บทที่ 5
บทย่อ อภิปรายผล สรุปและข้อเสนอแนะ

บทย่อ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจมีการปลูกในหลายพื้นที่ในประเทศไทย จึงมีเศษวัสดุที่เหลือใช้ที่น่าสนใจ คือใบ เปลือกสับปะรด และแกนในผล ในภาคใต้มีการปลูกสับปะรดแซมในพื้นที่สวนยางปลูกใหม่ หลังเก็บเกี่ยวมีใบสับปะรดเหลือทิ้งจำนวนมาก แต่เนื่องจากในช่วงที่ผ่านมายางพารามีราคาแพง จึงยังไม่มีใครให้ความสนใจ นำใบสับปะรดมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า แต่ในปัจจุบันยางพารามีราคาต่ำลง ความสนใจในการนำใบสับปะรดหรือวัสดุการเกษตรอื่นๆ มาใช้ประโยชน์ก็จะเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ชาวบ้านจะต้องมีองค์ความรู้ และมองเห็นความเป็นไปได้ และหากมีการสนับสนุนเบื้องต้นจากหน่วยงานรัฐในการเพิ่มมูลค่า เนื่องจากใบสับปะรดเป็นแหล่งของสารสเตอรอยด์ และอื่นๆ และเป็นแหล่งของ เส้นใยเซลลูโลส ที่สามารถแปรรูปไปใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น เส้นใยเซลลูโลสสำหรับงานศิลปหัตถกรรม เยื่อกระดาษ หรือ ใช้เป็นสารตัวเติม สารเสริมแรง และสารเติมแต่งในการทำเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิต และการนำเส้นใยมาแปรรูปเป็นวัสดุทางเคมีที่ใช้ในการศึกษา เช่น ผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ต่างๆ รวมทั้งการการนำไปใช้ประโยชน์งานเหล่านี้ยังคงต้องการการวิจัยหากระบวนการที่เหมาะสมเพื่อให้เกษตรกรสามารถพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ต่อไป

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด การใช้ประโยชน์เส้นใยจากใบสับปะรดในการผลิตวัสดุเพื่อการศึกษา เช่น ผงเซลลูโลส อนุพันธ์ต่างๆของเซลลูโลส เซลลูโลสที่ผ่านการปรับปรุง กระดาษกรอง การทำพอลิเมอร์คอมโพสิตจากขยะพลาสติกกับเส้นใยเซลลูโลส และถ่ายทอดให้กับครู นักเรียนและผู้สนใจในท้องถิ่นในการทำผลิตภัณฑ์จากเส้นใยจากใบสับปะรด

ดำเนินการศึกษาโดยสกัดเส้นใยเซลลูโลสจากใบสับปะรดทั้งเส้นใยยาวและเส้นใยสั้น แล้วปรับปรุงเส้นใยสำหรับการเตรียมผงเซลลูโลส สำหรับการทำกระดาษและพอลิเมอร์คอมโพสิตกับขยะพลาสติก ศึกษาการเตรียมผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ เช่น เซลลูโลสแอซีเตต เซลลูโลสโพรพิโอเนต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และยืนยันหมู่ฟังก์ชันด้วย FT-IR สเปกตรัม ศึกษาการทำกระดาษกรองและทดสอบสมบัติของกระดาษกรอง ศึกษาการทำเมมเบรนจากเซลลูโลสและอนุพันธ์ และทดสอบสมบัติของเมมเบรน ศึกษาการเตรียมตัวดูดซับเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก และ

การศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับตะกั่วโดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์อะโนดิกสทริปปิง โวลแทมเมตรี (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry) ออกแบบและทำผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

อภิปรายผลการศึกษา

1. การเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด

1.1 การเตรียมเส้นใยยาวจากใบสับปะรดโดยการแช่ใบสับปะรดในแหล่งธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการให้ผลทำนองเดียวกันคือ เมื่อใช้น้ำคลองจะทำให้เนื้อใบเปื่อยหลุดออกง่าย จึงสามารถลอกเส้นใยออกง่ายและเร็วกว่าการแช่น้ำทะเลและน้ำประปา เพราะน้ำในคลองไหลตลอดเวลาและมีสารปนเปื้อนรวมทั้งจุลินทรีย์มากกว่าในน้ำประปา จึงมีส่วนทำให้เนื้อใบถูกย่อยสลายได้เร็วกว่าในน้ำทะเลซึ่งมีเกลือหลายชนิดทำให้ใบแข็งขูดเนื้อออกยาก นอกจากนี้การแช่ใบสับปะรดในน้ำคลองหรือน้ำในลำธารยังให้เส้นใยที่ไม่มีกลิ่นเหม็นต่างจากการแช่ในห้องปฏิบัติการที่ไม่มีการเปลี่ยนน้ำจะได้เส้นใยที่มีกลิ่นเหม็น จึงน่าจะเป็นทางหนึ่งที่ช่วยลดการใช้สารเคมีในการเตรียมเส้นใยยาว โดยแช่ทิ้งไว้ในน้ำคลองหรือน้ำในลำธารเป็นเวลา 10-12 วัน

เส้นใยที่ได้มีสีเหลืองอ่อนสวย สามารถนำไปใช้โดยไม่ต้องฟอก เช่นการใช้เส้นใยยาวเพื่อนำไปใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆ

1.2 การทำเส้นใยสั้นเพื่อนำไปใช้ในการทำกระดาษ และพอลิเมอร์คอมพอสิต คือ เมื่อต้มกับ 5 % NaOH เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าใบสับปะรดแช่แข็ง จะเปื่อยยุ่ยได้ดี และล้างเยื่อกระดาษได้ง่าย แยกเส้นใยได้ง่าย ฟอกจางสีได้ง่ายกว่า ใบสับปะรดสด และใบสับปะรดบดแห้งหลังการสกัด

ผลการฟอกจางสีด้วยสารละลาย NaClO ที่เวลาและความเข้มข้นต่างๆ พบว่าเยื่อกระดาษจากใบสับปะรดแช่แข็ง ฟอกจางสีได้ง่าย กว่าเส้นใยจากใบสับปะรดสด คือ ที่ความเข้มข้น 5 % NaClO ใช้เวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง และที่ความเข้มข้น 10 % NaClO ใช้เวลาอย่างน้อย 90 นาที จึงจะได้เส้นใยขาวนวล แต่เส้นใยจากใบสับปะรดบดหยาบ (หลังการสกัด) ฟอกจางสีได้ยากมาก พบว่าที่ความเข้มข้น 10 % NaClO เวลา 3 ชั่วโมง เส้นใยขาวขึ้นเล็กน้อย ถึงแม้จะทิ้งไว้ถึง 12-24 ชั่วโมง เส้นใยยังคงมีสี

ดังนั้นการฟอกเส้นใยในการทำเยื่อกระดาษ จึงที่เลือกใช้ 10 % NaClO และใช้เวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามหากสามารถใช้เส้นใยได้โดยไม่จำเป็นต้องฟอก ก็จะเป็นการลดการใช้สารเคมี

และเมื่อนำเส้นใยจากใบสับปะรดแช่แข็งไปทำกระดาษจะได้เนื้อกระดาษที่ละเอียด และมีความเหนียวและแข็งแรงเช่นเดียวกับกระดาษจากใบสับปะรดสด แต่ใช้เวลาในการต้ม ล้าง และฟอกจางสีที่น้อยกว่า ส่วนใบสับปะรดบดแห้งหลังการสกัด ฟอกจางสียาก และให้กระดาษที่หยาบและจะมีความแข็งแรงน้อย เนื่องจากเส้นใยผ่านการอบแห้งมีขนาดสั้นเกินไป เกี่ยวพันกันได้น้อย และ แต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานที่ไม่ต้องการความประณีตได้

2. การเตรียมผงเซลลูโลสจากใบสับปะรด

ผงเซลลูโลส (กรองผ่านตะแกรงขนาด 100 Mesh) คิดเป็น 1.21 % จากใบสับปะรดสด มีสีขาวนวล มีลักษณะฟูนุ่ม ทั้งที่ฟอกด้วย 10 % NaClO หรือ 5 % H_2O_2 ผงเซลลูโลสที่ได้มีสีขาวนวล มีลักษณะฟูนุ่มใกล้เคียงกับผงเซลลูโลสของfluka แต่ขาวน้อยกว่า ยืนยันโครงสร้างด้วยอินฟราเรดสเปกตรัม (FT-IR spectrum) และเมื่อนำไปเตรียมผลิตภัณฑ์อื่นๆจะได้ผลใกล้เคียงกับเซลลูโลสทางการค้า ส่วนผงเซลลูโลสที่ไม่ผ่านการฟอก (Untreated) มีสีขาวขุ่น เป็นก้อน ฟูน้อยกว่า

การปรับสภาพเส้นใย การฟอกกำจัดลิกนินด้วย 10 % NaClO มากกว่า 1 ครั้ง รวมทั้งเครื่องบดที่สามารถบดเส้นใยได้ละเอียดมากๆและตะแกรงร่อนขนาดต่างๆจะทำให้ได้ผงเซลลูโลสที่มีคุณภาพ สามารถทำเองได้ในสถานศึกษา

อย่างไรก็ตาม ชานอ้อยอบแห้ง (Suna, J.X. , 2004) กิ่งหม่อน (Rongji, L. , 2009) ฟางข้าวสาลีและเปลือกถั่วเหลือง (Ayse, A. , 2008) ให้เซลลูโลสเปอร์เซ็นต์สูงกว่าสับปะรดมาก เนื่องจากใช้วัตถุดิบที่อบแห้งแล้ว และองค์ประกอบของวัตถุดิบต่างกัน

3. การเตรียมเซลลูโลสโพรพิโอเนต และเซลลูโลสเบนโซเอต

ผงเซลลูโลสโพรพิโอเนตที่เตรียมได้มีสีเหลืองอ่อน เมื่อเทียบกับผงเซลลูโลสโพรพิโอเนตที่เตรียมจากผงเซลลูโลส (Fluka) ซึ่งมีสีขาวนวล ซึ่งยืนยันโดย IR spectrum (KBr) ด้วยแถบการดูดกลืนที่ 1745 (cm^{-1}) แสดงให้เห็นว่า มีหมู่ C=O ของเอสเทอร์เกิดขึ้น แสดงว่ามีหมู่โพรพิโอนิล

ผงเซลลูโลสเบนโซเอตที่เตรียมได้มีสีขาวอมเทา เมื่อเทียบกับผงเซลลูโลสเบนโซเอตเตรียมจากผงเซลลูโลส (Fluka) ซึ่งมีสีขาวมาก ยืนยันโครงสร้างโดย IR spectrum (KBr) ด้วยแถบการดูดกลืนที่ 1727 (cm^{-1}) แสดงให้เห็นว่า มีหมู่ C=O ของเอสเทอร์เกิดขึ้น แสดงว่ามีหมู่เบนโซอิล

4. การเตรียม Carboxymethyl cellulose (CMC)

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียม CMC จะเห็นว่าเมื่อใช้เซลลูโลส 1 กรัม ในตัวทำละลาย iso-Propanol และใช้อัตราส่วนเซลลูโลสต่อ MCA 1:1 และใช้สารละลาย 15 % NaOH จะได้ CMC 1.68 กรัม ละลายน้ำได้ดี และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ MCA เป็น 1:1.5 จะได้ CMC สูงสุด (2.67 กรัม)

เมื่อใช้เซลลูโลสจากใบสับปะรด 25 กรัม ใช้สารละลาย 15 % NaOH เซลลูโลสต่อ MCA 1:1: จะได้ CMC (40.07 กรัม) ละลายน้ำได้ดี แต่ได้ปริมาณต่ำกว่า CMC จาก เซลลูโลส (Fluka) เล็กน้อย

ผง CMC จากใบสับปะรดมีสีเหลืองอ่อน มีค่า DS เท่ากับ 0.25 (ด้วยวิธี A.S.T.M., D-1439-03) ละลายน้ำได้ดี สารละลายมีสีเหลืองอ่อนใส ยืนยันโครงสร้างด้วย อินฟราเรดสเปกตรัม (FT-IR spectrum)

ในขณะที่ Fluka เซลลูโลสให้ ผง CMC สีขาว มีค่า DS เท่ากับ 0.28 ละลายน้ำได้ดี สารละลายใสไม่มีสี (*CMC commercial grade มีค่า DS เท่ากับ 0.4)

การเตรียม CMC จากเซลลูโลจากวัสดุอื่น ในปฏิกิริยาที่คล้ายกัน เช่น เซลลูโลส จาก Sago waste ใน isopropanol ใช้ 25 % NaOH และ Sodium Monochloroacetate (NaMCA) : cellulose 5 : 6 เวลา 3 ชั่วโมง (Pushpamalar, V. , 2006) CMC มีค่า DS = 0.821

การเตรียม CMC จากเซลลูโลส จาก Cotton fiber ใน isopropanol ใช้ 30 % NaOH และ MCA 40 % w/w in water (10-40 %) เวลา 4ชั่วโมง ที่ 75 ^{o}C (Heydarzadeh, H. D. , 2009)) CMC มีค่า DS = 0.7

5. สรุปผลการเตรียม เมมเบรนจาก Cellulose acetate, Cellulose Propionate และ Cellulose Benzoate

การทำเมมเบรนจาก Cellulose propionate และ Cellulose benzoate โดยใช้ DMAc และ maleic acid ที่อัตราส่วนต่างๆ (Khan, 2000 : 58) และ ใช้ Formamide 30 % และ Acetone 48 % (ดรุณี, 1998 : 479-480) แต่ไม่ได้เมมเบรนที่มีคุณภาพ ฉีกขาดง่าย ซึ่งต้องศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม และการควบคุมอุณหภูมิและกระบวนการรวมทั้งส่วนผสมที่เหมาะสม

6. สรุปผลการเตรียม hydrogel และเซลลูโลสเมมเบรนโดยใช้สารละลาย NaOH/urea/ และ NaOH /thiourea

การเตรียม hydrogel เซลลูโลสเมมเบรน โดยผสมผงเซลลูโลสจำนวน 3 w/v ในสารละลายผสม NaOH/urea หรือ NaOH/thiourea ที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าอัตราส่วนที่ได้ผลดี คือ NaOH/urea เท่ากับ 6/5

เซลลูโลสที่เตรียมขึ้น ได้เจลเซลลูโลสสีเหลืองอ่อนใส ส่วนที่เตรียมจากเซลลูโลส(Fluka) ได้เจลเซลลูโลสใสไม่มีสี สีของเจลเป็นสีที่เป็นไปตามสีของเซลลูโลสตั้งต้น

เมื่อนำไปทำเมมเบรนที่อุณหภูมิห้อง พบว่าในสารละลาย NaOH/thiourea จะได้เมมเบรนที่แข็งแรงกว่า ในสารละลาย NaOH/urea และ เมมเบรนมีสีเหลืองอ่อนเมื่อแห้งจะแข็ง แต่เมื่อทำการเตรียมเมมเบรนที่ 100 องศาเซลเซียส ก็จะได้เมมเบรนที่แข็งแรงกว่าที่เตรียมในอุณหภูมิห้อง เมมเบรนมีสีเหลืองอ่อนใสเมื่อแห้งจะแข็ง กรอบ แตกหักง่าย ซึ่งได้เมมเบรนที่มีสมบัติเหมือนกับเมมเบรนจากเซลลูโลส (Fluka) แต่เมมเบรนจากเซลลูโลส (Fluka) มีสีขาวใส

เมื่อนำไปแยกสารผสม สรุปได้ว่า เมมเบรนสามารถแยก น้ำจากน้ำมันพืชได้ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เมื่อ เซนตริฟิวจ์เป็นเวลา 10-15 นาที น้ำผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมด เหลือน้ำมันในชั้นบน(ไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง) และสามารถแยก เฮกเซน จากน้ำมันพืชได้ ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เมื่อ เซนตริฟิวจ์เป็นเวลา 5-15 นาที นาที เฮกเซนผ่านลงมาอยู่ในชั้นล่างทั้งหมดเหลือน้ำมันในชั้นบนไม่มีน้ำมันในชั้นล่าง แต่ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เมมเบรนขาดและสารละลายน้ำตาลและของผสมน้ำ + เฮกเซน สามารถผ่านเมมเบรนได้ในเวลา 10-15 นาที

7. สรุปผลการเตรียมและการดูดซับตะกั่วด้วยเซลลูโลสพาราอะมิโนเบนโซอิก

เมื่อนำเซลลูโลสที่ได้จากเส้นใยจากใบสับปะรดมาดัดแปลงเป็นเซลลูโลสพาราอะมิโน-เบนโซอิก แล้วนำมาศึกษาการดูดซับตะกั่วจากสารละลายตะกั่วที่เตรียมขึ้น พบว่าเซลลูโลส-พาราอะมิโนเบนโซอิกสามารถดูดซับตะกั่วได้ 73 % ได้ดีกว่าผงเซลลูโลสจากใบสับปะรดที่ไม่ได้ดัดแปลงซึ่งดูดซับตะกั่วได้ 58 % ซึ่งจะเห็นว่าวิธีการเตรียมตัวดูดซับใช้สารเคมีราคาแพงและยุ่งยากมาก ไม่คุ้มค่า

8. สรุปการศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใยเซลลูโลสจากใบสับปะรดกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ

เตรียมเส้นใยสำหรับการทำพอลิเมอร์คอมพอสิต 3 ชนิด คือเส้นใยที่ไม่ดัดแปลง เส้นใย Propionylated และเส้นใย Benzoylated ยืนยันโครงสร้างด้วยอินฟราเรดสเปกตรัม

พลาสติก PET ไม่ละลายใน Xylene หรือ Toluene ที่ร้อน ไม่ละลายใน DMF ที่อุณหภูมิห้อง แต่เมื่อผสมเส้นใยและ Reflux 2 ชั่วโมง PET จะให้สารเป็นครีมสีขาว แต่เมื่อแห้งจะแตกเป็นของแข็งสีขาว เส้นใยจับกันเป็นก้อน ซึ่งน่าจะเป็นเพราะ DMF ทำปฏิกิริยากับพลาสติก PET จึงไม่มีสมบัติของพอลิเมอร์เหลืออยู่

เมื่อใช้ความร้อนในการหลอม แล้วนำมาผสมกับเส้นใยพบว่า ผสมเข้ากับเส้นใยได้ไม่ดี ไม่ว่าจะเป็นเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลง เนื่องจากการแข็งตัวที่เร็วของ PET และเกิดการไหม้ระหว่างการหลอมและผสม ชิ้นงานมีลักษณะแข็งเป็นก้อนสีน้ำตาลอ่อน ไม่ค่อยเข้ากับเส้นใย แข็งเปราะแตกหักง่าย แต่เส้นใยดัดแปลง คือ เส้นใย Acetylated fiber และ Benzoylated fiber สามารถรวมตัวกับ PET ได้ดีขึ้นและไม่ไหม้ที่ 165 °C ได้ผลเป็นของแข็งที่แสดงถึงการรวมตัวกันได้ ซึ่งควรนำไปศึกษาการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวต่อไป

พลาสติก LDPE และ PS สามารถละลายได้ดีใน Xylene หรือ Toluene ที่ร้อน เมื่อนำมาผสมกับเส้นใยพบว่าสามารถผสมเข้ากับเส้นใยได้ดีไม่ว่าจะเป็นเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลงหรือผ่านการดัดแปลง ปริมาณเส้นใยที่เหมาะสมคือ 10 % w/w และอัตราส่วนที่เหมาะสมของ LDPE และ PS คือ 70 : 30 เพราะถ้าหากมีอัตราส่วนของ PS สูงจะทำให้ชิ้นงานเปราะและหักง่าย ชิ้นงานมีลักษณะแข็งและเหนียว มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อย แข็งแรง แต่เมื่อสังเกตจากลักษณะภายนอกพบว่าเส้นใย ที่ผ่านการดัดแปลงจะเข้ากันเป็นเนื้อเดียวได้ดีกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการดัดแปลง ชิ้นงานที่ออกมาจะมีลักษณะแข็ง ความยืดหยุ่นน้อย

เมื่อใช้เส้นใยย้อมสีในการเตรียมจะได้ชิ้นงานที่ทีสีสวยงามและแข็งแรง สามารถนำไปใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆได้

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

ชิ้นงานเซลลูโลส Composite กับ Polystyrene (PS) (1 : 1) พบว่าชิ้นงาน ของ เส้นใยสับปะรด Benzoylated แข็ง น้ำหนักเบา เส้นใยเข้ากันได้กับ PS ดีกว่า และมีค่าแรงดึงสกรู 30.50 Kgf สูงกว่าชิ้นงาน ของเส้นใยสับปะรด Propionylated (24.00 Kgf) และ เส้นใยสับปะรดที่ไม่ดัดแปลง (24.57 Kgf)

ชิ้นงานของ เส้นใยสับปะรด Propionylated เมื่อเติม $CaCO_3$ 30 % โดยน้ำหนักเส้นใย มีค่าแรงดึงสกรูเพิ่มขึ้นเป็น 42.00 Kgf เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานเซลลูโลส Composite กับ PS ใช้เส้นใยปอแก้ว ต่อ PS (1 : 1) เติม $CaCO_3$ 30 % โดยน้ำหนักเส้นใย มีค่าแรงดึงสกรู ถึง 60.00 Kgf (กนกจันทน์ ภูริเอกทัต และทิพยาภรณ์ นวลปาน. (2549)

การศึกษาสมบัติการดูดซับความชื้นและความแข็งแรงของชิ้นงานเซลลูโลสคอมโพสิตกับ LDPE พบว่า เมื่อนำเส้นใยดัดแปลงมาเทียบค่าความชื้นและค่าสภาพนำไฟฟ้ากับเส้นใยไม่ผ่านการดัดแปลง พบว่าชิ้นงานแข็ง น้ำหนักเบา มีค่าแรงดึงสกรู 15.33 Kgf มีค่าความชื้นสูงสุดที่ 53.85 % เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงสุดที่ 3.41 x 10^{-3} S เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที

เส้นใยดัดแปลง Propionylated ชิ้นงานแข็ง น้ำหนักเบาเส้นใยเข้ากันได้กับ LDPE ดีกว่ากว่าเส้นใยไม่ผ่านการดัดแปลง มีค่าแรงดึงสกรู 26.67 Kgf มีค่าความชื้นสูงสุดที่ 56.15 % เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงสุดที่ 4.41 x 10^{-3} S เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที

เส้นใยดัดแปลง Benzoylaed ชิ้นงานแข็ง น้ำหนักเบา เส้นใยเข้ากันได้กับ LDPE ดีกว่า เส้นใยไม่ผ่านการดัดแปลงมีค่าแรงดึงสกรู 30.67 Kgf มีค่าความชื้นสูงสุดที่ 50.27 % เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงสุดที่ 2.32 x 10^{-3} S เมื่อแช่น้ำไป 30 นาที ความชื้นและสภาพนำไฟฟ้าเมื่อแช่น้ำมากกว่า 30 นาทีจะมีค่าต่ำลงและอาจคงที่ เส้นใย Propionylated มีค่าการดูดซับความชื้น

มากขึ้น 0.00 – 9.15 % และมีค่าสภาพนำไฟฟ้ามากขึ้น 0.00 – 29.33 % เส้นใย Benzoylated มีค่าการดูดซับความชื้นน้อยลง 0.32 –63.15 % และมีค่าสภาพนำไฟฟ้าน้อยลง 31.66 – 78.72 %

เมื่อนำเส้นใยบดหยาบที่เตรียมจากกากเหลือทิ้งจากการสกัดสเตียรอยด์ในโครงการย่อย 3 มาทำพอลิเมอร์คอมพอสิตกับ PS และ LDPE นำมาอัดเป็นแผ่น ขัดด้วยกระดาษทราย แล้วทากาว (กาวยางสำหรับงานไม้) ทั้งชิ้นงาน และแผ่นลามิเนต รอจนกาวหมาดจึงค่อยประกบแผ่นลามิเนตกับชิ้นงานเข้าด้วยกัน รีดไล่อากาศ จะได้ชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ทำอุปกรณ์และเฟอร์นิเจอร์ที่รับน้ำหนักปานกลางได้ดี

9. สรุปผลการศึกษาการเตรียมเยื่อสับปะรดและการทำกระดาษกรองและการทดสอบคุณภาพ

ในการทำกระดาษจากใบสับปะรดควรนำใบสับปะรดสดล้างให้สะอาด ตัดตามขนาดที่ต้องการ แล้วนำไปแช่ในตู้แช่แข็งอย่างน้อย 2 วัน แล้วนำมาแยกเยื่อกระดาษ เพราะจะทำได้ง่าย และได้เยื่อกระดาษที่ดีกว่าการทำจากใบสับปะรดสด การฟอกขาวเยื่อกระดาษใบสับปะรดสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ด้วยการแช่ฟอกด้วยสารละลาย ความเข้มข้น 10 % NaOCl สามารถฟอกเยื่อกระดาษให้ขาวได้หมดเมื่อในเวลา 90 นาที หรือด้วย 5 % H_2O_2 ใน 0.5 M NaOH ที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้พลังงานเพิ่มในการต้มและเพิ่มการใช้ NaOH แต่หากผลิตภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องใช้กระดาษขาว ก็ไม่จำเป็นต้องฟอกมาก

เมื่อนำเยื่อกระดาษที่ผ่านการฟอกและปรับสภาพเส้นใยมาทำกระดาษกรอง และการตีเส้นใยให้กระจายสม่ำเสมอด้วยเครื่องกวนที่ใช้ใบพัด แล้วนำมาทำกระดาษโดยวิธีแตะ ผสมกาว และรีดแผ่นกระดาษด้วยจักรรีดยางจะได้กระดาษที่มีแผ่นเรียบขึ้น

กระดาษกรองที่ได้สามารถกรองสารละลายน้ำและเอทานอลได้โดยไม่เปื่อยยุ่ยนานกว่า 10 นาที และได้สารละลายใส แต่สารละลายผ่านเร็วกว่ากระดาษกรอง ทางการค้าและคงทนน้อยกว่า อย่างไรก็ตามการทำกระดาษกรอง กระดาษขมิ้น และกระดาษอินดิเคเตอร์อื่นๆ ก็สามารทำได้เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไปได้ดี นักเรียน หรือนิสิตสามรถทำเองได้ และเป็นการฝึกอาชีพได้อีกทางหนึ่ง

10. สรุปผลการศึกษาการชะลอการสุก และยับยั้งเชื้อของผลมะนาวด้วยกระดาษใยสับปะรดผสมผงถ่าน และน้ำมันหอมระเหย

การเตรียมกระดาษจากผงถ่านไม้ไผ่พบว่าปริมาณที่เหมาสม คือใช้ผงถ่านละเอียด ไม่เกิน 10 %โดยน้ำหนัก ถ้าใช้ผงถ่านมากการจะผสมเข้ากันได้ไม่ดี แตกหักง่าย และเส้นใยที่ปรับปรุงสภาพผิวจะรวมเข้ากันได้ดีกว่า

จากการทดลองเก็บผลมะนาวไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิทที่มีกระดาษชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องพบว่า ในการเก็บผลมะนาวไว้ในสภาพปกติ (ไม่ใส่ถุงพลาสติก) ที่อุณหภูมิห้องจะสามารถเก็บได้นานเฉลี่ย 13.67 วัน เมื่อใส่กระดาษสับปะรดผสมถ่านจะสามารถยืดอายุการเก็บมะนาวไว้ได้นานเฉลี่ย 26.33 วัน (สูงสุดถึง 50 วัน)

ส่วนการเก็บมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติก (ไม่ใส่กระดาษ) ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรด) และใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดสเปรย์น้ำมันหอมระเหย) จะมีอายุการเก็บที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ยอยู่ที่ 15.00, 19.00 และ 14.00 วัน ซึ่งจากการทดลองการเก็บผลมะนาวไว้ในสภาพปกติ (ไม่ใส่ถุงพลาสติก) ที่อุณหภูมิห้องเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 วันผลมะนาวจะเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และ

การเก็บผลมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติกในทุกชุดการทดลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปผลมะนาวจะมีสีเหลือง ผลจะนิ่มและเน่าในที่สุด และการเก็บผลมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดผสมถ่าน) จะมีอายุการเก็บสูงสุด อาจเนื่องมาจากผลของการดูดซับ Ethylene ของถ่านจึงทำให้ช่วยให้ชะลอการสุกของมะนาวได้

จากการทดลองเก็บผลมะนาวไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิทที่มีกระดาษชนิดต่าง ๆ ที่อุณหภูมิต่ำ (เก็บในตู้เย็น) พบว่า ในทุกชุดการทดลอง คือ การเก็บผลมะนาวไว้ในสภาพปกติ (ไม่ใส่ถุงพลาสติก) การเก็บมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติก (ไม่ใส่กระดาษ) ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรด) ใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดสเปรย์น้ำมันหอมระเหย) และใส่ถุงพลาสติก (ใส่กระดาษสับปะรดผสมถ่าน) จะมีอายุการเก็บผลมะนาวเฉลี่ยอยู่ที่ 26.33, 26.33 , 26.00, 26.00 และ 25.67 วัน ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเก็บผลมะนาวไว้ที่อุณหภูมิต่ำไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและในทุกชุดการทดลอง แต่ในการทดลองพบอัตราการเน่าของมะนาวค่อนข้างสูง และจากการเก็บผลมะนาวโดยใส่ถุงพลาสติกในทุกชุดการทดลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปผลมะนาวจะมีสีเหลืองผลจะนิ่มและเน่าในที่สุด และยังพบหยดน้ำในถุง ซึ่งมาจากการคายความชื้นของผลมะนาว และในบางชุดการทดลองยังพบการเกิดเชื้อราบริเวณผลมะนาว และนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าของผลมะนาวได้

การใช้น้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อรา จะต้องศึกษาปริมาณที่เหมาะสม หากมากเกินไปจะทำให้ผลไม้ผิวไหม้ และมีปัญหาเกี่ยวกับการระเหยของน้ำมัน

สรุปผลการวิจัย

ใบสับปะรดเป็นวัสดุการเกษตรเหลือทิ้งที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากใบสับปะรด แล้วนำมาทำผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ต่างๆ เส้นใยสำหรับทำกระดาษและพอลิเมอร์คอมพอสิต และศึกษาการประยุกต์ใช้เพื่อถ่ายทอดให้กับชุมชนในท้องถิ่น การศึกษาพบว่าการเตรียมเส้นใยยาวทำได้ง่ายขึ้นเมื่อแช่ในน้ำคลองเป็นเวลา 10.12 วัน ส่วนการเตรียมเส้นใยสั้นจากใบสับปะรดแช่แข็งจะทำได้ง่ายกว่าทำจากใบสับปะรดสด ผงเซลลูโลสขนาดต่ำกว่า 100 Mesh ที่ได้ มีสมบัติใกล้เคียงกับทางการค้า แต่มีสีขาวน้อยกว่าเล็กน้อย และอนุพันธ์ที่เตรียมขึ้น คือ เซลลูโลสอะซีเตต เซลลูโลสโพรพีโอเนต เซลลูโลสเบนโซเอต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และ เซลลูโลสพาราแอมิโนเบนโซอิกที่เตรียมขึ้น ยืนยันโครงสร้างด้วยอินฟราเรดสเปกตรัม (FT-IR spectrum)

นอกจากนี้ได้ศึกษาการเตรียมเซลลูโลสไฮโดรเจลแล้วทำแผ่นเมมเบรนซึ่งสามารถแยกน้ำกับน้ำมันพืช และแยกเฮกเซนจากน้ำมันพืช เมื่อเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10-15 นาที แต่เมื่อแห้งเมมเบรนจะแข็งและไม่สามารถทำกลับให้นิ่มได้ และขาดได้เมื่อเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็วสูง ซึ่งต้องศึกษาการปรับปรุงให้มีสมบัติดีขึ้นต่อไป

พอลิเมอร์คอมพอสิตของ เส้นใย Acetylated fiber และ Benzoylated fiber สามารถรวมตัวกับ PET ได้และไม่ไหม้ที่ 165 °C ได้ของแข็งที่แสดงถึงการรวมตัวกันได้ ซึ่งควรนำไปศึกษาการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวต่อไป

พอลิเมอร์คอมพอสิตของ เส้นใย Propionylated fiber และ Benzoylated fiber รวมตัวกับพลาสติก LDPE และ PS สามารถละลายได้ดีใน Xylene หรือ Toluene ที่ร้อน ในปริมาณ 10 % w/w และอัตราส่วนที่เหมาะสมของ LDPE และ PS คือ 70 : 30 ได้ชิ้นงานมีลักษณะแข็งและเหนียว มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อย แข็งแรง เมื่อใช้เส้นใยย้อมสีในการเตรียมจะได้ชิ้นงานที่มีสีสวยงามและแข็งแรง สามารถนำไปใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆได้

พอลิเมอร์คอมพอสิตของ เส้นใย Propionylated fiber และ Benzoylated fiber รวมตัวกับพลาสติก LDPE ให้ชิ้นงานที่ทนแรงดึงสกรูได้ดีพอสมควร พอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใย

Benzoylated fiber และ LDPE มีค่าการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีในการนำไปทำวัสดุใช้นอกบ้าน

พอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใยดัดแปลง Benzoylaed กับ LDPE มีค่าแรงดึงสกรู 30.67 Kgf ซึ่งสูงกว่าเส้นใยดัดแปลง Propionylated กับ LDPE ซึ่งมีค่าแรงดึงสกรูเพียง 26.67 Kgf และมีค่าการดูดซึมน้ำลดลง ในขณะที่พอลิเมอร์คอมพอสิตของ เส้นใย Propionylated fiber มีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

พอลิเมอร์คอมพอสิตของเส้นใยบดหยาบ กับ PS และ LDPE นำมาอัดเป็นแผ่น ประกบแผ่นลามิเนต ได้ชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ทำอุปกรณ์และเฟอร์นิเจอร์ที่รับน้ำหนักปานกลางได้ดี

เมื่อนำเยื่อกระดาษที่ผ่านการฟอกและปรับสภาพเส้นใยมาทำกระดาษกรองโดยวิธีแตะผสมกาวและรีดแผ่นกระดาษด้วยจักรรีดยางจะได้กระดาษที่มีแผ่นเรียบ สามารถกรองสารละลายน้ำและเอทานอลได้โดยไม่เปื่อยยุ่ยนานกว่า 10 นาที และได้สารละลายใส แต่สารละลายผ่านเร็วกว่ากระดาษกรอง ทางการค้า และมีความคงตัวน้อยกว่า

การเตรียมกระดาษใยสับปะรดผงถ่านไม้ไผ่ละเอียด 10 %โดยน้ำหนัก สามารถเก็บผลมะนาวไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใส่กระดาษผสมถ่านจะสามารถยืดอายุการเก็บมะนาวไว้ได้นานเฉลี่ย 26.33 วัน (สูงสุดถึง 50 วัน)

อย่างไรก็ตามชุมชนในภาคใต้ยังมีความสนใจในการแปรรูปจากสับปะรดไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆน้อย เพราะยังมีอาชีพและพืชเศรษฐกิจอื่นที่ทำเงินได้มากกว่า เช่น ยางพารา การประมง แต่ถ้ามีความช่วยเหลือจากหน่วยงานต่างๆและมีโรงงานรูปแบบ ในภาวะที่ยางราคาลดลงน่าจะพัฒนาอาชีพใหม่ให้กับชุมชนในภาคใต้ได้

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ประโยชน์จากใบสับปะรดให้คุ้มค่าควรนำมาสกัดสารอื่นๆที่ตลาดต้องการ เช่น เอนไซม์ สเตียรอยด์ ด้วยตัวทำละลาย แล้วนำกากที่เหลือมาล้างแล้วทำผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ที่มีการใช้ในห้องปฏิบัติการหรือเป็นวัสดุในการทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น แผ่นลามิเนต
2. ควรมีการศึกษาต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเทียบกับราคาในปัจจุบัน เพื่อการตัดสินใจในการลงทุนผลิตร่วมกับเอกชน
3. ชุมชนสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ เช่น จักรรีดยางทั้งแบบลื่น และแบบมีร่อง ซึ่ง

ในปัจจุบันเลิกใช้แล้วและมีการขายเป็นเศษเหล็ก เพราะนิยมการขายน้ำยางสด หากมีการเพิ่มอุปกรณ์ที่ทำให้ร้อน ก็จะมีประสิทธิภาพในการรีดกระดาษมากขึ้น

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมตามความต้องการของตลาด

บรรณานุกรม

กนกจันทน์ ภูริเอกทัต และทิพยาภรณ์ นวลปาน. (2549). **การทดสอบเสถียรภาพเชิงกลของเส้นใยปาล์มและเส้นใยปอแก้วที่ผ่านกระบวนการปรับสภาพด้วยปฏิกิริยาอะซีเลชัน**. โครงงานวิศวกรรมเคมี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กฤษณา ศิรเลิศมุกุล, ศรีไฉล ขุนทน, ณัฐาภรณ์ สุวรรณโณ และสุนันท์ พงษ์สามารถ. (2548). **การเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรชัย ราชตนะพันธุ์, ณัฐสรวง มูลกะรัตน์ และนพมาศ ปินตาแจ่ม. (2551). **การผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษกระดาษสา**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.)

มหาวิทยาลัยศิลปากร. (2554). **พลาสติกชนิด LDPE**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2554, จาก http://www.pharm.su.ac.th/cheminlife/cms/index.php/kitchen-room/108-ldpe.html)

มุกดา คูหิรัญ และคณะ. (2546) . **แนวทางการใช้เซลลูโลสจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อการผลิตเอทานอล.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วีรศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. กรุงเทพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

โสภณ เริงสำราญ. (2541). **การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

AMTEX. (2005). **Analytic method for determining Degree of Substitution in the product** (A.S.T.M. method). 11 August 2010, form www.**amtex**.com.mx/docs/DS.pdf)

Almeida, E. V. R., Frollini, E., Castellan, A., Coma, V. (2009). "Chitosan, sisal cellulose, and biocomposite chitosan/sisal cellulose films prepared from thiourea/NaOH aqueous solution". **Carbohydrate Polymers**. 80, 655–664.

Arib, R.M.N., Sapuan, M.M., Ahmad, H.M., Paridah, M.T. and Khairul Zaman, H.M.D. "Mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced polypropylene composites," **Materials & Design**. ; December 2004.

Ayse, A.and Mohini, S. (2008). "Isolation and characterization of nanofibers from agricultural residues – Wheat straw and soy hulls". **Bioresource Technology**. 99, 1664–1671.

Biswas, A., Saha, B., Lawton, J., Shogren, R.L. and Willett, J.L. (2006). Process for obtaining Cellulose acetate from agricultural by-product**. Carbohydrate Polymer**. 64 : 134 : 137.

Cantero, G., Arbelaiz,A., Llano-Ponte, R.and Mondragon, I. "Effects of fibre treatment on wet ability and mechanical behavior of flax/polypropylene composites," **Composites Science and Technology .** 63(9) : 1247-1254 ; July 2003.

Chang, C., Zhanga, L., Zhoua, J., Zhanga, L., Kennedy, J. F. (2010). "Structure and properties of hydrogels prepared from cellulose in NaOH/urea aqueous solutions". **Carbohydrate Polymers**. 82, 122–127.

Domenek, S., Feuilloley, P., Gratraud, J., Morel, M. and Guilbert, S. "Biodegradability of wheat gluten based bioplastics," **Chemosphere.** 54 (4) : 551-559 ; January 2004.

Dong, R., Lina, Z., Yuan M., Ming Z., and Xiaobin L. (2004). "Microporous membranes prepared from cellulose in NaOH/thiourea aqueous solution". **Journal of Membrane Science**. 241, 265–274.

Dong, R., Ang, L. and Lina, Z. (2008). "Gelation behaviors of cellulose solution dissolved in aqueous NaOH/thiourea at low temperature". **Polymer**. 49, 1027 – 1036.

Donnell, A. O., Dweib, M. A. and Woo, R. P. "Natural fiber composites with plant oil-based resin," **Composites Science and Technology.** 64(9) : 1135-1145 ; July 2004.

Fuchs, C., Bhattacharyya, D. and Fakirov, S. "Microfibril reinforced polymer–polymer composites: Application of Tsai-Hill equation to PP/PET composites," **Composites Science and Technology** ; 2005.

Ferjani, E., Ellouze, E., and Ben Amar R., (2005). Treatment of seafood processing wastewaters by ultrafiltration-nanofiltration cellulose acetate membranes. **Desalination.** 177 : 43-49.

Guang, Y., Xiaopeng X., and Lina Z., (2002). "Microporous formation of blend membranes from cellulose/konjac glucomannan in NaOH/thiourea aqueous solution". **Journal of Membrane Science.** 201, 161–173.

Hamada, T., and Miyazaki, Y., (2004). Reuse of carwash water with a cellulose acetate ultrafiltration membrane aided by flocculation and activated carbon treatments. **Desalination**. 169 : 257-267

Heydarzadeh, H. D., Najafpour, G. D. and Nazari-Moghaddam, A. A. (2009). "Catalyst-Free Conversion of alkali cellulose to fine carboxymethyl cellulose at mild conditions world". **Applied Sciences Journal**. 6 (4), 564-569.

Khan, S., Ghosh, A.K., Ramachandhran, V., Bellare, J., Hanra, M.S., Trivedi, M.K., and Misra, B.M. (2000). Synthesis and characterization of low molecular weight cut off ultrafiltration membrane from cellulose propionate polymer. **Desalination.** 128 : 57-66.

Li,Y., Mai, Y. and Ye, L. "Sisal Fiber and its Composites: A Review of Recent Developments," **Composites Science and Technology**. 60 (11) : 2037-2055 ;August 2000.

Liua, W., Misraa, M., Askelanda, P., Lawrence T. and Amar K. " 'Green' composites from soy based plastic and pineapple leaf fiber:fabrication and properties evaluation," **Composite Materials and Structures Center**. 46 (5) : 2710-2721; January 2005.

Loeb, S., and Sourirajan, S. (1960). **Sea water Deminerization by Means of a Semipermeable Membrane**. UCLA. 60-60.

Mangal, R., Saxena a, N.S., Sreekala b, M.S.andThomas, S. "Thermal properties of pineapple leaf fiber reinforced composites," **Materials Science and Engineering A**. 339(3) 281-285 ; July 2001.

Mishra**, S.** S., Mohanty, A. K., Drzal, L. T., Misra, M. Parija, S., Nayak, S. K. and Tripathy,S. S. **"**Potentiality of Pineapple Leaf Fibre as Reinforcement in PALF-Polyester Composite: Surface Modification and Mechanical Performance**," Reinforced Plastics and Composites.** 20(4) : 321-334 ; 2001.

Mishra, S., Tripathy, S. S., Nayak, S. K. and Mohant, A. K**.** "Studies on mechanical performance of biofibre/glass reinforced polyester hybrid composite," **Composites Science and Technology.** 63(10) : 1377-1385 ; August 2003.

Pushpamalar, V., Langford, S. J., Ahmad, M. and Lim, Y. Y. (2006). "Optimization of reaction conditions for preparing carboxymethyl cellulose from sago waste". **Carbohydrate Polymers.** 64, 312–318.

Rongji, L., Jianming, F., Yurong, C., Yufeng, L., Jianqin, F. and Juming, Y. (2009). "Cellulose whiskers extracted from mulberry : A novel biomass production". **Carbohydrate Polymers.** 76, 94–99.

Rout, J., Misra, M., Tripathy, S. S., Nayak, S. K. and Mohanty, A. K. "The influence of fibre treatment on the performance of coir-polyester composites," **Composites Science and Technology.** 61(9) : 1303-1310 ; July 2001.

Ruan, D., Lue, A. and Zhang, L. (2008). "Gelation behaviors of cellulose solution dissolved in aqueous NaOH/thiourea at low temperature". **Polymer**. 49, 1027 – 1036.

Ruksakulpiwat, Y., Jarukumjorn, K., Chumsamrong P., Sutapun, W. and Suppakarn, N. "**Development of Polymer Composites Using Natural Fibers in Th**ailand," MTEC National Science and Technology Development Agency**.** ;2005**.**

Sharifah, H., Sharifah H., Aziz, Martin P., Simon J. and Simon R. "Modified polyester resins for natural fibre composites," **Composites Science and Technology.** 65(3-4) : 525-535 ; March 2005.

Shuai, Z., Fa-Xue, Li., Jian-yong, Y., You-Lo, H. (2010). "Dissolution behaviour and solubility of cellulose in NaOH complex solution". **Carbohydrate Polymers**. 81, 668–674.

Suna, J.X., Suna, X.F., Zhaoa, H. and Sun, R.C. (2004). "Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse". **Polymer Degradation and Stability**. 84, 331-339.

Torres, F.G. and Cubillas, M.L. "Study of the interfacial properties of natural fibre reinforced polyethylene," **Polymer Testing.** 24(6) : 694-698 ; September 2005.

Tserki, V., Zafeiropoulos, N.E., Simon, F. and Panayiotou, C. "A study of the effect of acetylation and propionylation surface treatments on natural fibres," **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing** . 36(8) : 1110-1118 : August 2005.

Wang, W., Sain, M., Cooper, P.A. (2006). "Study of moisture absorption in natural fiber plastic composites". **Composites Science and Technology**. 66, 379–386.

Zhi Rong, M., Qiu Zhang, M., Liu, Y., Cheng Yang, G.and Min Zeng, H. "The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites," **Composites Science and Technology** . 61(10) : 1437-1447 ; August 2001.

http://kanchanapisek.or.th/kp1/data/40/papersa.html

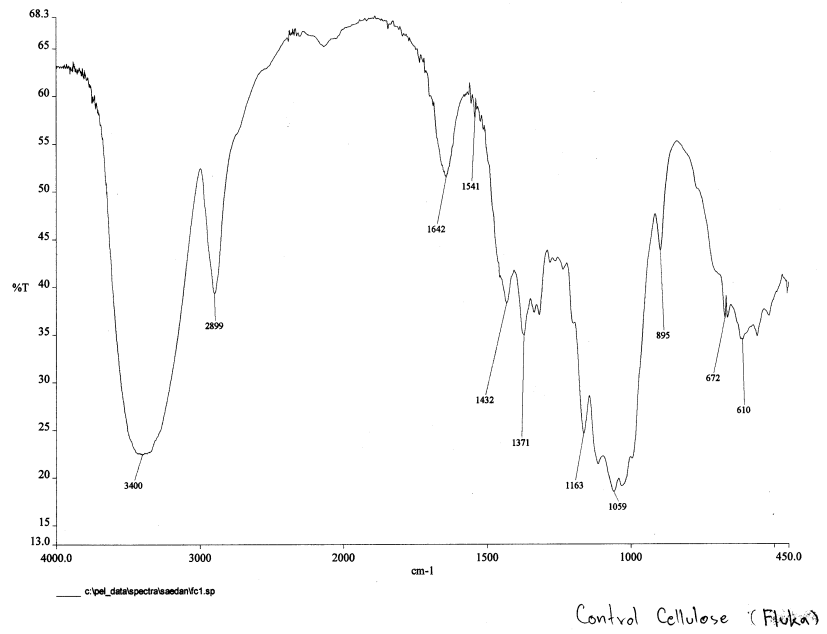
http://kanchanapisek.or.th/kp1/data/40/resesa.html

http://ns.yupparaj.ac.th/web4142/M404/404-12/noname2.htm

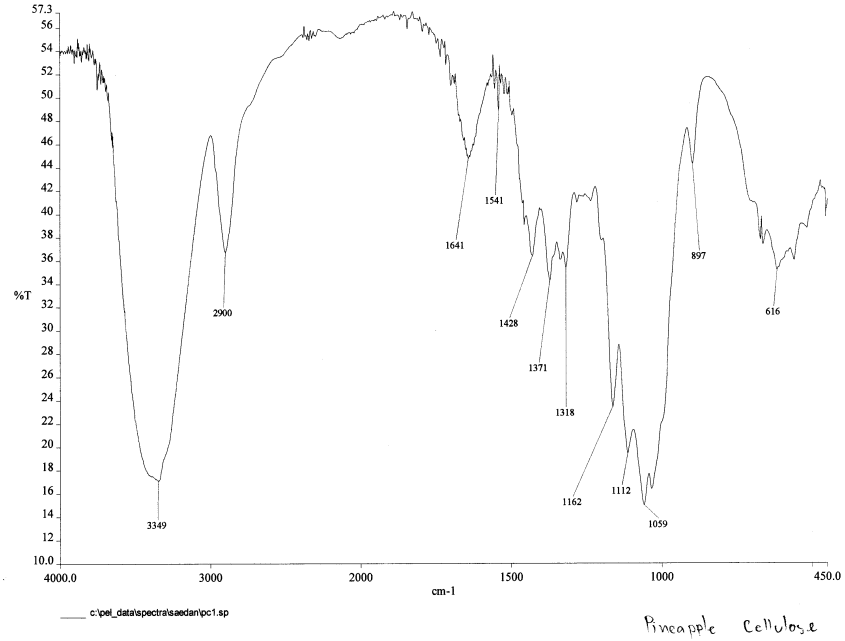
http://www.science.cmu.ac.th/S.Report45/research-45/unit-chem3.htm

http://www.shopzaa.com/Article.php

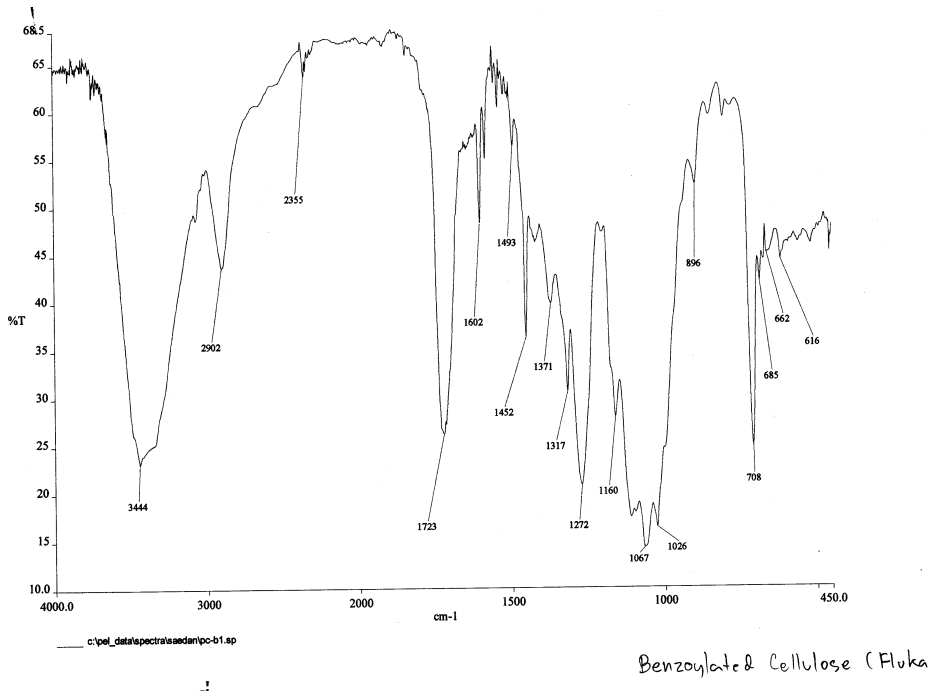
ภาคผนวก



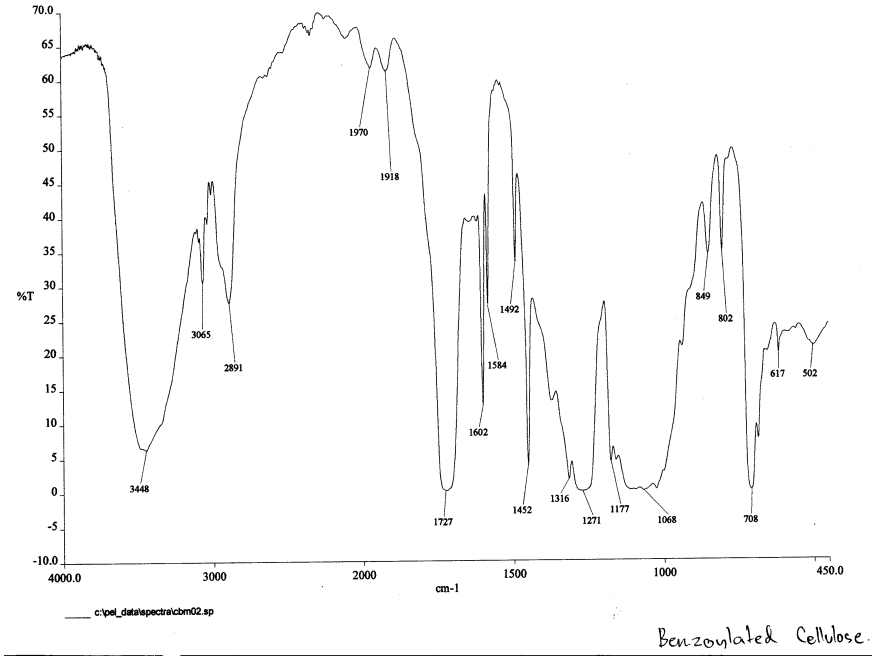
ภาพภาคผนวกที่ 1 IR spectrum(KBr) ของ เซลลูโลส(FLUKA)



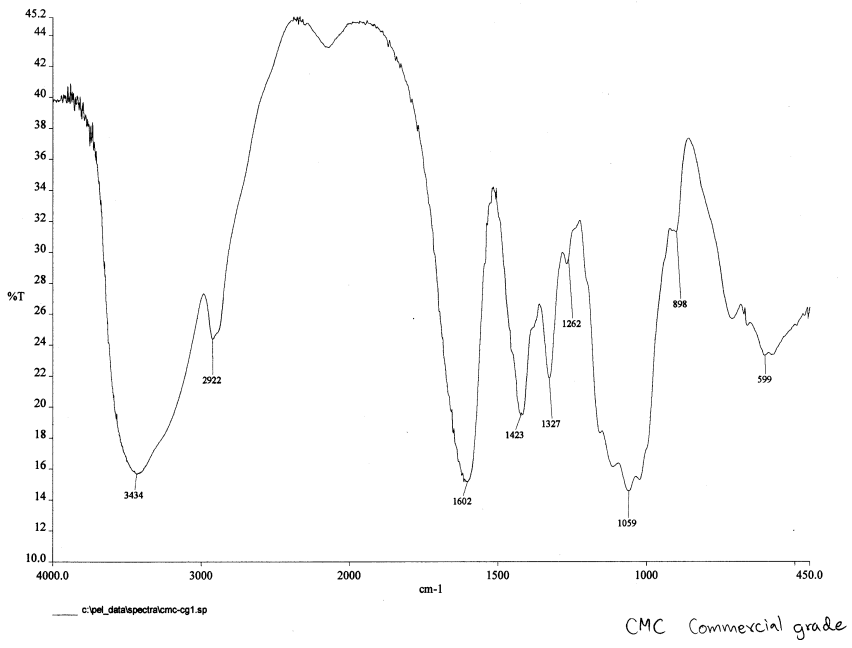
ภาพภาคผนวกที่ 2 IR spectrum(KBr) ของของ เซลลูโลสจากใบสับปะรด



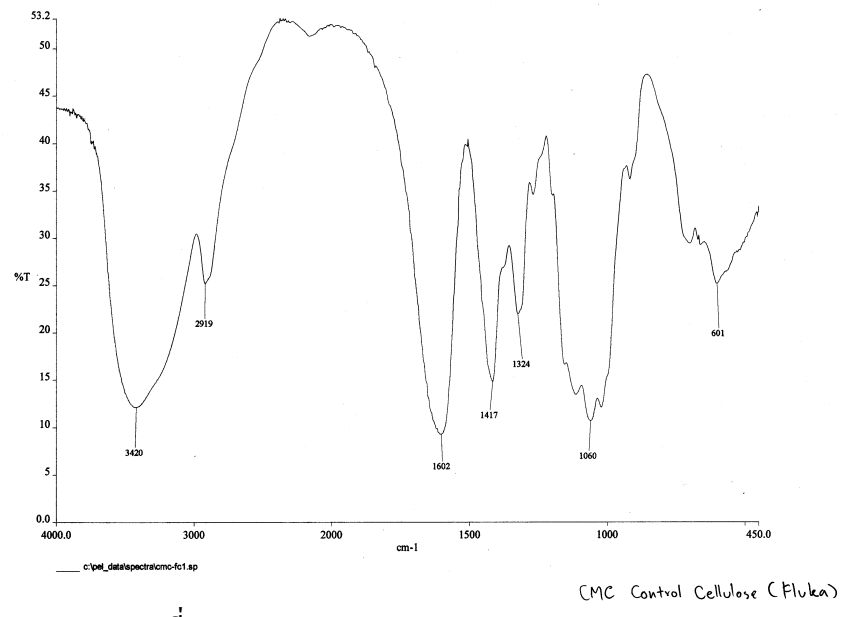
ภาพภาคผนวกที่ 3 IR spectrum(KBr) ของ Benzoylated cellulose (FLUKA)



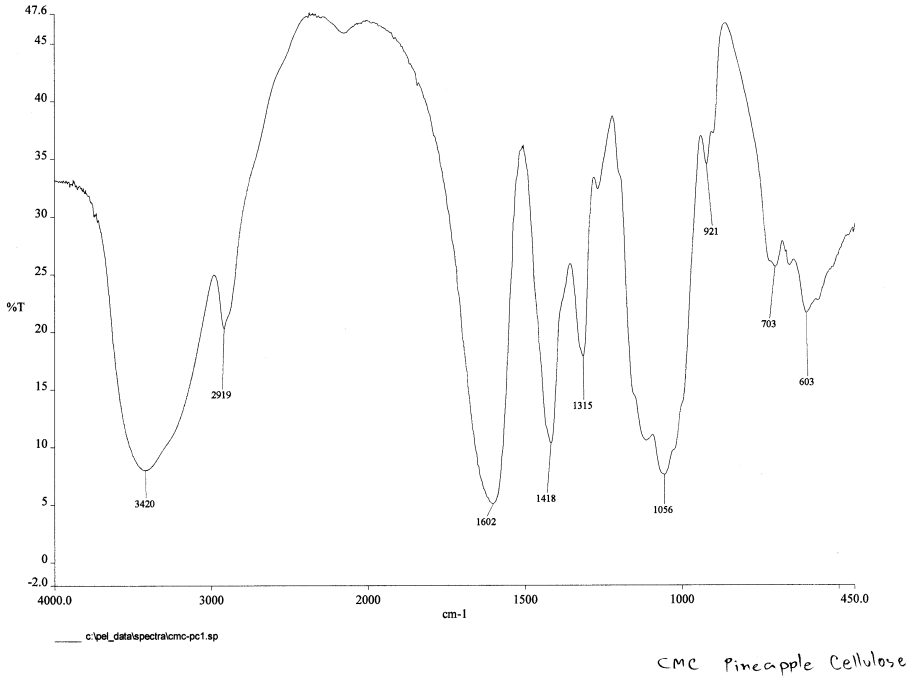
ภาพภาคผนวกที่ 4 IR spectrum (KBr) ของ Benzoylated cellulose จากใบสับปะรด



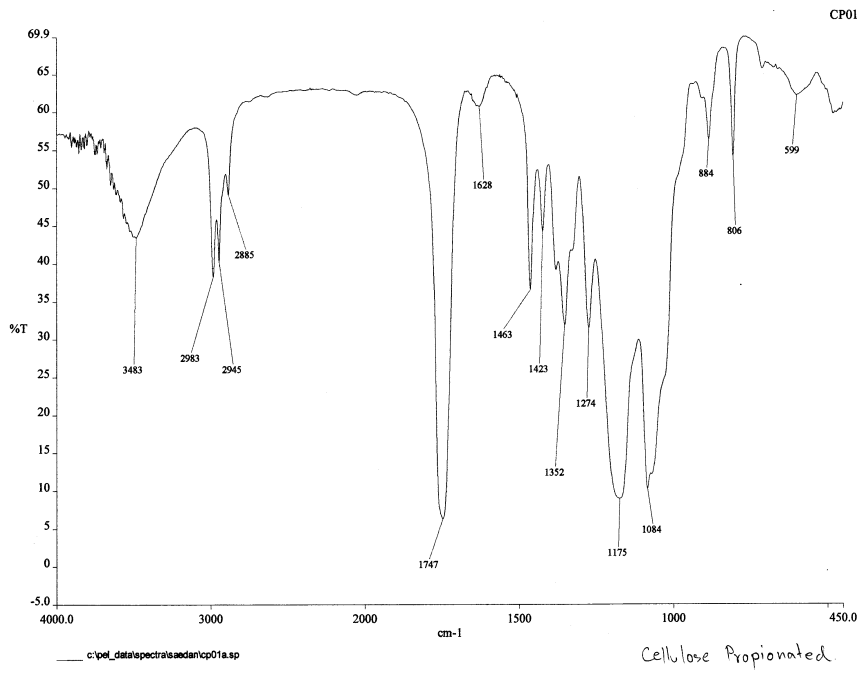
ภาพภาคผนวกที่ 5 IR spectrum (KBr) ของ CMC commercial grade



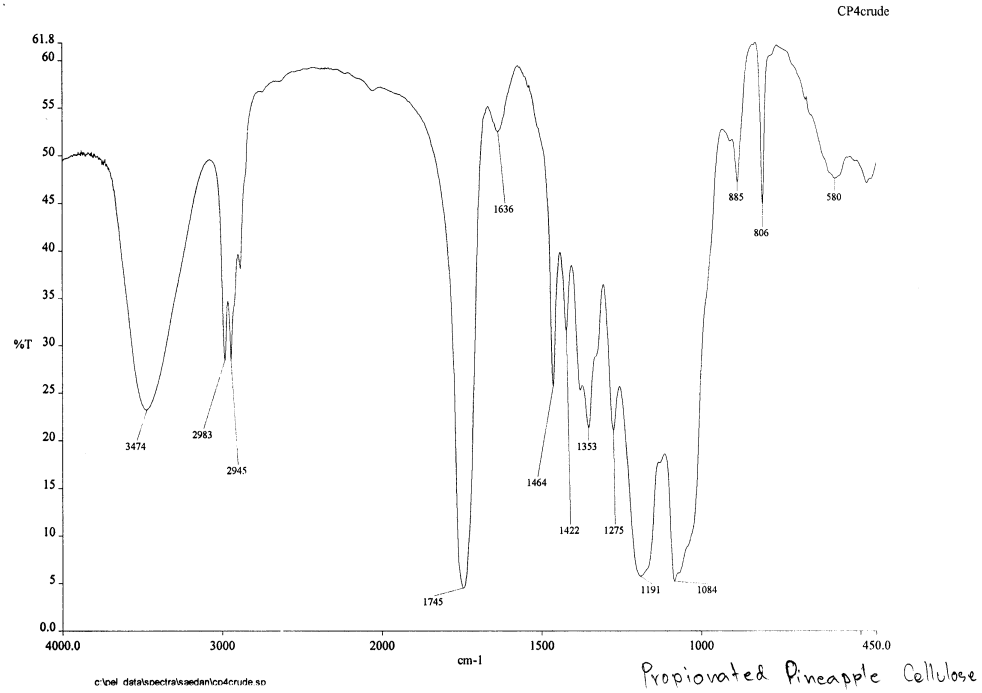
ภาพภาคผนวกที่ 6 IR spectrum (KBr) ของ CMC จาก cellulose (FLUKA)



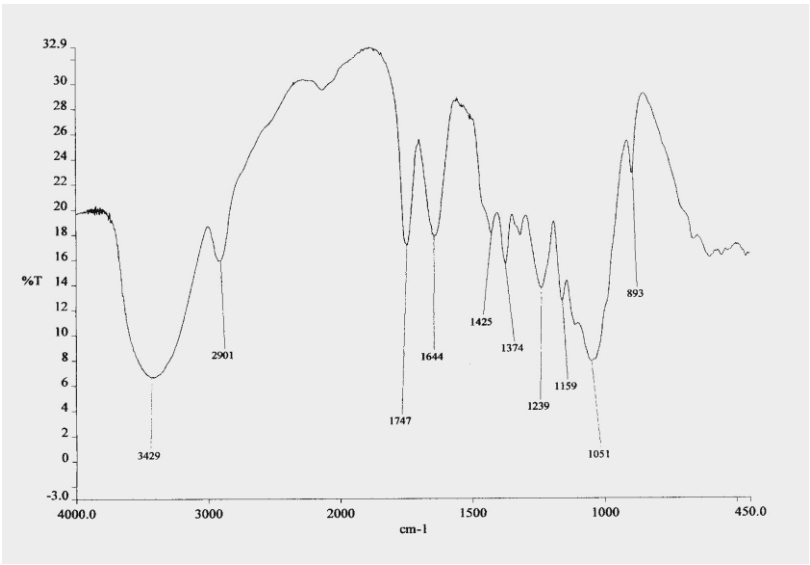
ภาพภาคผนวกที่ 7 IR spectrum (KBr) ของ CMC จาก cellulose จากใบสับปะรด



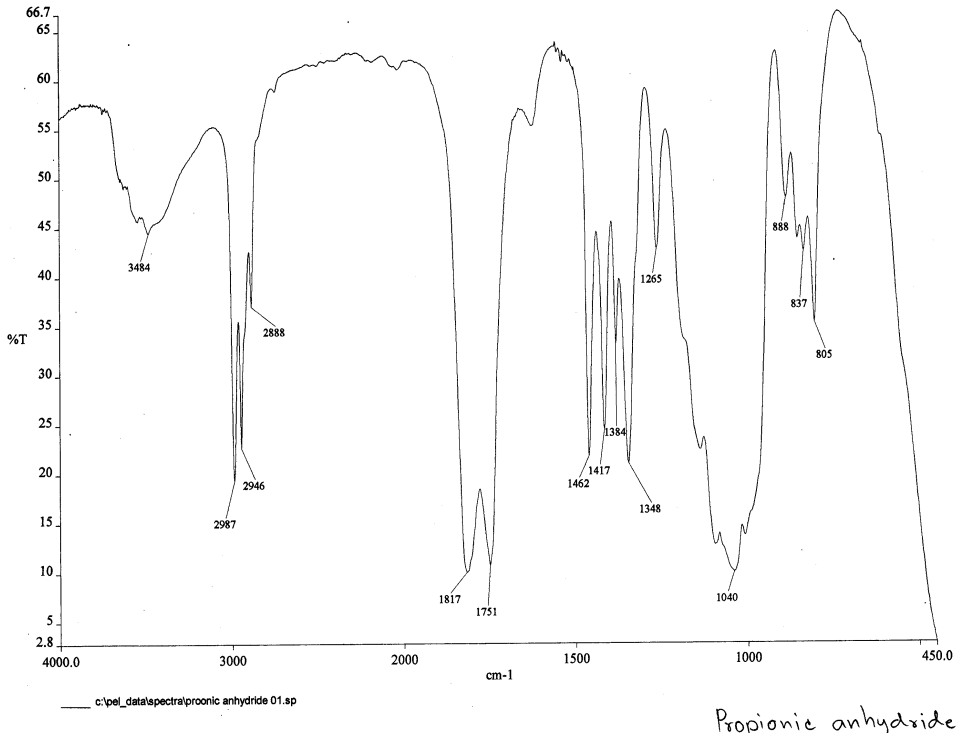
ภาพภาคผนวกที่ 8 IR spectrum (KBr) ของ cellulose propionate



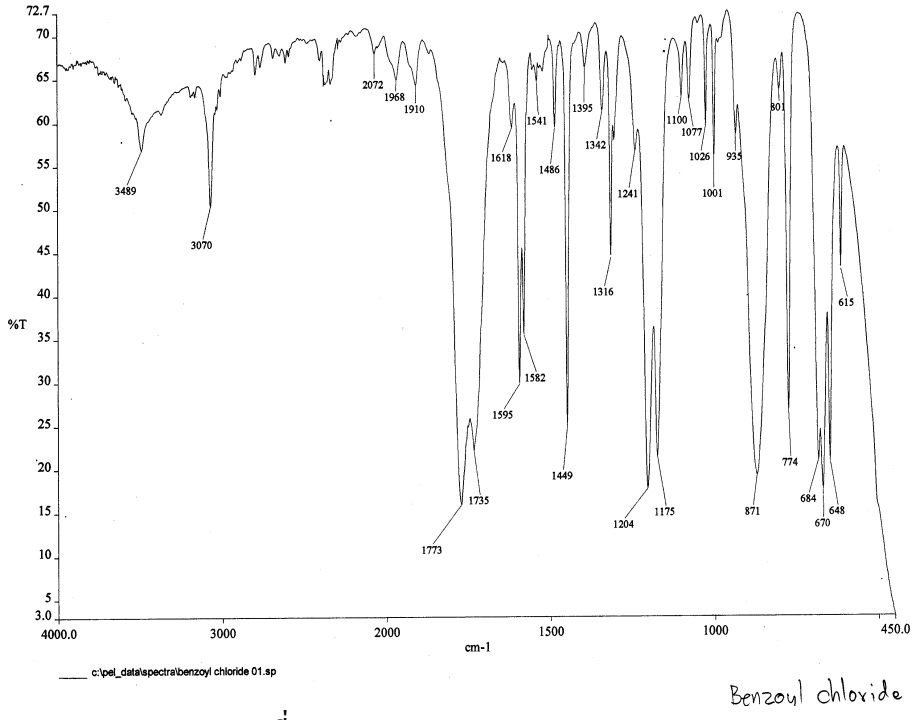
ภาพภาคผนวกที่ 9 IR spectrum (KBr) ของ cellulose propionate จากใบสับปะรด



ภาพภาคผนวกที่ 10 แสดง IR spectrum (KBr) ของ acetylated Cellulose



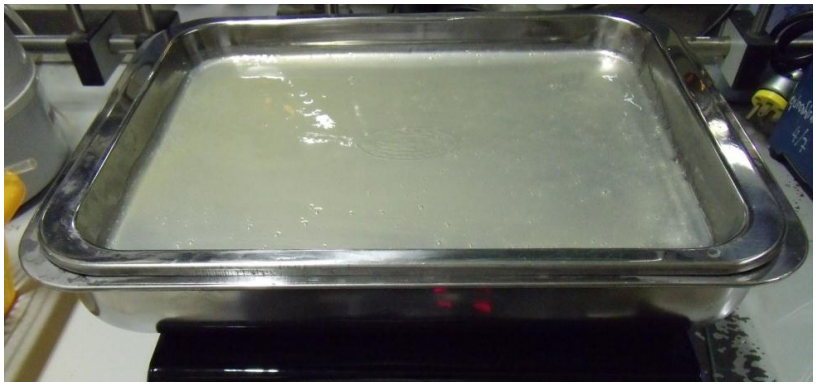
ภาพภาคผนวกที่ 11 IR spectrum (KBr) ของ propionic anhydride



ภาพภาคผนวกที่ 12 IR spectrum(KBr) ของ benzoyl chloride

ภาพภาคผนวกที่ 13 ชิ้นงาน Composite ระหว่างเซลลูโลสจากใบสับปะรดกับ LDPE ที่ฉาบด้วยกาวเงินสำหรับการตรวจวัดสภาพนำไฟฟ้า

ภาพภาคผนวกที่ 14 อุปกรณ์ในการตรวจวัดค่าความชื้นและสภาพนำไฟฟ้า



ภาพภาคผนวกที่ 15 การเตรียมอุปกรณ์ทำเมมเบรนด้วยความร้อน

ใบสับปะรดสด

ใบสับปะรดแช่แข็งในตู้ -20 องศาเซลเซียส

เส้นใยบดหยาบเหลือจากการสกัดสเตียรอยด์

ตู้แช่แข็ง

หม้อต้มใบสับปะรดด้วย NaOH

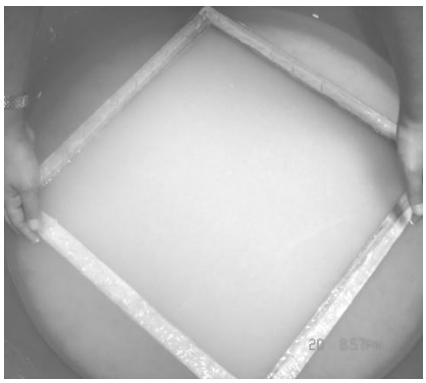
ภาพภาคผนวกที่ 16 การทำกระดาษ 1

เฟรมสำหรับทำกระดาษ

การประยุกต์ใช้จักรรีดยางมารีดแผ่นกระดาษจากใบสับปะรด

การล้างเยื่อกระดาษใบสับปะรดหลังต้มกับ NaOH

เยื่อกระดาษใบสับปะรด



ภาพภาคผนวกที่ 16 การทำกระดาษ **2**

ภาพภาคผนวกที่ 18 การทำกระดาษ **3**

ผลการศึกษาการทำเมมเบรนจาก Cellulose Propionated และ Cellulose Benzoylated โดยใช้ DMAc และ maleic acid ที่อัตราส่วนต่างๆ (Khan, 2000 : 58) และ ใช้ Formamide 30% และ Acetone 48% (ดรุณี, 1998 : 479-480) ดังตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการศึกษาการทำเมมเบรนจาก Cellulose Propionate และ Cellulose Benzoate

No.	Cellulose	DMAc	Maleic	Formamide	Acetone	ผลการทดลอง
1	CP (12.5%)	75%	12%	-	-	ไม่เป็นสารละลาย ตกตะกอน ไม่เกิดฟิล์ม
2	CB (12.5%)	75%	12%	-	-	ตัวทำละลายน้อย ไม่ผสมเข้าด้วยกัน
3	CP (8%)	84%	8%	-	-	ไม่เป็นสารละลาย ตกตะกอน ไม่เกิดฟิล์ม
4	CB (8%)	84%	8%	-	-	ไม่เป็นสารละลาย ตกตะกอน ไม่เกิดฟิล์ม
5	CP (22%)	-	-	30%	48%	ได้สารละลาย เกิดฟิล์มเปราะ
6	CB (22%)	-	-	30%	48%	ตัวทำละลายน้อย ไม่ผสมเข้าด้วยกัน
7	CP (15%)	-	-	35%	50%	ได้สารละลาย เกิดฟิล์มเปราะ
8	CB (15%)	-	-	35%	50%	ได้สารละลาย เกิดฟิล์มเปราะ

หมายเหตุ : **CP =** Cellulose Propionated

CB = Cellulose Benzoylated

ตารางบันทึกผลการชะลอการสุก และยับยั้งเชื้อของมะนาวที่อุณหภูมิห้อง

Day	Control (Co01)			Untreated (Un01)			Pineapple (Pp01)			Pineapple (Pp03)			Charcoal (Ch01)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
4	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
5	G+Y	G	G	G	G	G+Y	G	G	G	G	G	G+Y	G+Y	G	G
6	G+Y	G	G	G	G	G+Y	G	G	G	G	G	G+Y	G+Y	G	G
7	G+Y	G	G+Y	G	G	Y+G	G	G	G	G+Y	G	G+Y	G+Y	G	G
8	G+Y	G	G+Y	G	G	Y	G	G	G	Y+G	G	G+Y	G+Y	G	G
9	G+Y	G	G+Y	G	G	-	G	G	G	Y	G	G+Y	Y+G	G	G+Y
10	G+Y	G	Y	G	G	-	G	G	G	-	G+Y	G+Y	Y	G	G+Y
11	G+Y	G	-	G	G	-	G	G	G	-	G+Y	G+Y	-	G	Y+G
12	G+Y	G	-	G	G	-	G	G	G	-	G+Y	G+Y	-	G	Y
13	G+Y	G	-	G	G	-	G	G	G	-	G+Y	G+Y	-	G	-
14	Y	G+Y	-	G+Y	G	-	G+Y	G	G	-	Y	G+Y	-	G	-
15	-	G+Y	-	G+Y	G	-	G+Y	G+Y	G	-	-	G+Y	-	G	-
16	-	G+Y	-	G+Y	G	-	G+Y	G+Y	G	-	-	Y+G	-	G	-
17	-	Y	-	Y	G+Y	-	G+Y	G+Y	G+Y	-	-	Y+G	-	G	-
18	-	-	-	-	G+Y	-	Y+G	Y	G+Y	-	-	Y+G	-	G	-
19	-	-	-	-	G+Y	-	Y	-	G+Y	-	-	Y	-	G	-
20	-	-	-	-	Y	-	-	-	Y	-	-	-	-	G	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-

ทดสอบที่ อุณหภูมิห้อง ต่อ

Day	Control (Co01)			Untreated (Un01)			Pineapple (Pp01)			Pineapple (Pp03)			Charcoal (Ch01)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	G+Y	-
46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y+G	-
47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y+G	-
48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y	-
49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y	-

ทดสอบครั้งที่ 2 (แช่ตู้เย็น)

Day	Control (Co01)			Untreated (Un01)			Pineapple (Pp01)			Pineapple (Pp03)			Charcoal (Ch01)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
4	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
5	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

ทดสอบครั้งที่ 2 (แช่ตู้เย็น) ต่อ

Day	Control (Co01)			Untreated (Un01)			Pineapple (Pp01)			Pineapple (Pp03)			Charcoal (Ch01)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
12	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
15	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
16	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
18	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
19	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
22	G+Y	G	G+Y	G	G	G+Y	G	G+Y	G	G+Y	G+Y	G	G+Y	G	G
23	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G	G+Y
24	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	G+Y	Y	G	G+Y
25	G+Y	G+Y	G+Y	Y	G	G+Y	G+Y	Y	G+Y	Y	G+Y	G+Y	-	G+Y	G+Y
26	Y	G+Y	Y	-	G+Y	G+Y	Y	-	G+Y	-	Y	G+Y	-	G+Y	Y
27	-	Y	-	-	Y	Y	-	-	Y	-	-	Y	-	Y	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ G = ผลมีสีเขียว

G + Y = ผลมีสีเขียวมีเหลืองปน

Y + G = ผลมีสีเหลืองมีเขียวปน

Y = ผลมีสีเหลือง

1 (01) = กระดาษชนิดตัดฝอย

2 (02) = กระดาษชนิดแผ่น

3 (03) = กระดาษสเปรย์น้ำมันหอมระเหย

ap = กระดาษอ้างอิง

ภาพโครงการจัดอบรมให้กับครูและนักเรียน

หัวหน้าโครงการวิจัยมอบวัสดุอุปกรณ์ในการทำกระดาษให้กับผู้อำนวยการโรงเรียนวัดนาหม่อม