทำ อะเซทิลเลชัน (Acetylation) โดยเติมกรดอะซิติก 0.5 กรัม กรดอะซิติกแอนไฮไดรด์ 5.0 กรัม กรดซัลฟิวริก 0.04 กรัม และเมทิลีนคลอไรด์ 30 มิลลิลิตร รีฟลักซ์ที่ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กรอง จะได้สารละลาย เมื่อระเหยตัวทำละลายออก จะได้เซลลูโลสอะซิเตตหนัก 0.74 กรัม ละลายได้ใน CHCl_3 FT-IR spectrum มีการดูดกลืนที่ 1755 cm^{-1} แสดงให้เห็นว่า มีหมู่ $\text{C}=\text{O}$ ของเอสเทอร์เกิดขึ้น แสดงว่ามี หมู่อะซิทิล ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose acetate ที่เตรียมจากใบสับปะรด

$^1\text{H-NMR}$ spectrum (CDCl_3) ของ Cellulose acetate ที่เตรียมจากใบสับปะรด ดังภาพที่ 4.8
 คำนวณค่า DS = 2.8 (คำนวณจาก $^1\text{H-NMR}$ สเปกตรัม)



ภาพที่ 4.8 แสดง $^1\text{H-NMR}$ spectrum (CDCl_3) ของ Cellulose acetate ที่เตรียมจากใบสับปะรด

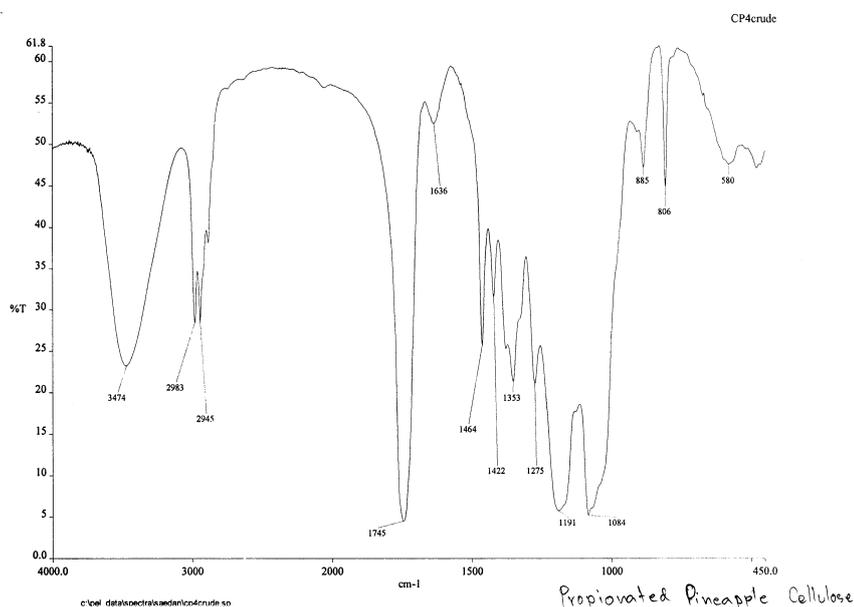
เมื่อนำไปเตรียมแผ่นฟิล์มเซลลูโลสแอซิเตตจากใบสับปะรด ได้แผ่นฟิล์มใสสีเขียว โปร่งใสและวาว ดังภาพที่ 4.9



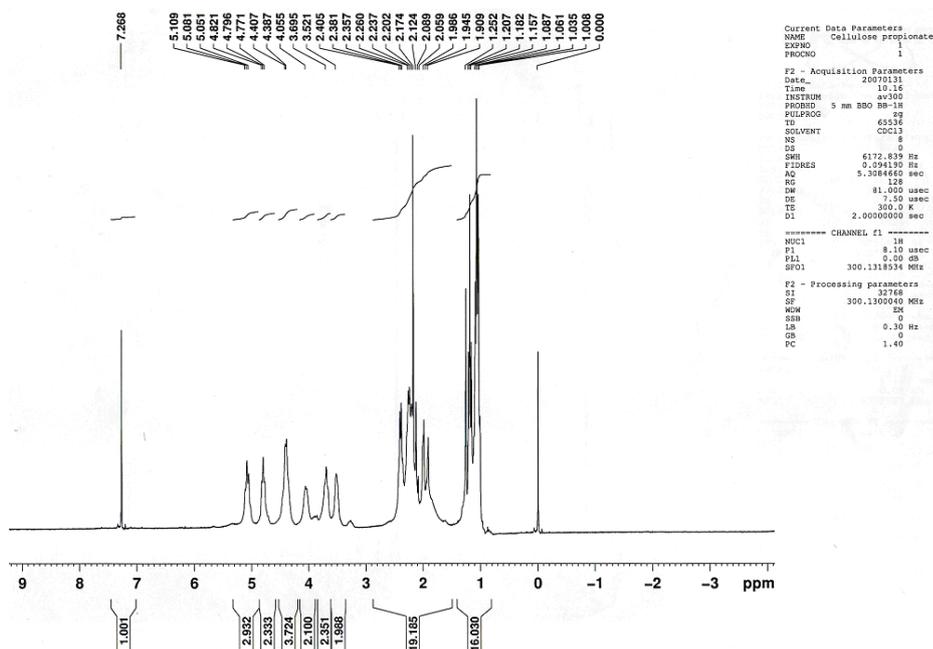
ภาพที่ 4.9 แสดงแผ่นฟิล์มเซลลูโลสแอซิเตตจากใบสับปะรด

2. ผลการเตรียมผงเซลลูโลสโพรพิโอเนต

ได้ผงเซลลูโลสโพรพิโอเนตสีเหลืองอ่อน เมื่อเทียบกับผงเซลลูโลสโพรพิโอเนตที่เตรียมจากผงเซลลูโลส (Fluka) ซึ่งมีสีขาวนวล ซึ่งยืนยันโดย IR spectrum (KBr) ดังภาพที่ 4.10 มีการดูดกลืนที่ 1745 cm^{-1} แสดงให้เห็นว่ามีหมู่ $\text{C}=\text{O}$ ของเอสเทอร์เกิดขึ้น แสดงว่ามีหมู่โพรพิโอเนต



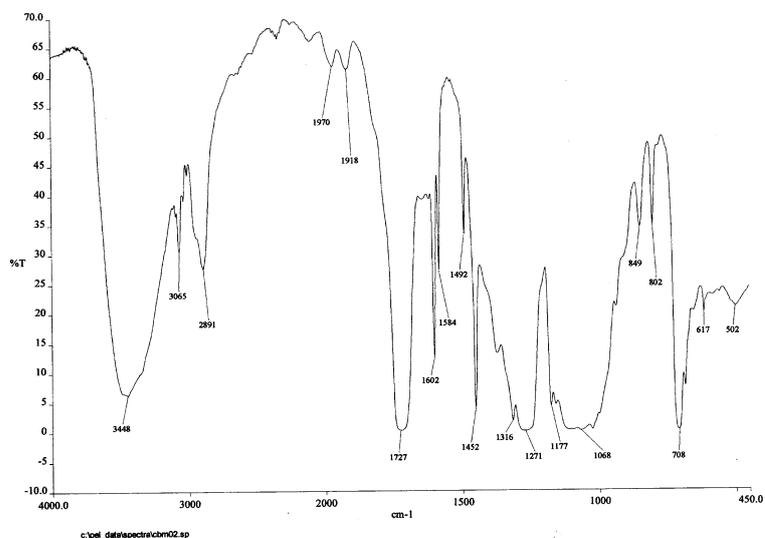
ภาพที่ 4.10 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose propionate เตรียมจากใบสับปะรด



ภาพที่ 4.11 ^1H NMR spectrum (CDCl_3) ของเซลลูโลสโพรพิโอเนต

3. ผลการเตรียมผงเซลลูโลสเบนโซเอต

ได้ผงเซลลูโลสเบนโซเอตจากใบสับปรดมีสีขาวอมเทา เมื่อเทียบกับผงเซลลูโลสเบนโซเอตที่เตรียมจากผงเซลลูโลส (Fluka) ซึ่งมีสีขาวมาก ยืนยันโครงสร้างโดย IR spectrum (KBr) มีสัญญาณการสั่นที่ 1727 cm^{-1} แสดงให้เห็นว่ามีหมู่ $\text{C}=\text{O}$ ของเอสเทอร์เกิดขึ้น แสดงว่ามีหมู่เบนโซอิล ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Cellulose benzoate ที่เตรียมจากใบสับปรด

4. ผลการเตรียม Carboxymethyl cellulose (CMC) จากไบสับปะรด

ปริมาณ CMC ที่เตรียมได้และสภาพการละลายน้ำ เมื่อใช้เซลลูโลสจากไบสับปะรด 1 กรัม และอัตราส่วนต่างๆของสาร ดังตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าเมื่อใช้อัตราส่วนเซลลูโลสต่อ MCA 1:1 และใช้ สารละลาย 15 % NaOH จะได้ CMC สูงสุด (1.68 กรัม) ละลายน้ำได้ดี

เมื่อใช้ เซลลูโลสจากไบสับปะรด 1 กรัม ใช้ สารละลาย 15 % NaOH เซลลูโลสต่อ MCA 1:1.5 จะได้ CMC สูงสุด (2.67 กรัม) ละลายน้ำได้ดี แสดงว่าเมื่อเพิ่ม MCA ขึ้น จะได้ปริมาณเพิ่มขึ้น

เมื่อใช้เซลลูโลสจากไบสับปะรด 25 กรัม ใช้สารละลาย 15 % NaOH เซลลูโลสต่อ MCA 1:1 จะได้ CMC (40.07 กรัม) ละลายน้ำได้ดี ได้ปริมาณต่ำกว่า CMC จาก เซลลูโลส (Fluka)

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเตรียม CMC ในอัตราส่วนต่าง ๆ

No.	Cellulose (g)	NaOH (% w/v)	MCA (g)	Weight (g)	การละลายน้ำ
1	1	5	1.00	0.93	ละลายน้ำได้บางส่วน
2	1	10	1.00	1.42	ละลายน้ำได้
3	1	15	1.00	1.68	ละลายน้ำได้
4	1	20	1.00	1.36	ละลายน้ำได้
5	1	30	1.00	1.07	ละลายน้ำได้บางส่วน
6	1	15	0.50	1.07	ละลายน้ำได้บางส่วน
7	1	15	0.75	1.31	ละลายน้ำได้
8	1	15	1.00	1.68	ละลายน้ำได้
9	1	15	1.25	2.06	ละลายน้ำได้
10	1	15	1.50	2.67	ละลายน้ำได้
*11	5 (FP)	15	5.00	7.04	ละลายน้ำได้
*12	5 (Fluka)	15	5.00	8.37	ละลายน้ำได้
*13	25(FP)	15	25	40.07	ละลายน้ำได้
*14	25(Fluka)	15	25	44.17	ละลายน้ำได้

หมายเหตุ : ทุกการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

จากตารางที่ 4.7 พบว่า CMC จากโบสับประรด (ที่เตรียมได้เมื่อใช้อัตราส่วนเซลลูโลสต่อ MCA 1:1 และใช้ สารละลาย 15% NaOH) มีค่า DS 0.25 ใกล้เคียงกับ CMC ที่เตรียมจากเซลลูโลส (Fluka) (0.28) ซึ่งยังต่ำกว่า CMC เกรดการค้า (0.40)

ตารางที่ 4.7 ผลการหาค่า Degree of substitution (DS) ด้วยวิธี A.S.T.M., D-1439-03

No.	Cellulose (g)	NaOH (% w/v)	MCA (g)	Degree of substitution (DS)
1	25.00 (FP)	15	25.00	0.25
2	25.00 (Fluka)	15	25.00	0.28
3	CMC เกรดการค้า			0.40

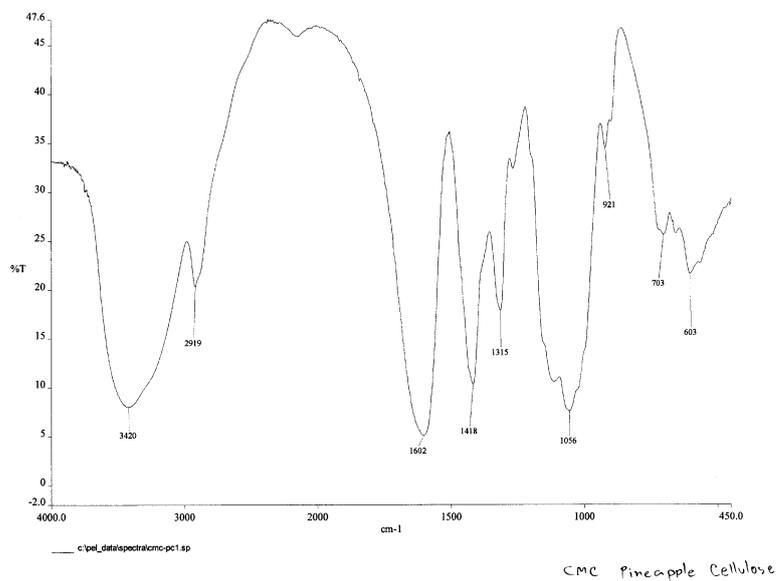
ลักษณะผง CMC จากโบสับประรด (DS 0.25) (ที่เตรียมได้เมื่อใช้อัตราส่วนเซลลูโลสต่อ MCA 1:1 และใช้ สารละลาย 15 % NaOH) และ CMC เตรียมจากเซลลูโลส (Fluka) (DS 0.28) เทียบกับ CMC เกรดการค้า (DS 0.40) ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ผง CMC เกรดการค้า (CG) ผง CMC จากเซลลูโลสจาก Fluka และ ผง CMC จากเซลลูโลสจากโบสับประรดขนาด 100 Mesh

การเตรียม Carboxymethyl cellulose (CMC) ในตัวทำละลาย iso-Propanol โดยใช้ผงเซลลูโลสต่อ MCA อัตราส่วน 1 : 1 และใช้สารละลาย NaOH 15 %Wt จำนวน 10 มิลลิลิตร ต่อผงเซลลูโลส 1 กรัม ได้ผง CMC สีเหลืองอ่อน มีค่า DS เท่ากับ 0.25 (ด้วยวิธี A.S.T.M., D-1439-03)

ละลายน้ำได้ดี สารละลายมีสีเหลืองอ่อน มีสีเข้มกว่ามีค่า DS ต่ำกว่า CMC จากเซลลูโลส (Fluka)
และ CMCเกรดการค้า ยืนยัน โครงสร้างด้วย FT=IR สเปกตรัม (ภาพที่ 4.14)

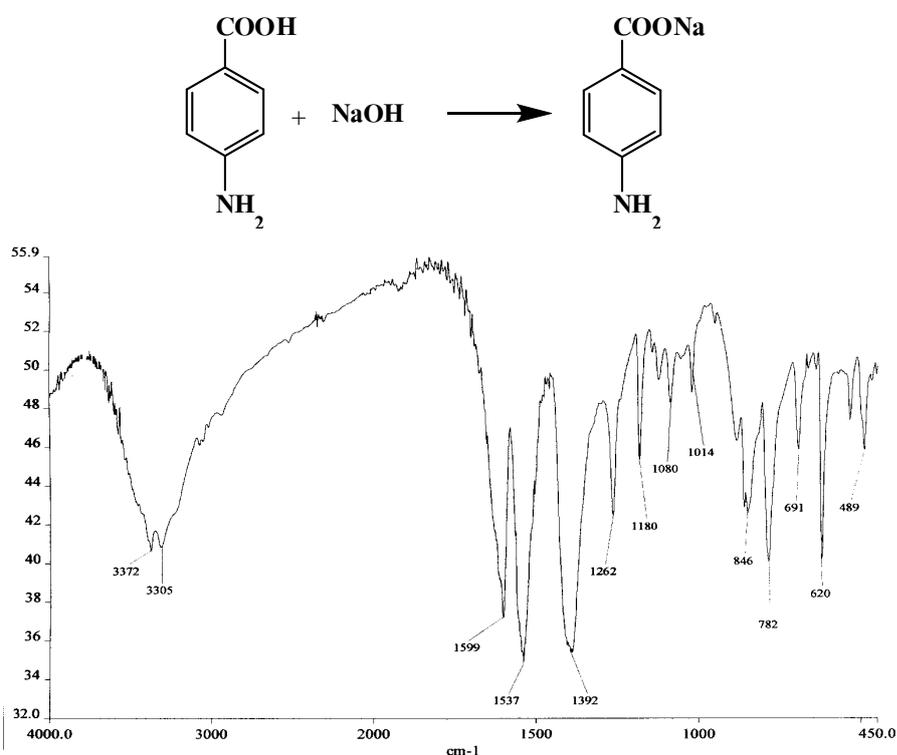


ภาพที่ 4.14 แสดง IR spectrum (KBr) ของ CMC ที่เตรียมจากใบสับปะรด

ผลการเตรียมเซลล์โอสฟารอะมิโนเบนโซอิกและการศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว

1. ผลการเตรียม Sodium *p*-aminobenzoate

เมื่อนำ *p*-aminobenzoic acid (34.29 กรัม, 0.25 mol) มาคนกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.25 mol) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้ผลึกสีขาว แฉวาว สามารถละลายในน้ำได้ เมื่อแห้งจะกลายเป็นของแข็งสีขาวหนัก 31.15 กรัม (78.4 % yield) ดังสมการ ยืนยันโครงสร้างด้วย FT-IR (KBr) ภาพที่ 4.15 และตารางที่ 4.8



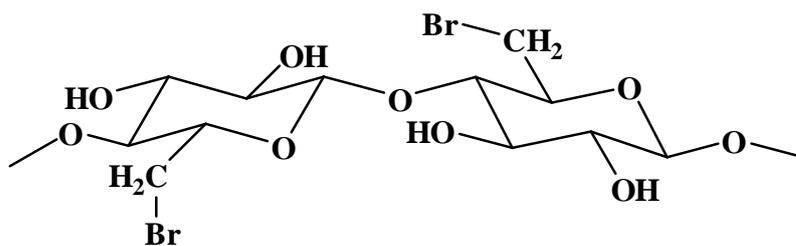
ภาพที่ 4.15 แสดง IR spectrum (KBr) ของ Sodium *p*-aminobenzoate

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลจาก IR spectrum (KBr) ของ Sodium *p*-aminobenzoate

แถบการดูดกลืน (cm ⁻¹)	หมู่ฟังก์ชัน
3,372 - 3305	-NH ₂ stretching
1,600	C=O stretching
1,537 – 1,392	aromatic C=C stretching
1,262	C-O stretching

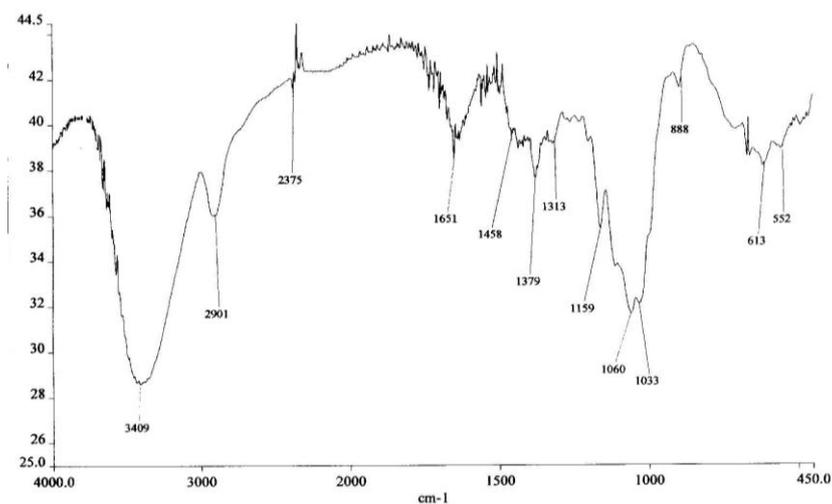
2. ผลการเตรียม 6-bromo-6-deoxycellulose

การสังเคราะห์ 6-bromo-6-deoxycellulose จากเซลลูโลส (1.0 กรัม) โดยทำปฏิกิริยา bromination ด้วย *N*-bromosuccinimide / triphenylphosphine ใน LiBr/ *N,N*-dimethylacetamide ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อนหนัก 0.54 กรัม ดังโครงสร้าง ยืนยันโครงสร้างด้วย FTIR (KBr) ดังตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.16



ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลจาก IR spectrum (KBr) ของ 6-bromo-6-deoxycellulose

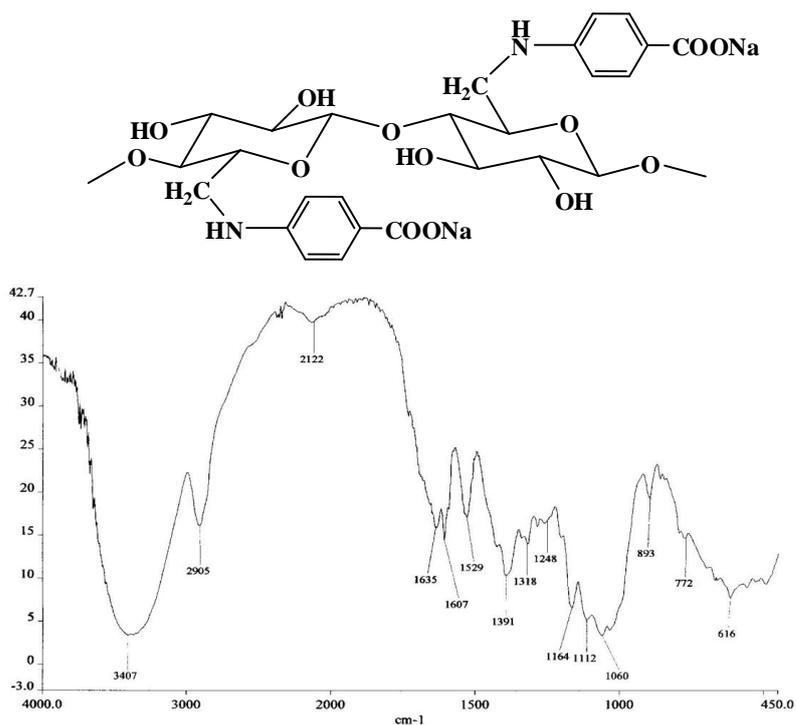
แถบการดูดกลืน (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3,409	O-H stretching
2,901	sp^3 C-H stretching
1,379	C-H bending ของ CH_2
1,159	C-O stretching
613	C-Br stretching



ภาพที่ 4.16 แสดง IR spectrum (KBr) ของ 6-bromo-6-deoxycellulose

3. ผลการเตรียมเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก

เมื่อนำ 6-bromo-6-deoxycellulose (1 กรัม) ที่เตรียมได้มาแช่ใน dimethylformamide ที่บริสุทธิ์ เติม sodium *p*-aminobenzoate (0.7 กรัม, 4.4 mmol) คนที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 35 ชั่วโมง จะได้เซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิกหนัก 1.02 กรัม ดังโครงสร้าง ยืนยันโครงสร้างด้วย FTIR (KBr)



ภาพที่ 4.17 แสดง IR spectrum (KBr) ของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลจาก IR spectrum (KBr) ของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก

แถบการดูดกลืน (cm ⁻¹)	หมู่ฟังก์ชัน
3,409	O-H stretching
2,905	sp ³ C-H stretching
1,529 – 1,391	aromatic C=C stretching
1,391	C-H bending ของ CH ₂
1,248	C-O stretching
772	-NH bending

4. ผลการศึกษาการดูดซับไอออนตะกั่ว

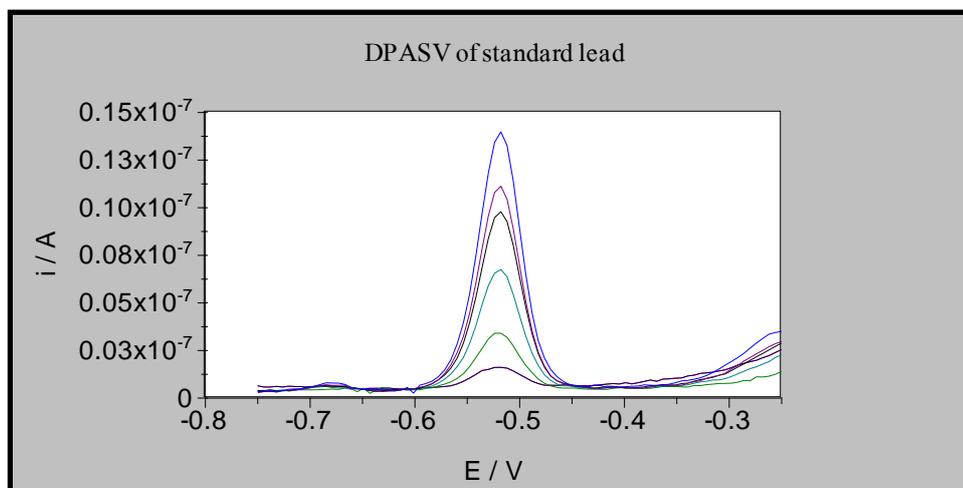
โดยเทคนิคโพลาไรเซชันเชิงพัลส์อะโนดิกสทริปปิงโวลแทมเมตรี (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry)

4.1 ผลการเตรียมสารละลายตะกั่วเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

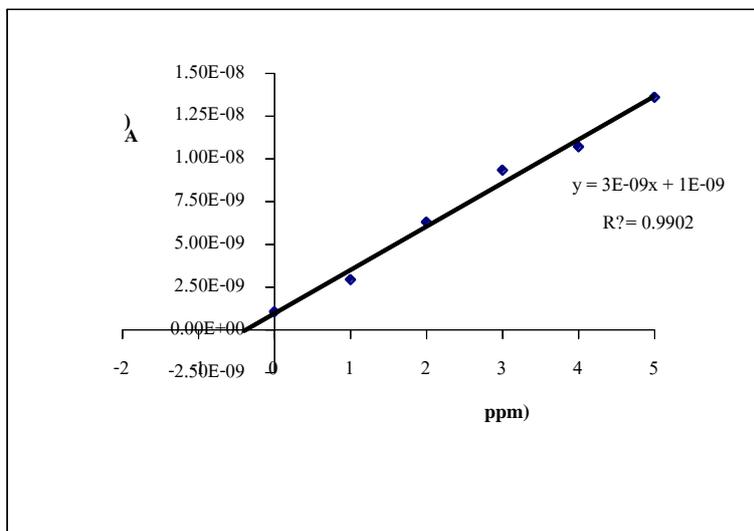
เมื่อเตรียมสารละลายตะกั่ว จากสารละลายมาตรฐาน 1,000 ppm ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3,4 และ 5 ppm นำสารละลายตะกั่ว 5 มิลลิลิตร ที่ผ่านการชะล้างด้วย HCl 1 M ไปวัดหาปริมาณโลหะหนักโดยเทคนิคโพลาไรเซชันเชิงพัลส์อะโนดิกสทริปปิงโวลแทมเมตรี (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry) นำค่ากระแสไฟฟ้าของสารละลายตะกั่ว (ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.18) มาเขียนกราฟมาตรฐาน ดังภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4.11 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 0-5 ppm

ความเข้มข้น (ppm)	กระแสไฟฟ้า (A)
0.0	1.05×10^{-9}
1.0	2.94×10^{-9}
2.0	6.29×10^{-9}
3.0	9.33×10^{-9}
4.0	10.7×10^{-9}
5.0	13.6×10^{-9}



ภาพที่ 4.18 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 0-5 ppm

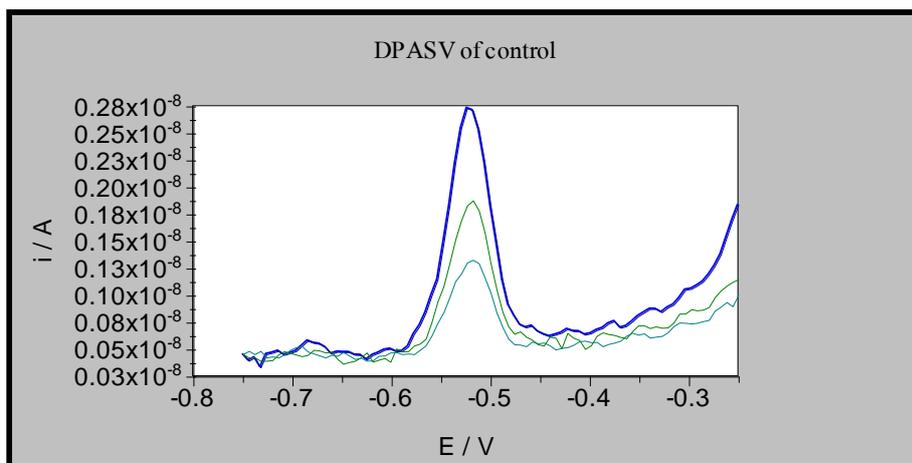


ภาพที่ 4.19 กราฟแสดง Calibration curve ของสารละลายตะกั่วที่ความเข้มข้น 0-5 ppm โดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์อะโนดิกสทริปปิงโวลแทมเมตรี

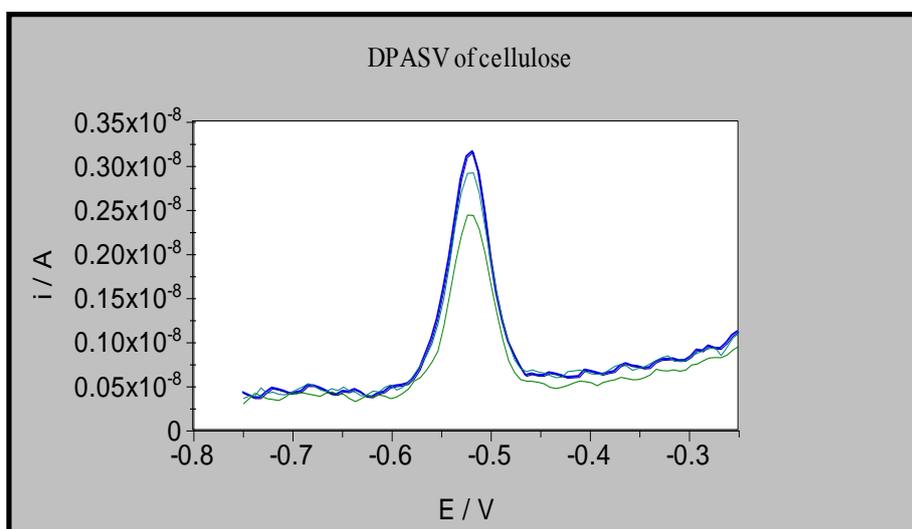
4.2 ผลการหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับตะกั่วของเซลลูโลสและเซลลูโลส พาราอะมิโนเบนโซอิก

เมื่อนำเซลลูโลสจากใบสับปะรดมาบรรจุในคอลัมน์แล้วผ่านด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ชะล้างคอลัมน์ด้วยน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร แล้วตามด้วยสารละลาย HCl เมื่อนำสารละลาย HCl 5 มิลลิลิตรที่ผ่านออกจากคอลัมน์ ไปวัดค่ากระแสไฟฟ้า และหาปริมาณตะกั่ว (เซลลูโลสควบคุม *) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.20 และตารางที่ 4.12

และเมื่อนำเซลลูโลสจากใบสับปะรดมาบรรจุในคอลัมน์แล้วผ่านด้วยสารละลายตะกั่วความเข้มข้น 0.05 ppm 50 มิลลิลิตร ชะล้างคอลัมน์ด้วยน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร แล้วตามด้วยสารละลาย HCl เมื่อนำสารละลาย HCl 5 มิลลิลิตรที่ผ่านออกจากคอลัมน์ ไปวัดค่ากระแสไฟฟ้าและหาปริมาณตะกั่ว ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.21 และ ตารางที่ 4.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.20 แสดงค่ากระแสไฟฟ้า เซลลูโลสควบคุมครั้งที่ 1-3



ภาพที่ 4.21 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของเซลลูโลสจากใบสับประรดครั้งที่ 1-3

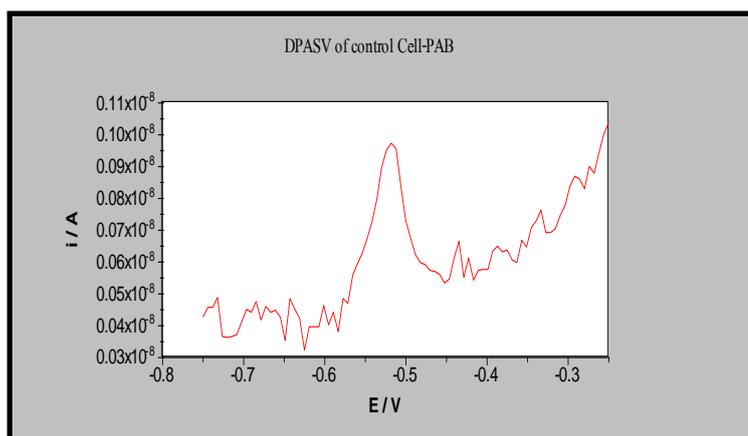
ตารางที่ 4.12 แสดงการดูดซับตะกั่วของ เซลลูโลสควบคุม และเซลลูโลสจากใบสับประรด

ประเภท ตัวดูดซับ	ปริมาณ ตัวดูดซับ (กรัม)	ค่ากระแสไฟฟ้า(A)			เฉลี่ย	ปริมาณ ตะกั่ว (ppm)	ปริมาณ ตะกั่ว (mg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
เซลลูโลส ควบคุม *	0.7	2.19×10^{-9}	1.40×10^{-9}	0.88×10^{-9}	1.49×10^{-9}	0.16	0.8×10^{-3}
เซลลูโลส	0.7	2.65×10^{-9}	1.98×10^{-9}	2.41×10^{-9}	2.35×10^{-9}	0.45	2.25×10^{-3}

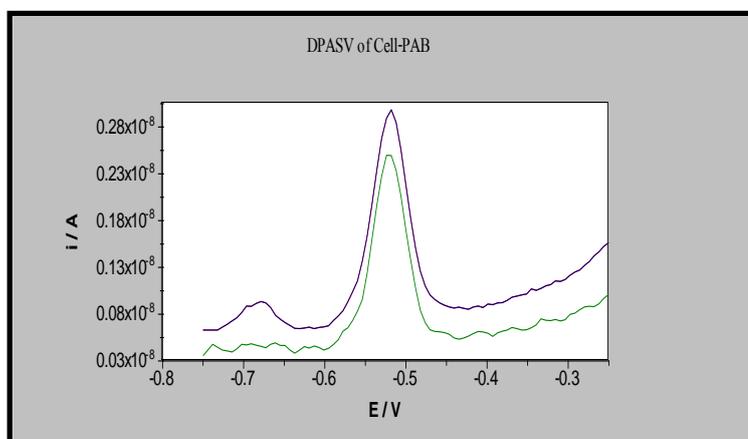
หมายเหตุ เซลลูโลสควบคุม * คือเซลลูโลสจากใบสับประรดแต่ผ่านด้วยน้ำปราศจากไอออนตะกั่ว

จากผลการวิเคราะห์เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟหาความเข้มข้น พบว่า เซลลูโลสจากไบสัประด สามารถดูดซับตะกั่วได้ 58 % และปริมาณ Pb^{2+} ที่ถูกดูดซับเท่ากับ 0.997×10^{-5} mmol/g และเมื่อนำเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก (CellPAB) มาบรรจุในคอลัมน์แล้วผ่านด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ชะล้างคอลัมน์ด้วยน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร แล้วตามด้วยสารละลาย HCl เมื่อนำสารละลาย HCl 5 มิลลิลิตรที่ผ่านออกจากคอลัมน์ ไปวัดค่ากระแสไฟฟ้า และหาปริมาณตะกั่ว (เซลลูโลสควบคุม *) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.22 และตารางที่ 4.13 ตามลำดับ

และเมื่อนำเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก (CellPAB) มาบรรจุในคอลัมน์แล้วผ่านด้วยสารละลายตะกั่วความเข้มข้น 0.05 ppm 50 มิลลิลิตร ชะล้างคอลัมน์ด้วยน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร แล้วตามด้วยสารละลาย HCl 5 มิลลิลิตร นำสารละลายกรดที่ผ่านออกจากคอลัมน์ ไปวัดค่ากระแสไฟฟ้าและหาปริมาณตะกั่ว ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.23 และ ตารางที่ 4.13 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.22 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของ เซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิกควบคุม



ภาพที่ 4.23 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิกครั้งที่ 1-2

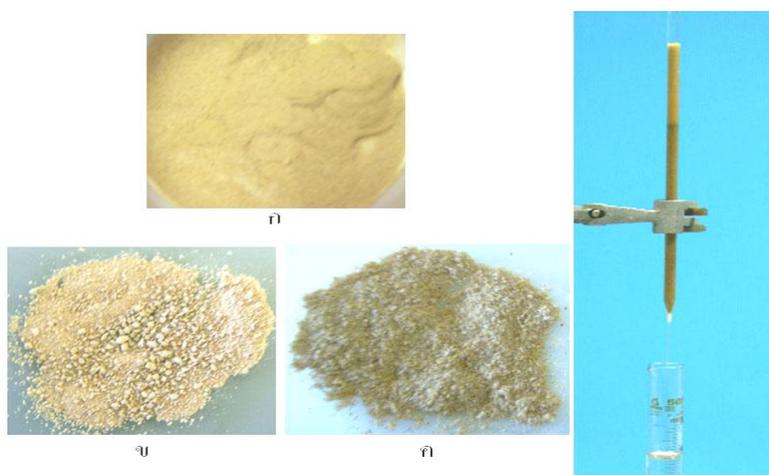
ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณตะกั่วของ เซลลูโลส(Cell-PAB) กววมและ เซลลูโลสพาราอะมิโน-เบนโซอิก (Cell-PAB)

ประเภทตัวดูดซับ	ปริมาณตัวดูดซับ (กรัม)	ค่ากระแสไฟฟ้า(A)		เฉลี่ย	ปริมาณตะกั่ว (ppm)	ปริมาณตะกั่ว (mg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			
Cell-PAB กววม*	0.7	0.49×10^{-9}	-	0.49×10^{-9}	0.00	0.00
Cell-PAB	0.7	2.22×10^{-9}	1.98×10^{-9}	2.10×10^{-9}	0.37	1.85×10^{-3}

หมายเหตุ * เซลลูโลสตัดแปลง (CellPAB) ที่ผ่านด้วยน้ำปราศจากไอออนตะกั่ว

จากผลการวิเคราะห์เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟหาความเข้มข้น พบว่า เซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก(CellPAB) สามารถดูดซับตะกั่วได้ 73 % และมีปริมาณ Pb^{2+} ที่ถูกดูดซับเท่ากับ 1.276×10^{-5} mmol/g

เซลลูโลสที่ได้จากเส้นใยจากใบสับปะรดนำมาตัดแปลงเป็นเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก แล้วนำมาศึกษาการดูดซับตะกั่วจากสารละลายน้ำที่มีตะกั่วที่เตรียมขึ้น พบว่าเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิกสามารถดูดซับตะกั่วได้ 73 % ได้ดีกว่าผงเซลลูโลสจากใบสับปะรดที่ไม่ได้ตัดแปลงซึ่งดูดซับตะกั่วได้ 58 %



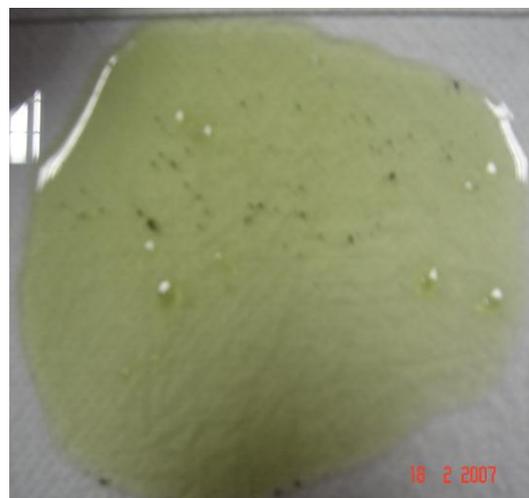
ภาพที่ 4.24 (ก) เซลลูโลส (ข) 6-bromo-6-deoxycellulose (ค) เซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก

ผลการเตรียมเซลลูโลสอะซิเตตเมมเบรน เซลลูโลสโพรพิโอเนตเมมเบรนและ เซลลูโลส เบนโซเอตเมมเบรน

เมื่อนำเซลลูโลสอะซิเตตและเซลลูโลสโพรพิโอเนตจากเส้นใยสับปะรด มาเตรียมเซลลูโลสอะซิเตตเมมเบรน และเซลลูโลสโพรพิโอเนตเมมเบรน โดยใช้เซลลูโลสโพรพิโอเนต (22 %) formamide 30 % และ Acetone 48 % โดยการ พบว่าได้แผ่นฟิล์มซึ่งขาดง่าย ยังไม่เป็นเมมเบรนที่ดี ดังภาพที่ 4.25



เซลลูโลสอะซิเตตเมมเบรน



เซลลูโลสโพรพิโอเนตเมมเบรน

ภาพที่ 4.25 เซลลูโลสอะซิเตตเมมเบรนและเซลลูโลสโพรพิโอเนตเมมเบรน

ผลการศึกษาการทำเมมเบรนจาก เซลลูโลสโพรพิโอเนต และ เซลลูโลส เบนโซเอตโดยใช้ DMAc และ maleic acid (Khan, 2000 : 58) ที่อัตราส่วน เซลลูโลสโพรพิโอเนต (8 %) DMAc (84 %) และ maleic acid (8 %) และที่อัตราส่วนเซลลูโลสโพรพิโอเนต (12.5 %) DMAc (75%) และ maleic acid (12 %) พบว่าสารไม่รวมกัน ไม่สามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ เช่นเดียวกับเมื่อใช้เซลลูโลส เบนโซเอต ดังข้อมูลในตารางภาคผนวกที่ 1

ผลการศึกษาการทำเมมเบรนจาก เซลลูโลสโพรพิโอเนต และ เซลลูโลส เบนโซเอตโดยใช้ formamide 30 % และ Acetone 48 % (ครุณี, 1998 : 479-480) และบางอัตราส่วน พบว่าเมื่อใช้

เซลลูโลสโพรฟิไอเนต (22 %) formamide 30 % และ Acetone 48 % ได้สารละลายและเกิดฟิล์มแต่แตกง่าย ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับเมื่อใช้เซลลูโลสโพรฟิไอเนต (15%) formamide 35 % และ Acetone 50 % และพบว่าเมื่อใช้เซลลูโลส เบนโซเอต (15 %) formamide 35 % และ Acetone 50 % ได้สารละลายและเกิดฟิล์มแต่แตกง่ายเช่นเดียวกัน ไม่ได้เมมเบรนที่มีคุณภาพดังข้อมูลในตารางภาคผนวกที่ 1

ผลการศึกษาการทำเมมเบรนและไฮโดรเจลจากเซลลูโลสในสารละลาย

NaOH/Thiourea หรือ NaOH/Urea

1. ผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรน

ผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรนจากเซลลูโลสจากใบสับปะรดในสารละลาย NaOH/Thiourea หรือ NaOH/Urea ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากใบสับปะรดและเซลลูโลส (Fluka) ในสารละลาย NaOH/Thiourea หรือ NaOH/Urea

การทดลองที่	Cellulose	ตัวทำละลาย	ผลการทดลอง	อุณหภูมิ
1	STD	NaOH/thiourea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	-15 °C
2	STD	NaOH/thiourea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนใส ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	Room temp.
3	STD	NaOH/thiourea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	50 °C
4	FP (100 Mesh)	NaOH/thiourea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น มีความเหนียวน้อย ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	-15 °C
5	FP (100 Mesh)	NaOH/thiourea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	Room temp.

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

การทดลอง ที่	Cellulose	ตัวทำละลาย	ผลการทดลอง	อุณหภูมิ
6	FP (100 Mesh)	NaOH/thiourea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	50 °C
7	STD	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนใส ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	-15 °C
8	STD	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรน ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	Room temp.
9	STD	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	50 °C
10	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	-15 °C
11	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	Room temp.
12	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น ขาดง่าย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	50 °C
13	STD	NaOH/urea (7/12)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	-15 °C
14	STD	NaOH/urea (7/12)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	Room temp.
15	STD	NaOH/urea (7/12)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	50 °C
16	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (7/12)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แฉ่น้ำไม่นิ่ม	-15 °C

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

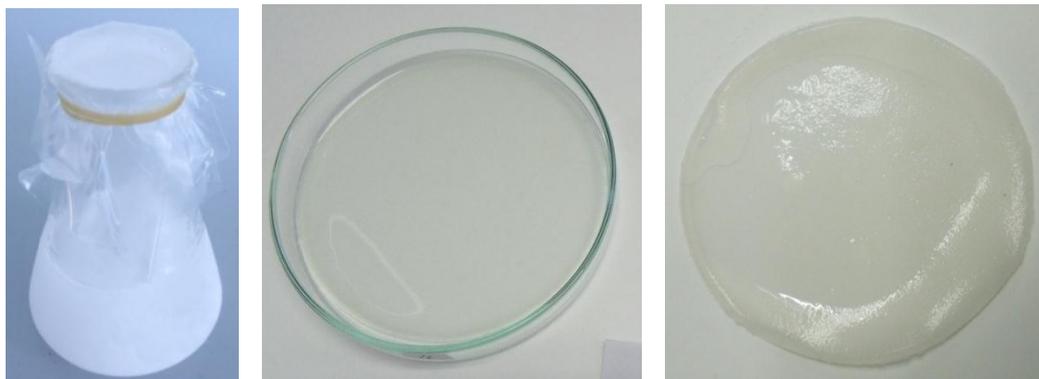
การทดลอง ที่	Cellulose	ตัวทำละลาย	ผลการทดลอง	อุณหภูมิ
17	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (7/12)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง	Room temp.
18	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (7/12)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนขุ่น มีความเหนียวเล็กน้อย เมื่อแห้งจะแข็ง แช่น้ำไม่นิ่ม	50 °C

หมายเหตุ : STD = Cellulose จากบริษัท Fluka FP = Cellulose จากไบสัปประด

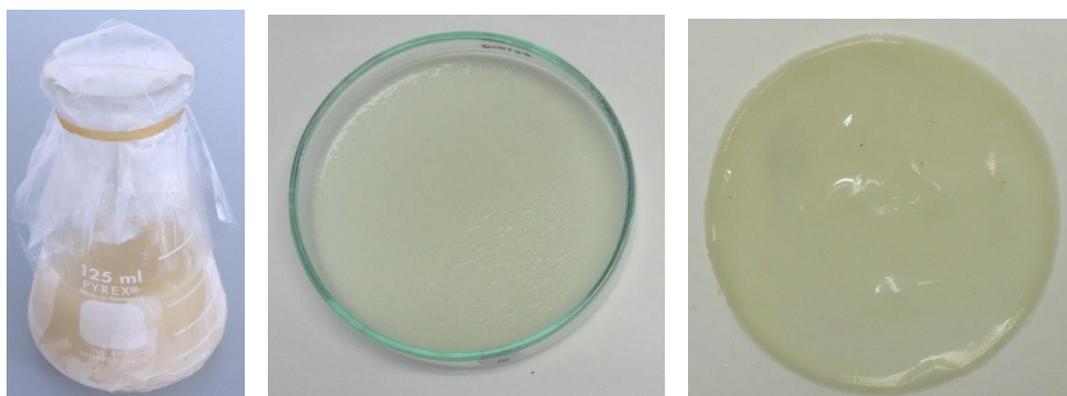
ผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรนจากเซลลูโลสจากไบสัปประดในสารละลาย NaOH/Urea อัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียสดังแสดงใน ตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.26 -4.27

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการเตรียมเซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากไบสัปประดในสารละลาย NaOH/Urea อัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียส)

การ ทดลองที่	Cellulose	ตัวทำละลาย	ผลการทดลอง	อุณหภูมิ
1	เซลลูโลส (Fluka)	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนใส มีความเหนียวสูง เมื่อแห้งจะแข็งกรอบ แช่น้ำไม่นิ่ม	100 °C
2	FP (100 Mesh)	NaOH/urea (6/5)	ได้แผ่นเมมเบรนสีเหลืองอ่อนใส มีความเหนียว เมื่อแห้งจะแข็งกรอบ แช่น้ำไม่นิ่ม	100 °C



ภาพที่ 4.26 เซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลส(Fluka)ในสารละลาย NaOH/urea อัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 4.27 เซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากใบสับปะรดในสารละลาย NaOH/Urea อัตราส่วน 6:5 และที่ 100 องศาเซลเซียส)

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติการแยกสารของเซลลูโลสเมมเบรน (ที่เตรียมจากเซลลูโลสจากใบสับปะรดในสารละลาย NaOH/Urea)

เมมเบรนสามารถแยกน้ำจากน้ำมันพืชได้ด้วยความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เมื่อเซนตริฟิวจ์เป็นเวลา 10-15 นาที น้ำผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันในชั้นบน(ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง) และสามารถแยกเฮกเซนจากน้ำมันพืชได้ ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เมื่อเซนตริฟิวจ์เป็นเวลา 5-15 นาที เฮกเซนผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมดเหลือน้ำมันในชั้นบนไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง แต่ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เมมเบรนขาด ส่วนสารละลายน้ำตาลและของผสมน้ำ + เฮกเซน สามารถผ่านเมมเบรนได้ในเวลา 10-15 นาที ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการแยกสารของเซลล์โลสเมมเบรน

การทดลองที่	สารตัวอย่าง	ความเร็ว (rpm)	เวลา (นาที)	ผลการทดลอง
1	น้ำ	2,500	15	น้ำผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด
2	น้ำ + น้ำมันพืช	2,500	5	น้ำผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่าง แต่ยังมีน้ำอยู่ในชั้นบน
3	น้ำ + น้ำมันพืช	2,500	10	น้ำผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันอยู่ในชั้นบน (ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง)
4	น้ำ + น้ำมันพืช	2,500	15	น้ำผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันในชั้นบน (ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง)
5	น้ำ + น้ำมันพืช	3,000	5	เมมเบรนขาด
6	น้ำ + น้ำมันพืช	4,000	5	เมมเบรนขาด
7	น้ำ + น้ำตาล	2,500	5	สารละลายผ่านลงมาชั้นล่าง 3 ใน 4 ส่วน
8	น้ำ + น้ำตาล	2,500	10	สารละลายผ่านลงมาชั้นล่างทั้งหมด
9	น้ำ + น้ำตาล	2,500	15	สารละลายผ่านลงมาชั้นล่างทั้งหมด
10	น้ำ + เฮกเซน	2,500	5	สารผ่านลงมาชั้นล่างทั้งหมด
11	น้ำ + เฮกเซน	2,500	10	สารผ่านลงมาชั้นล่างทั้งหมด
12	น้ำ + เฮกเซน	2,500	15	สารผ่านลงมาชั้นล่างทั้งหมด
13	เฮกเซน + น้ำมัน	2,500	5	เฮกเซนผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันในชั้นบน ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง
14	เฮกเซน + น้ำมัน	2,500	10	เฮกเซนผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันในชั้นบน ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง
15	เฮกเซน + น้ำมัน	2,500	15	เฮกเซนผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันในชั้นบน ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง

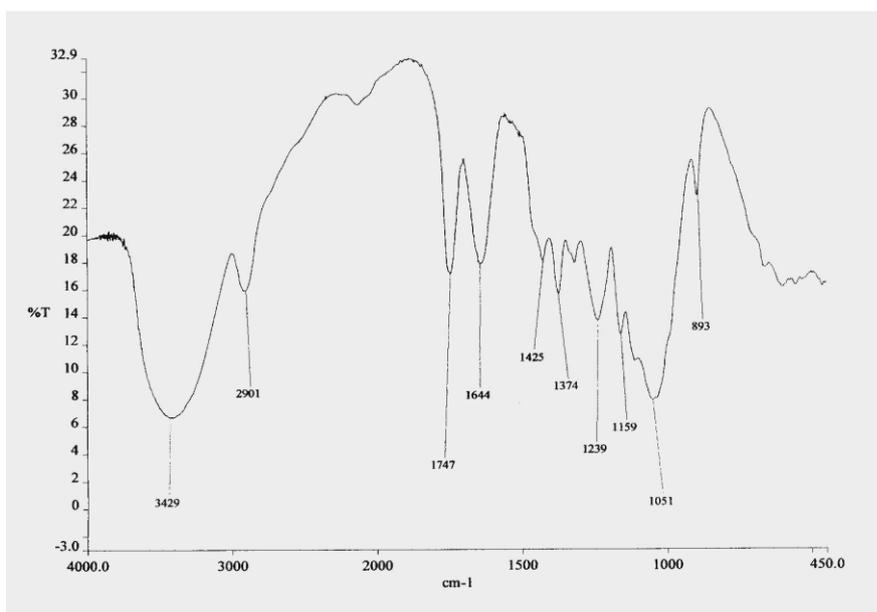
ผลการศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต

1. ผลการเตรียมเส้นใยสำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต

1.1 การเตรียม Acetylated fiber โดยการทำให้ Acetylation

ผลจากการนำเส้นใยที่ปรับสภาพด้วยเบส แล้วมาอุ่นด้วยแก๊สเอซิลแอซิดที่เข้มข้นที่ 30°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำมาทำปฏิกิริยากับกรดเอซิลแอซิด 25 มิลลิลิตร โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 หยดเพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ล้าง อบ จะได้ Acetylated fiber

IR สเปกตรัม (KBr) ของ Acetylated fiber เปรียบเทียบกับเซลลูโลส มีแถบการดูดกลืนที่ $1747\text{ (cm}^{-1}\text{)}$ แสดงให้เห็นว่ามีหมู่ $\text{C}=\text{O}$ ของเอสเทอร์เกิดขึ้นบางส่วน แสดงว่ามีหมู่อะซิetyl เข้าที่พื้นผิวของเส้นใย ดังภาพที่ 4.28

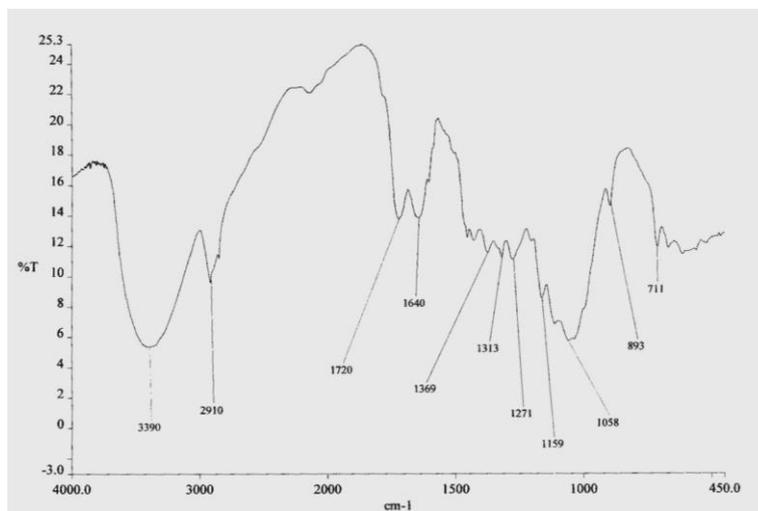


ภาพที่ 4.28 แสดง IR สเปกตรัม (KBr) ของ acetylated fiber สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต

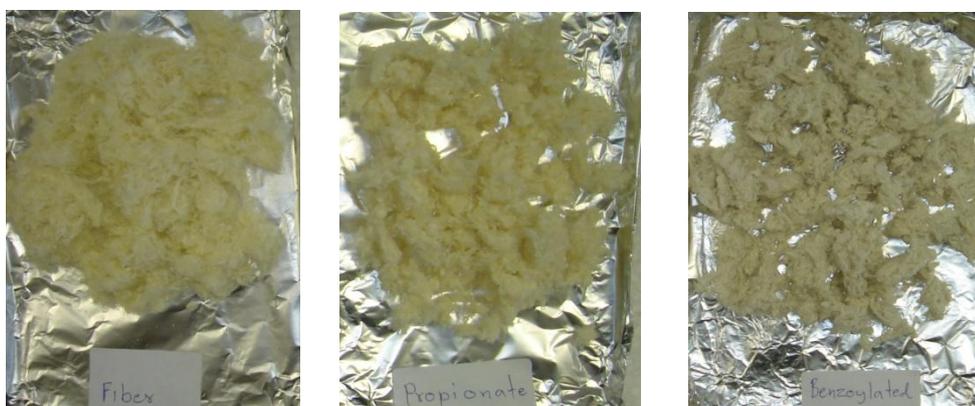
1.2 ผลจากการเตรียม benzoylated fiber

จากการนำเส้นใย 6 มิลลิเมตร มาล้างด้วยน้ำและอบที่อุณหภูมิ 70°C ให้แห้ง กำหนดปริมาณเส้นใย แล้วแช่ในสารละลาย 18% NaOH นาน 30 นาที แช่ใน 10% NaOH โดยใช้ benzoyl chloride เป็นตัวทำละลายนาน 15 นาที กรองและล้างด้วยน้ำ กรอง แช่ในเอทานอลนาน 1 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำและทำให้แห้ง จะได้ benzoylated fiber

IR สเปกตรัม (KBr) ของ benzoylated fiber เปรียบเทียบกับเซลลูโลส มีแถบการดูดกลืนที่ $1720\text{ (cm}^{-1}\text{)}$ แสดงให้เห็นว่ามีหมู่ C=O ของเอสเทอร์เกิดขึ้นบางส่วน แสดงว่ามีหมู่เบนโซอิลเข้าที่พื้นผิวของเส้นใย ดังภาพที่ 4.29



ภาพที่ 4.29 แสดง IR สเปกตรัม (KBr) ของ benzoylated fiber ที่เตรียมได้สำหรับพอลิเมอร์คอมโพสิต



Cellulose fiber

Propionylated fiber

Benzoylated fiber

ภาพที่ 4.30 เส้นใย เซลลูโลสจากใบสับปะรด และเส้นใยดัดแปลง

2. ผลการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพลาสติก PET กับเส้นใยสับปะรด

2.1 การทดสอบการละลายพลาสติกชนิด PET ในตัวทำละลายชนิดต่างๆ พบว่า PET ไม่ละลายใน *N, N*-Dimethylformamide (DMF) ที่อุณหภูมิห้อง แต่เมื่อ Reflux 2 h. PET จะให้สาร

ลักษณะเป็นครีมสีขาว แต่เมื่อแห้งจะเป็นผงสีขาวละเอียด และไม่ละลายทั้งที่เย็นและร้อนในตัวทำละลายอื่นๆ เช่น Benzene, Toluene, Xylene, Hexane, Tetrahydrofuran, Acetone, Chloroform, Xylene + Chloroform, และ Dichloromethane

2.2 ผลการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตโดยใช้ตัวทำละลาย DMF

ผลจากการรีฟลักซ์เทอร์โมพลาสติกชนิด PET 10 กรัมด้วย DMF ผสมเส้นใยสับปะรดบดละเอียด 1.5 กรัม ได้ของผสมระหว่างเส้นใยและพลาสติก นำของผสมที่ได้มาอัดต่อที่อุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อหลอมให้ความร้อน ได้คอมโพสิตที่มีลักษณะดังตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.32

ตารางที่ 4.17 ลักษณะของของผสมระหว่างเส้นใยกับ PET หลังทำการอัดและหลอมให้ความร้อน

ลักษณะของผสมเบื้องต้น		
หลังการรีฟลักซ์	หลังอัด (180 °C)	หลังหลอม
-เส้นใยรวมกันเป็นกระจุกมีสารจากพลาสติกรวมอยู่บางส่วน -มีของแข็งสีเหลืองซึ่งเปราะแตกง่าย	เกิดการไหม้ของเส้นใย มีแผ่นของแข็ง มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เปราะแตกง่าย	คอมโพสิตแข็ง แตก มีสีดำไหม้

2.2 ผลการเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิตโดยใช้ความร้อนและไม่ใช้ตัวทำละลาย

ผลจากการนำเทอร์โมพลาสติกชนิด PET 5 กรัม มาหลอมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 165 °C และ 190 °C และใช้ขนาด และปริมาณของเส้นใยแตกต่างกัน และเวลาในการผสมเส้นใยให้พอลิเมอร์คอมโพสิตเบื้องต้นที่มีลักษณะดังในตารางที่ 4.18

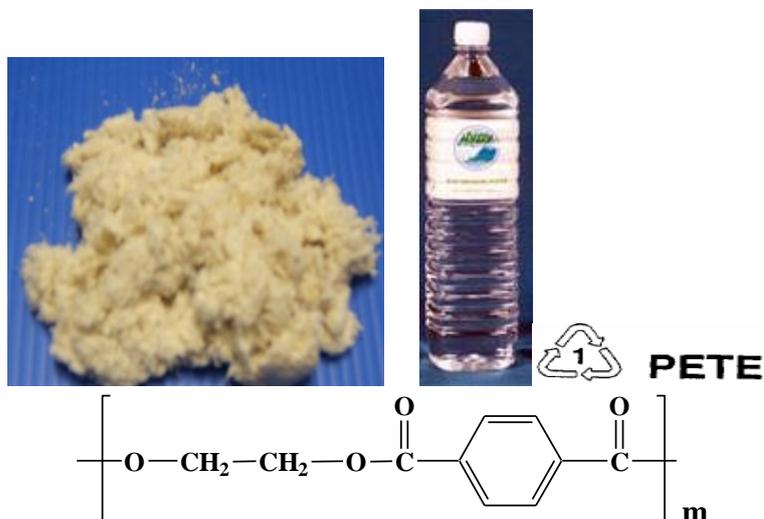
ตารางที่ 4.18 ลักษณะพอลิเมอร์คอมโพสิตเบื้องต้น จากพลาสติกชนิด PET 5 กรัม และที่เวลาในการผสมเส้นใย อุณหภูมิ ขนาด และปริมาณของเส้นใยต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ขนาดเส้นใย/ ปริมาณ(กรัม)	เวลาที่ใช้ผสม (วินาที)	ลักษณะพอลิเมอร์คอมโพสิตเบื้องต้น
165	บดละเอียด/ 1 กรัม	60	คอมโพสิตแข็ง เป็นก้อน แตกเล็กน้อย และมีใยบางส่วนเหลืออยู่ มีสีน้ำตาลเข้ม
165	บดละเอียด/ 0.25 กรัม	30	คอมโพสิตแข็ง เป็นก้อน แตกเล็กน้อย และมีใยบางส่วนเหลืออยู่ มีสีน้ำตาล

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ขนาดเส้นใย/ ปริมาณ(กรัม)	เวลาที่ใช้ผสม (วินาที)	ลักษณะพอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์เบื้องต้น
165	ยาว 2.5 ซม./ 0.15 กรัม	30	คอมพอลิเมอร์แข็ง มีความโค้งงอเล็กน้อย มีสี น้ำตาลอ่อน
190	ยาว 2.5 ซม./ 0.15 กรัม	15	แผ่นคอมพอลิเมอร์แข็ง มีความโค้งงอเล็กน้อย มี สีน้ำตาลเข้ม

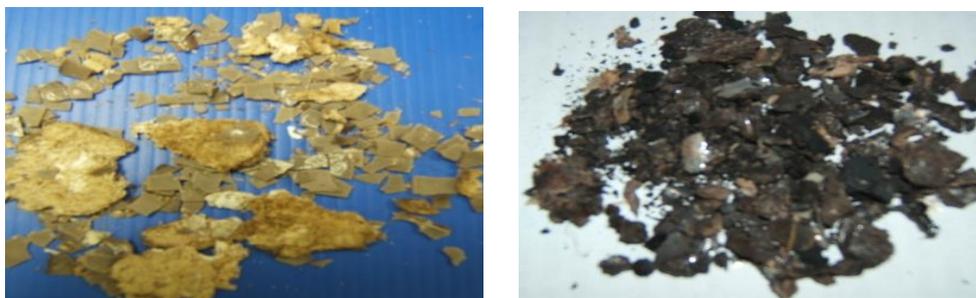
จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมพอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์แบบนี้ คือ ที่อุณหภูมิ 165 °C เส้นใยบดละเอียด 0.25 กรัม เวลาที่ใช้ผสม 30 วินาที พอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์เบื้องต้นที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นคอมพอลิเมอร์แข็ง แดงง่าย มีสีน้ำตาลอ่อน แต่ถ้าใช้เส้นใยยาว 2.5 ซม. จะรวมตัวเข้ากับพลาสติกได้ไม่ดี และจะไหม้ที่ 190 °C



ภาพที่ 4.31 แสดงเส้นใยบดละเอียดและพลาสติก PET จากขวดบรรจุน้ำดื่ม



ภาพที่ 4.32 แสดงของผสมพลาสติกกับเส้นใยที่ได้จากวิธีใช้ตัวทำละลาย DMF



ภาพที่ 4.33 แสดงของผสมพลาสติกกับเส้นใยที่ได้หลังการอัด

การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยใช้ Acetylated fiber บดละเอียด 0.5 กรัม กับพลาสติก PET 5 กรัม เวลาที่ใช้ผสม 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 165°C พอลิเมอร์คอมโพสิตเบื้องต้นที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลไหม้ มีลักษณะแข็งและเปราะ แต่เส้นใยสามารถเข้ากันได้ดีกับพลาสติก ดังภาพที่ 4.34

การเตรียมพอลิเมอร์คอมโพสิต โดยใช้ Benzoylated fiber บดละเอียด 0.3 กรัม และ 0.5 กรัมกับพลาสติก PET 5 กรัม เวลาที่ใช้ผสม 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 165°C พอลิเมอร์คอมโพสิตเบื้องต้นที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นสีน้ำตาลแตกเล็กน้อย เข้ากันได้กับเส้นใย ดังภาพที่ 4.35



ภาพที่ 4.34 แสดงลักษณะของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จาก Acetylated fiber



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.35 แสดงลักษณะของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จาก พลาสติก PET 5 กรัมกับ

(ก) คือใช้เส้นใย Benzoylated fiber 0.5 กรัม และ(ข) เมื่อใช้เส้นใย 0.3 กรัม

สรุปได้ว่าพลาสติก PET ต้องใช้ความร้อนในการหลอม เมื่อนำมาผสมกับเส้นใยที่ไม่ผ่านการตัดแปลง จะผสมเข้ากับเส้นใยได้ไม่ดี และเกิดการไหม้ระหว่างการหลอมและผสม ซึ่งงานมีลักษณะ แข็ง เปราะแตกหักง่าย แต่เส้นใยตัดแปลง คือ เส้นใย Acetylated fiber และ Benzoylated fiber สามารถรวมตัวกับ PET ได้ดีขึ้นและไม่ไหม้ที่ 165 °C

3. ผลการเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยตัดแปลงกับพลาสติกผสม Polystyrene (PS) และ Low Density Polyethylene (LDPE)

3.1 ผลการเตรียม คอมโพสิตพลาสติกผสมระหว่าง (LDPE) และ (PS) กับเส้นใยใบสับประดแบบอัดที่อุณหภูมิสูง

เมื่อนำพลาสติก LDPE และ PS ในอัตราส่วนต่างๆ มาละลายด้วย Xylene หรือ Toluene ที่ร้อน ผสมให้เข้ากัน ผสมเส้นใยในพลาสติกขณะร้อน แล้วเทลงใส่พิมพ์ เมื่อแห้งนำมาอัดที่ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ผล ดังนี้

พลาสติก LDPE และ PS สามารถละลายได้ดีใน Xylene หรือ Toluene ที่ร้อน เมื่อนำมาผสมกับเส้นใยพบว่าสามารถผสมเข้ากับเส้นใยได้ดีไม่ว่าจะเป็นเส้นใยที่ไม่ผ่านการตัดแปลงหรือผ่านการตัดแปลง ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมคือ 10 % w/w และอัตราส่วนที่เหมาะสมของ LDPE และ PS คือ 70 : 30 เพราะ ซึ่งงานมีลักษณะแข็งและเหนียว มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อย แข็งแรง ถ้าหากมีอัตราส่วนของ PS สูงจะทำให้ซึ่งงานเปราะและหักง่าย และเมื่อสังเกตจากลักษณะภายนอกพบว่าเส้นใยที่ผ่านการตัดแปลงจะเข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ดีกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการตัดแปลง ซึ่งงานที่ออกมาจะมีลักษณะแข็ง ความยืดหยุ่นน้อย ดังภาพที่ 4.36 และ 4.37

ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 10-20 % เมื่อใช้เส้นใยข้อมสีในการเตรียมจะได้ซึ่งงานที่สีสวยงามและแข็งแรง สามารถนำไปใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆ ได้



เส้นใยไม่ตัดแปลง

เส้นใย Propionylated

เส้นใย Benzoylated

ภาพที่ 4.36 ภาพ คอมโพสิตระหว่าง พลาสติก(LDPE +PS) กับ 10 % w/w เส้นใยใบสับประดที่ไม่ตัดแปลง เส้นใย Propionylated และเส้นใย Benzoylated



ภาพที่ 4.37 ภาพคอมพอสิตระหว่างพลาสติก (LDPE +PS) กับ 10 % , 10 % และ 20 % เส้นใย Propionylated

3.2 การเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใยดัดแปลงผสมพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) และ Low Density Polyethylene (LDPE) แบบผสมที่อุณหภูมิห้อง

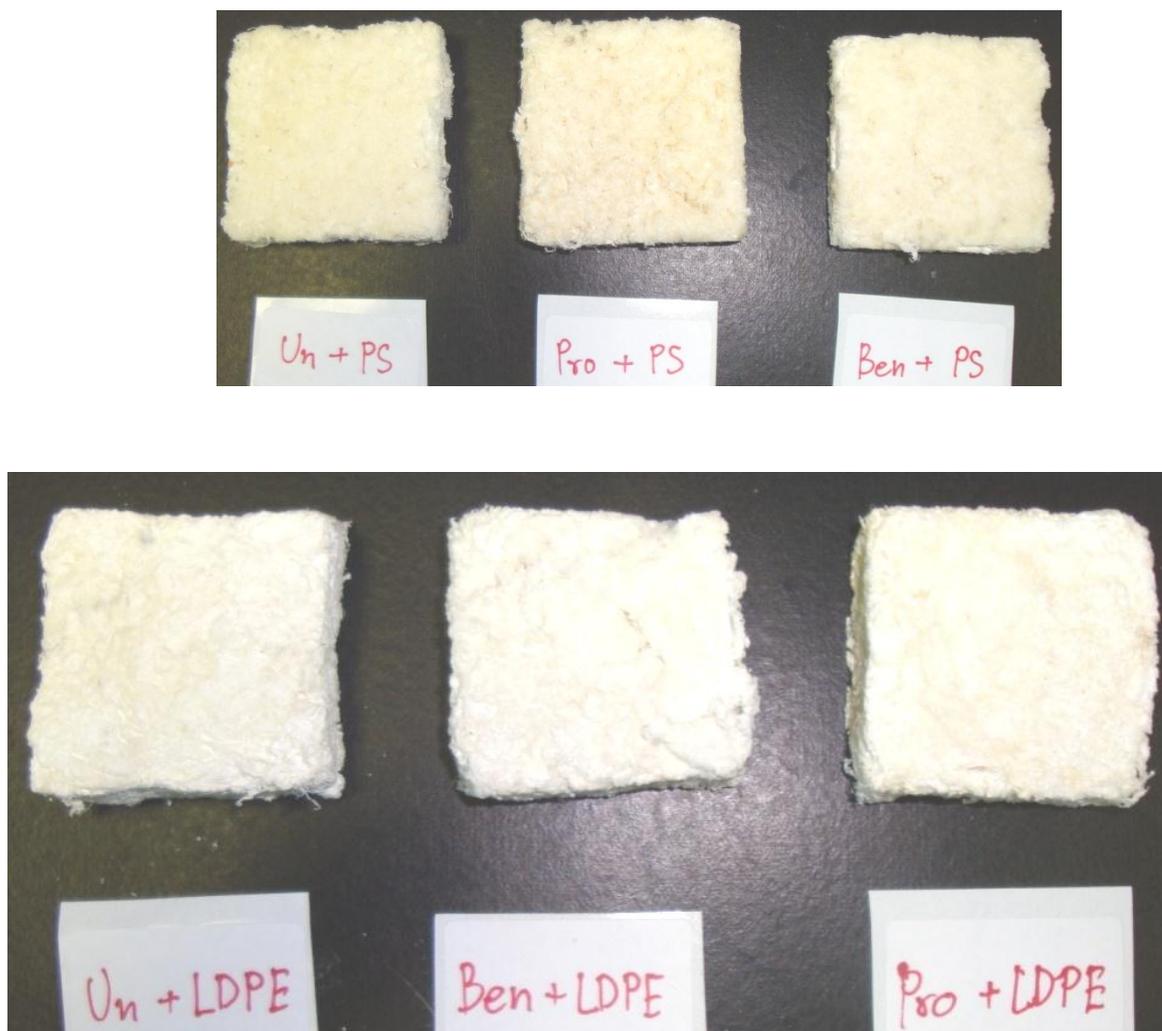
พลาสติก Polystyrene (PS) สามารถละลายได้ดีกับตัวทำละลายผสม (Acetone : Toluene) และเมื่อนำมาผสมกับเส้นใย พบว่าสามารถเข้ากับเส้นใยได้ดีไม่ว่าจะเป็นเส้นใยที่ยังไม่ผ่านการดัดแปลงหรือผ่านการดัดแปลง ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมคือ 10 % w/w

แต่เมื่อสังเกตจากลักษณะภายนอกพบว่าเส้นใยที่ผ่านการดัดแปลงจะเข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ดีกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลง ชิ้นงานที่ออกมาจะมีลักษณะแข็ง ความยืดหยุ่นน้อย ดังภาพที่ 4.39

พลาสติก LDPE สามารถละลายได้ดีใน Xylene หรือ Toluene ที่ร้อน เมื่อนำมาผสมกับเส้นใยพบว่า สามารถผสมเข้ากับเส้นใยได้ดีไม่ว่าจะเป็นเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลงหรือผ่านการดัดแปลง ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมคือ 10 % w/w ชิ้นงานมีลักษณะเหนียว มีความยืดหยุ่น แข็งแรง



ภาพที่ 4.38 แบบพิมพ์สำหรับทำชิ้นงาน คอมโพสิตขนาด 5 x 5 x 1 เซนติเมตรและเครื่องอัด



ภาพที่ 4.39 ชิ้นงานคอมโพสิต ชนิดต่างๆของเส้นใยเซลลูโลสกับพลาสติก Polystyrene และเส้นใยเซลลูโลสกับLDPE

3.3 ผลการทดลองทดสอบความเสถียรภาพเชิงกลของเส้นใยดัดแปลงผสมพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) และ Low Density Polyethylene (LDPE)

เมื่อนำชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิตของเส้นใยชนิดต่างๆกับ PS (อัตราส่วน 1:1) ไปวัดแรงดึงสกรู พบว่าเส้นใยที่ผ่านการดัดแปลงทั้ง benzoylated fiber และ Propionylated fiber ให้คอมโพสิตที่มีแรงดึงสกรูสูงกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลง ได้ผลดังตาราง 4.19 และ 4.20

ตารางที่ 4.19 แสดงการทนแรงดึงสกรูของเส้นใยชนิดต่างๆที่ผสมกับพลาสติก Polystyrene (อัตราส่วน 1:1)

ชนิด Composite (Fiber : Plastic ; 1:1)	Weight (g)	แรงดึงสกรู (Kgf)	Remark
Untreated + Polystyrene (1)	8.17	24.5	Mean W. = 8.13 g
Untreated + Polystyrene (2)	7.82	24.7	Mean F = 24.75 Kgf
Untreated + Polystyrene (3)	8.08	25.05	
Propionylated + Polystyrene (1)	7.98	28	Mean W. = 7.96 g
Propionylated + Polystyrene (2)	7.79	19	Mean F = 24.00 Kgf
Propionylated + Polystyrene (3)	8.11	25	
Benzoylated + Polystyrene (1)	8.05	36.5	Mean W. = 7.95 g
Benzoylated + Polystyrene (2)	8.04	34	Mean F = 30.50 Kgf
Benzoylated + Polystyrene (3)	7.75	21	

ตารางที่ 4.20 สรุปการทนแรงดึงสกรูของพอลิเมอร์คอมพอสิตชนิดต่างๆที่ผสมกับพลาสติก Polystyrene (อัตราส่วน 1: 1)

ชนิด Composite (Fiber : Plastic ; 1:1)	Weight (g)	แรงดึงสกรู (Kgf)
Untreated + Polystyrene (1)	8.13	24.75
Propionylated + Polystyrene (1)	7.96	24.00
Benzoylated + Polystyrene (1)	7.95	30.50

เมื่อนำชิ้นงานพอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใยกับ LDPE (อัตราส่วน 1:2) ไปวัดแรงดึงสกรู พบว่าเส้นใยที่ผ่านการดัดแปลงทั้ง benzoylated fiber และ Propionylated fiber ให้คอมพอสิตที่มีแรงดึงสกรูสูงกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลง ดังตาราง 4.21 และ 4.22

ตารางที่ 4.21 แสดงการทนแรงดึงสกรูของเส้นใยชนิดต่างๆที่ผสมกับพลาสติก LDPE (1: 2)

ชนิด Composite (Fiber : Plastic ; 1:2)	Weight (g)	แรงดึงสกรู (Kgf)	Remark
Untreated + LDPE (1)	9.69	19	Mean W. = 9.90 g
Untreated + LDPE (2)	10.10	18	Mean F = 18.50 Kgf
Untreated + LDPE (3)	9.92	9	
Propionylated + LDPE (1)	10.22	30	Mean W. = 9.45 g
Propionylated + LDPE (2)	9.09	28	Mean F = 26.67 Kgf
Propionylated + LDPE (3)	9.05	22	
Benzoylated + LDPE (1)	9.42	25	Mean W. = 9.38 g
Benzoylated + LDPE (2)	9.39	32	Mean F = 30.67 Kgf
Benzoylated + LDPE (3)	9.32	35	

ตารางที่ 4.22 สรุปการทนแรงดึงสกรูของพอลิเมอร์คอมพอลิเมนต์ชนิดต่างๆที่ผสมกับพลาสติก LDPE (1:2)

ชนิด Composite (Fiber : Plastic ; 1:2)	Weight (g)	แรงดึงสกรู (Kgf)
Untreated + LDPE (1)	9.90	15.33
Propionylated + LDPE (1)	9.45	26.67
Benzoylated + LDPE (1)	9.38	30.67

3.4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ สภาพการนำไฟฟ้าของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมพอลิเมนต์ (LDPE กับเส้นใยใบสับปะรด)

ค่าเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด (A) และความยาว (l) ของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมพอลิเมนต์ (LDPE กับเส้นใยใบสับปะรด)แสดงในตารางที่ 4.23 ค่าความต้านทานและน้ำหนักของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมพอลิเมนต์ (LDPE กับเส้นใยใบสับปะรด) หลังการแช่น้ำที่เวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.24 ส่วน

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าร้อยละความชื้น (Moisture content) และสภาพนำไฟฟ้าของ พอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยโอบิ๊ตประรด)

กราฟแสดงการเปรียบเทียบความชื้นและสภาพนำไฟฟ้าของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยโอบิ๊ตประรด) กับเวลาที่ใช้ในการแช่ชิ้นงานในน้ำ ดังภาพที่ 4.40 และ 4.41

ตารางที่ 4.23 พื้นที่หน้าตัด (A) และความยาว (l) ของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยโอบิ๊ตประรด)

ชิ้นงาน	พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร, m^2)	ความยาว (เมตร, m)
Un1	9.50×10^{-5}	0.0065
Un2	7.85×10^{-5}	0.0060
Un3	7.85×10^{-5}	0.0065
เฉลี่ย	8.67×10^{-5}	0.0065
Pro1	7.85×10^{-5}	0.0065
Pro2	7.85×10^{-5}	0.0065
Pro3	9.50×10^{-5}	0.0070
เฉลี่ย	8.40×10^{-5}	0.0067
Ben1	7.85×10^{-5}	0.0060
Ben2	7.08×10^{-5}	0.0070
Ben3	7.08×10^{-5}	0.0070
เฉลี่ย	7.47×10^{-5}	0.0065

ตารางที่ 4.24 ค่าความต้านทานและน้ำหนักของชิ้นงานพอลิเมอร์คอม โพลีต (LDPE กับเส้นใย ไบโสบัประรด) หลังการแช่น้ำที่เวลาต่างๆ

เวลา	Un1	Un2	Un3	Pro1	Pro2	Pro3	Ben1	Ben2	Ben3
R (kΩ)	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	100	10000	220	365	65	55	750	950
	10	45	800	45	60	33	29	160	210
	15	30	160	31.5	31	27	23	70	120
	20	24	65	24	22	20	17	35	55
	25	20	42	22.5	19	17	18	30	50
	30	19.5	30	24.5	20	18	16	30	45
	35	20.5	24.5	26.5	22	22	17	32	48
	40	21	24	26	23	25	20	42	58
Wt (mg)	0	379.5	359.9	342.3	338.4	317.3	330.6	310.5	368.6
	5	442.0	376.4	439.0	374.5	383.4	416.0	342.0	392.3
	10	478.6	393.2	487.1	430.5	429.8	474.4	388.9	432.9
	15	520.3	417.1	510.3	464.3	448.6	503.4	438.2	474.7
	20	550.6	446.9	534.9	499.4	469.3	531.7	469.8	514.6
	25	570.7	491.7	532.3	512.6	500.6	525.4	476.6	526.4
	30	582.2	508.2	5283	519.1	490.6	530.4	480.7	539.8
	35	571.0	533.8	514.4	521.7	488.7	522.7	484.6	535.5
	40	566.9	542.3	530.0	527.3	488.2	523.3	479.6	532.6

หมายเหตุ

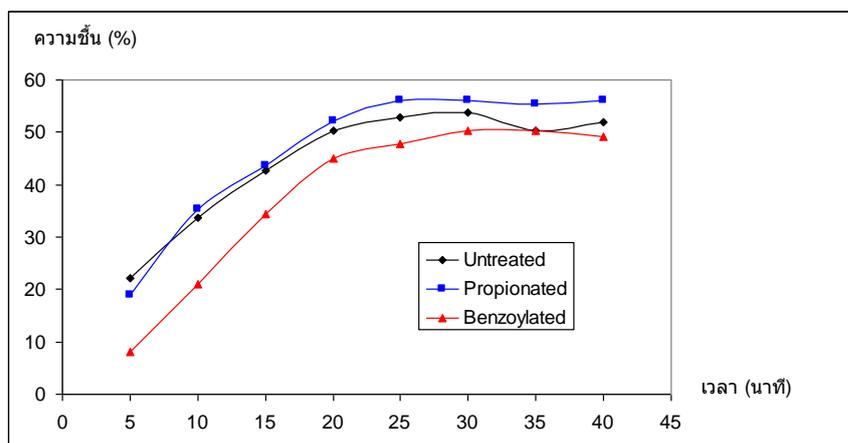
Un1-3 คือ เส้นใยสับปะรดที่ไม่มีการดัดแปลง

Pro1-3 คือ เส้นใยสับปะรดดัดแปลงชนิด Propionylated

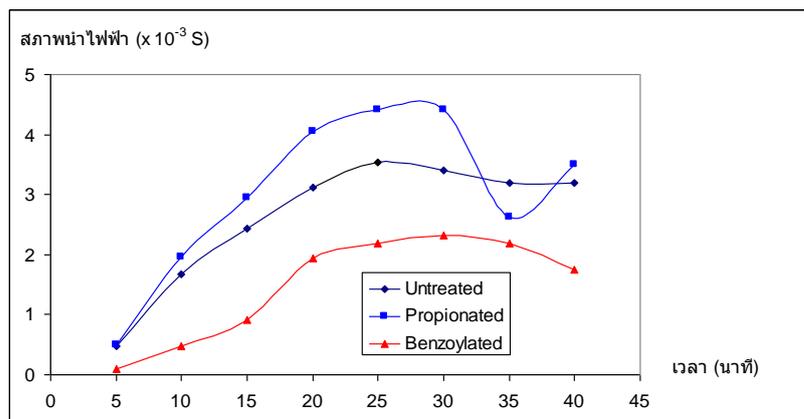
Ben1-3 คือ เส้นใยสับปะรดดัดแปลงชนิด Benzoylated

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าร้อยละความชื้น (Moisture content) และสภาพนำไฟฟ้าของ พอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยไบสัปประรด)

เวลา	Moisture content (%)			Electrical conductivity (S)		
	Untreated	Propionylated	Benzoylated	Untreated	Propionylated	Benzoylated
5	22.06	19.02	8.13	0.47×10^{-3}	0.49×10^{-3}	0.10×10^{-3}
10	33.79	35.32	21.01	1.67×10^{-3}	1.95×10^{-3}	0.47×10^{-3}
15	42.78	43.60	34.43	2.44×10^{-3}	2.94×10^{-3}	0.92×10^{-3}
20	50.39	52.12	44.96	3.12×10^{-3}	4.04×10^{-3}	1.93×10^{-3}
25	52.81	56.00	47.70	3.53×10^{-3}	4.41×10^{-3}	2.18×10^{-3}
30	53.85	56.15	50.27	3.41×10^{-3}	4.41×10^{-3}	2.32×10^{-3}
35	50.37	55.44	50.21	3.19×10^{-3}	2.62×10^{-3}	2.18×10^{-3}
40	51.97	56.01	49.05	3.19×10^{-3}	3.50×10^{-3}	1.74×10^{-3}



ภาพที่ 4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความชื้นของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับเส้นใยไบสัปประรด) กับเวลาที่ใช้ในการแช่ชิ้นงานในน้ำ



ภาพที่ 4.41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสภาพนำไฟฟ้าของชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (LDPE กับ เส้นใยสับปะรด)กับเวลาที่ใช้ในการแช่ชิ้นงานในน้ำ

การศึกษาสมบัติการดูดซับความชื้นและความแข็งแรงของชิ้นงานเซลลูโลสคอมโพสิต กับ LDPE พบว่า เมื่อนำเส้นใยตัดแปลงมาเทียบค่าความชื้นและค่าสภาพนำไฟฟ้ากับเส้นใยไม่ผ่านการตัดแปลง พบว่าชิ้นงานแข็ง น้ำหนักเบา มีค่าแรงดึงสูง 15.33 Kgf มีค่าความชื้นสูงสุดที่ 53.85 % เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงสุดเมื่อแช่น้ำไป 30 นาทีที่ 3.41×10^{-3} S

เส้นใยตัดแปลง Propionylated ให้ชิ้นงานแข็ง น้ำหนักเบา เส้นใยเข้ากันได้กับ LDPE ดีกว่า เส้นใยไม่ผ่านการตัดแปลง มีค่าแรงดึงสูง 26.67 Kgf มีค่าความชื้นสูงสุดที่ 56.15 % เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงสุดที่ 4.41×10^{-3} S เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที

เส้นใยตัดแปลง Benzoylated ให้ชิ้นงานแข็ง น้ำหนักเบา เส้นใยเข้ากันได้กับ LDPE ดีกว่า เส้นใยไม่ผ่านการตัดแปลงมีค่าแรงดึงสูง 30.67 Kgf มีค่าความชื้นสูงสุดที่ 50.27 % เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงสุดที่ 2.32×10^{-3} S เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที ความชื้นและสภาพนำไฟฟ้าเมื่อแช่น้ำมากกว่า 30 นาทีจะมีค่าต่ำลงและอาจคงที่ เส้นใย Propionylated มีค่าการดูดซับความชื้นมากขึ้น 0.00 – 9.15 % และมีค่าสภาพนำไฟฟ้ามักขึ้น 0.00 – 29.33 % เส้นใย Benzoylated มีค่าการดูดซับความชื้นน้อยลง 0.32 – 63.15 % และมีค่าสภาพนำไฟฟ้าน้อยลง 31.66 – 78.72 %

3.5 ผลการเตรียมชิ้นงานเส้นใยบดหยาบ (เหลือจากการสกัด) ผสมพลาสติกชนิด Polystyrene (PS) และ Low Density Polyethylene (LDPE)

เมื่อนำเส้นใยบดหยาบที่เตรียมจากกากเหลือทิ้งจากการสกัดสเต็มช่อดอกในโครงการย่อย 3 มาทำพอลิเมอร์คอมโพสิตกับ PS และ LDPE นำมาอัดเป็นแผ่น ชัดด้วยกระดาษทราย แล้ว

தாகาว (காயங்สำหรับงานไม้) ทั้งชิ้นงาน และแผ่นลามิเนต รองจนกาวหามาจัดค้อยประกบแผ่นลามิเนตกับชิ้นงานเข้าด้วยกัน ริดไล่อากาศ จะได้ชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ทำอุปกรณ์และเฟอร์นิเจอร์ที่รับน้ำหนักปานกลางได้ดีดังภาพที่ 4.42



ภาพที่ 4.42 ชิ้นงานเส้นใยคดยาบ (เหลือจากการสกัด) ผสมพลาตติกชนิด Polystyrene (PS) และภาพตัดขวางชิ้นงาน

ผลการศึกษการทำกระดาษกรองและการทดสอบคุณภาพ

1. ผลการศึกษาการเตรียมเยื่อสับปะรด

1.1 ผลจากการศึกษาใช้เครื่อง Mechanical stirrer และ kitchen mixer

ผลการใช้เครื่อง Mechanical stirrer ในการเตรียมเยื่อพบว่าเส้นใยจับตัวเป็นก้อน และเส้นใยบางส่วนจะมีความยาวกว่า ส่วนเมื่อใช้ kitchen mixer เส้นใยมีความละเอียด และสั้นกว่า

2. ผลการทำกระดาษโดยใช้วิธีช้อน

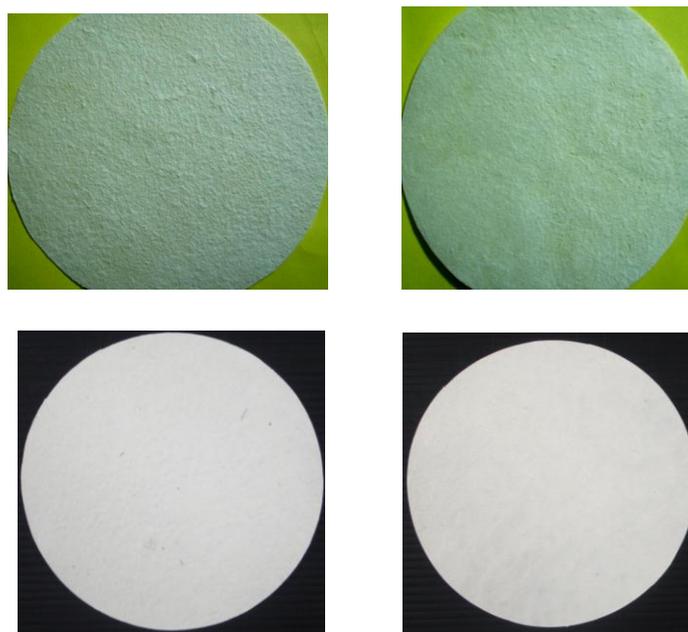
นำเยื่อกระดาษลงไปนึ่งในกะละมังแล้วตีเยื่อให้ทั่วทั้งบ่อแล้วใช้แผ่นเฟรมขนาด 10 x 10 นิ้ว ช้อนเยื่อขึ้นมาแล้วนำเยื่อที่ได้นั้นไปตากแดดให้แห้ง แล้วลอกกระดาษออกมาจากแผ่นเฟรม นำกระดาษแบบช้อนที่ได้มาตัดเป็นกระดาษกรอง จากลักษณะภายนอกของกระดาษพบว่าเยื่อกระดาษ และมีความบางมาก ดังภาพที่ 4.43



ภาพที่ 4.43 แสดงลักษณะของกระดาษแบบซ้อน

3. ผลการเตรียมกระดาษโดยวิธีแตะ

กระดาษที่ได้จากเยื่อที่ผ่านการฟอก 20 กรัมโดยวิธีแตะนั้นมีความหนาใกล้เคียงกับกระดาษกรอง Whatman No. 1 ผิวหน้าของกระดาษ เมื่อมีการใช้จักรรีดยางแบบลื่นรีดหลังจากเยื่อกระดาษเริ่มแห้งพอหมาดๆจะได้กระดาษมีความเรียบในระดับดีมาก ดังภาพที่ 4.44



ภาพที่ 4.44 แสดงลักษณะภายนอกของกระดาษแบบแตะก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำ

4. ผลการทดสอบคุณภาพของกระดาษกรอง

นำกระดาษที่เตรียมได้มาทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยทำการทดสอบได้ผลดังนี้

4.1 ผลของการทดสอบความคงทนของกระดาษกรอง

นำกระดาษที่เตรียมได้ทั้ง 2 แบบมาแช่ในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ (เอทานอล) แล้วจับเวลาที่กระดาษเปื่อยยุ่ย โดยทดลองเปรียบเทียบกับกระดาษกรอง Whatman No.1 พบว่ากระดาษทั้ง 2 ชนิด และ กระดาษWhatman No.1 สามารถแช่ในน้ำและ เอทานอลได้มากกว่า 10 ชั่วโมงโดยไม่เปื่อยยุ่ย แต่กระดาษแบบซ็อนนิ่มมากและโปร่งใส

4.2 ผลของการทดสอบความเร็วในการกรอง

นำกระดาษที่เตรียมได้มากรองผ่านน้ำโดยกำหนดปริมาตรของน้ำที่กรองเป็น 50 มิลลิลิตร โดยทดลองเปรียบเทียบกับกระดาษกรอง Whatman No.1

พบว่า กระดาษ Whatman No.1 ใช้เวลานานที่สุดคือเฉลี่ย 12.58 นาที ในขณะที่กระดาษแบบตะ 4.33 นาที กระดาษแบบซ็อน 2 นาที

4.3 ผลของการทดสอบคุณภาพของสารละลายที่กรองได้

นำกระดาษกรองแต่ละชนิดมากรองผ่านสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำกับผงถ่าน โดยใช้ น้ำ 50 มิลลิลิตร และใช้ผงถ่าน 1 กรัม แล้วนำสารที่กรองได้ไปเซนตริฟิวจ์ พบว่ากระดาษ Whatman No.1 กระดาษแบบตะ และกระดาษแบบซ็อน ได้สารละลายใส ไม่มีผงถ่านตกลงมา แต่กระดาษแบบซ็อนจะนิ่ม แนบติดกับกรวยแก้ว

4.4 ผลการปรับปรุงคุณภาพของกระดาษกรองโดยใช้ตัวเติม

สมบัติของกระดาษแบบตะที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยผง CaCO_3 สารด้านการซึม น้ำ (สารส้ม) และสารเพิ่มความเหนียว (แป้งเปียกหรือกาว) ได้ผลดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แสดงผลของการปรับปรุงคุณภาพของกระดาษกรอง

สมบัติของกระดาษ			
ผง CaCO ₃	สารด้านการซึม น้ำ(สารส้ม)	สารเพิ่มความเหนียว	
		แป้งเปียก	กาว
กระดาษมีความขาวขึ้น กว่าเดิมและเรียบมากขึ้น	กระดาษมีผิวหน้า ขรุขระขึ้น	เห็นแป้งเปียกอยู่เป็นจุดๆ	กระดาษมีความเหนียว
กรองได้สารละลายใส ไม่มีผงถ่าน แต่มีผง CaCO ₃	กรองได้ สารละลายใส ไม่มีผงถ่าน	กรองได้สารละลาย ใส ไม่มีผงถ่าน	กรองได้สารละลาย ใส ไม่มีผงถ่าน
ไม่ค่อยอยู่ทรงกระดาษจะ แบนติดกรวยแก้ว	อ่อนตัวลง	อยู่ทรงไม่แบนติดกรวย แก้ว	อยู่ทรงไม่แบนติดกรวย แก้ว

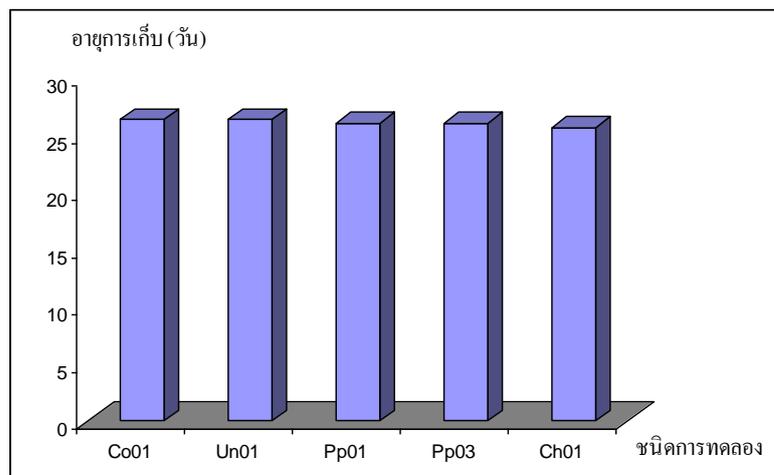
ผลการศึกษาการชะลอการสุก และยับยั้งเชื้อของผลมะนาวด้วยกระดาษใยสับประรดผสม ผงถ่าน และน้ำมันหอมระเหย

การใช้กระดาษใยสับประรดผสมผงถ่าน เพื่อกำจัดเอทิลีนเพื่อชะลอการสุกของมะนาว และฉีดน้ำมันหอมระเหยเพื่อยับยั้งเชื้อรา โดยการเก็บมะนาวที่อุณหภูมิห้องได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.27 และภาพที่ 4.45 และในตู้เย็นได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.28 และภาพที่ 4.46

ตารางที่ 4.27 ผลการทดลองการชะลอการสุก ของมะนาวที่อุณหภูมิห้อง

ลำดับ	ชนิดกระดาษที่ใช้ทดลอง	อายุที่เก็บได้ (เฉลี่ย)
1	ตัวควบคุม (ไม่ใส่ถุงพลาสติก)	13.67
2	ใส่ถุงพลาสติก (ไม่ใส่กระดาษ)	15.00
3	ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับประรด)	19.00
4	ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับประรดสเปรย์ น้ำมันหอมระเหย)	14.00
5	ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับประรดผสมถ่าน)	26.33*

หมายเหตุ *อายุที่เก็บได้สูงสุด คือ 50 วัน



Co01	ตัวควบคุม (ไม่ใส่ถุงพลาสติก)	Pp03	ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษ
Un01	ใส่ถุงพลาสติก (ไม่ใส่กระดาษ)		สับปะรด+น้ำมันหอมระเหย)
Pp01	ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรด)	Ch01	ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษ
			สับปะรดผสมถ่าน)

ภาพที่ 4.46 กราฟแสดงอายุการเก็บมะนาวเมื่อใช้กระดาษจากใยสับปะรดผสมผงถ่านที่อุณหภูมิต่ำ(ตู้เย็น)

จากการทดลองเก็บผลมะนาวไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิทที่มีกระดาษชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องพบว่า ในการเก็บผลมะนาวไว้ในสภาพปกติ (ไม่ใส่ถุงพลาสติก) ที่อุณหภูมิห้องจะสามารถเก็บได้นานเฉลี่ย 13.67 วัน เมื่อใส่กระดาษสับปะรดผสมถ่านจะสามารถยืดอายุการเก็บมะนาวไว้ได้นานเฉลี่ย 26.33 วัน (สูงสุดถึง 50 วัน) ส่วนการเก็บมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติก (ไม่ใส่กระดาษ) ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรด) และใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดสเปรย์ น้ำมันหอมระเหย) จะมีอายุการเก็บที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ยอยู่ที่ 15.00, 19.00 และ 14.00 วัน ซึ่งจากการทดลองการเก็บผลมะนาวไว้ในสภาพปกติ (ไม่ใส่ถุงพลาสติก) ที่อุณหภูมิห้องเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 วันผลมะนาวจะเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และการเก็บผลมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติกในทุกชุดการทดลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปผลมะนาวจะมีสีเหลืองผลจะนิ่มและเน่าในที่สุด และการเก็บผลมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดผสมถ่าน) จะมีอายุการเก็บสูงสุด อาจเนื่องมาจากผลของการดูดซับ Ethylene ของถ่านจึงทำให้ช่วยให้ชะลอการสุกของมะนาวได้

จากการทดลองเก็บผลมะนาวไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิทที่มีกระดาษชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิต่ำ (เก็บในตู้เย็น) พบว่า ในทุกชุดการทดลอง คือ การเก็บผลมะนาวไว้ในสภาพปกติ (ไม่ใส่

ถุงพลาสติก) การเก็บมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติก (ไม่ใส่กระดาษ) ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษ สับปะรด) ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดสเปรย์น้ำมันหอมระเหย) และใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดผสมถ่าน) จะมีอายุการเก็บผลมะนาวเฉลี่ยอยู่ที่ 26.33, 26.33, 26.00, 26.00 และ 25.67 วัน ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเก็บผลมะนาวไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมและในทุกชุดการทดลอง แต่ในการทดลองพบอัตราการเน่าของมะนาวค่อนข้างสูง

และจากการเก็บผลมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติกในทุกชุดการทดลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปผลมะนาวจะมีสีเหลืองผลจะนิ่มและเน่าในที่สุด และยังพบหยดน้ำในถุง ซึ่งมาจากการคายความชื้นของผลมะนาว และในบางชุดการทดลองยังพบการเกิดเชื้อราบริเวณผลมะนาว และนี่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าของผลมะนาวได้



วันที่ 1



วันที่ 6



วันที่ 10



ผลมะนาวอายุ 50 วัน

ภาพที่ 4.47 แสดงการเก็บมะนาวใส่ถุงพลาสติก เมื่อใช้กระดาษจากใยสับปะรดผสมผงถ่าน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลาสูงสุด 50 วัน



วันที่ 1



วันที่ 10



วันที่ 25

ภาพที่ 4.48 แสดงการเก็บมะนาวใส่ถุงพลาสติก เมื่อใช้กระดาษจากใยสับปะรดผสมผงถ่าน ที่อุณหภูมิต่ำ(ตู้เย็น)

ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ได้ดำเนินการจัดโครงการ“อบรมเชิงปฏิบัติการ การเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้จากสับปะรด” ในวันที่ 7, 11-12, 18-19 มิถุนายน 2554 เป็นเวลา 5 วัน เพื่อส่งเสริมชุมชนที่มีการปลูกสับปะรดในการเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด แล้วนำไปทำกระดาษและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ให้กับนักเรียนและครูจำนวน 25 คน ที่โรงเรียนวัดนาหม่อม อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา โดยมีผู้ช่วยวิจัยและนิสิตสาขาเคมีเข้าร่วมโครงการ 7 คน ทั้งนี้ได้มอบอุปกรณ์ในการทำกระดาษได้แก่ หม้อ เต่าแก๊ส ถังตะแกรง ให้กับผู้บริหารโรงเรียน เพื่อให้นักเรียน และผู้สนใจได้ทำการศึกษาต่อไป ดังภาพในภาคผนวก