บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจมีการปลูกในหลายพื้นที่ในประเทศไทย ในพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่างมีพื้นที่ปลูกสับปะรดเพื่อขายผลสด ในปี 2550 จำนวน 13,848 ไร่ จังหวัดที่มีการปลูกพื้นที่มากได้แก่จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ปลูกประมาณ ร้อยละ 56 รองลงมาคือสงขลา ประมาณร้อยละ 16 และนราธิวาส ประมาณร้อยละ 13 วัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นอาหาร จึงมีเศษวัสดุที่เหลือใช้ที่น่าสนใจคือใบ เปลือกสับปะรด และแกนในผล ถึงแม้ว่าในบางจังหวัดมีการนำใบสับปะรดไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษ เช่น จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แต่การที่จะเพิ่มมูลค่าไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งจะสามารถช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรนั้น ในปัจจุบันยังมีการทำค่อนข้างน้อย ใบสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในจังหวัดทางภาคใต้ โดยมีการปลูกในพื้นที่สวนยางปลูกใหม่ เนื่องจากยางพารามีราคาแพง จึงไม่มีใครความสนใจ นำมาแปรรูป หากต่อไปในอนาคต ยางพารา ราคาต่ำลง ความสนใจในการนำใบสับปะรดหรือวัสดุการเกษตรอื่นๆก็จะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ชาวบ้านจะต้องมีองค์ความรู้ และมองเห็นความเป็นไปได้ ในการเพิ่มมูลค่าโดยการนำเส้นใยจากเศษวัสดุเหล่านี้มาแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ หรือใช้เป็นสารตัวเติม สารเสริมแรง และสารเติมแต่งในการทำเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิต วัสดุทางเคมีที่ใช้ในการศึกษา เช่น ผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ต่างๆ งานเหล่านี้ยังคงต้องการการวิจัยเพื่อพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรมต่อไป

พลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก เช่น พอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลท พอลีโพรพิลีน พอลีสไตรีน และพอลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ เป็นขยะที่มากในปัจจุบัน การย่อยสลายด้วยกระบวนการทางธรรมชาติต้องใช้ระยะเวลานาน การรีไซเคิลจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการกำจัดขยะเหล่านี้ เพราะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด การรีไซเคิล หรือการนำวัสดุที่เหลือใช้มาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ในลักษณะอื่นๆ สามารถทำได้หลายวิธี การนำพลาสติกเหล่านี้มาผสมกับเส้นใยธรรมชาติที่เหลือทิ้งทางการเกษตรจะทำให้ได้คอมโพสิตที่มีคุณสมบัติดีขึ้น ย่อยสลายเร็วขึ้นเป็นวิธีที่น่าสนใจ ดังนั้นการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิต นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุทางการเกษตรแล้ว ยังเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ

การทำพอลิเมอร์คอมโพสิตเป็นวิธีการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ที่นิยมใช้กันมาก โดยการนำพอลิเมอร์สองชนิดมาผสมกัน เช่น พอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลทกับพอลีโพรพิลีน พอลีสไตรีน และพอลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ หรือพลาสติกกับเส้นใยเสริมแรงธรรมชาติ

ขบวนการผสมโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว(single-screw extruder) และการใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ (twin-screw extruder) ซึ่งเป็นที่นิยมเพราะสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สามารถทำได้โดยการฉีดเข้าเครื่อง อีกทั้งยังสามารถเตรียมแผ่นลามิเนตจากการรีไซเคิลเส้นใยสับปะรดและกาบมะพร้าวกับเทอร์โมพลาสติก แต่การผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันของพอลิเมอร์ต่างชนิดกันนั้นโดยธรรมชาติแล้วจะเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงต้องใส่สารช่วยผสม หากควบคุมสภาวะต่างๆให้เหมาะสม เช่นปริมาณสารเคมีที่ใช้ อุณหภูมิ และความดัน ตัวทำละลาย ตัวประสาน และเส้นใย จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเม็ดพลาสติกที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ หรือแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไปได้

จะเห็นว่าประโยชน์ที่ได้จากการรีไซเคิลด้วยการทำเป็นวัสดุคอมโพสิต นอกจากการลดปริมาณขยะพลาสติกต่างๆแล้ว ยังลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอีกด้วย อีกทั้งได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆมีคุณสมบัติต่างๆตามที่ต้องการ และสามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ ซึ่งนับวันความต้องการใช้พลาสติกดังกล่าวนับวันจะขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในขณะที่แหล่งทรัพยากรถูกทำลายลงทุกวันและค่อยๆลดปริมาณลงดังนั้น การรีไซเคิลจึงเป็นแนวทางที่สำคัญอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว

เมมเบรน ที่ใช้ในการกรองแยกสาร มีบทบาทสำคัญมากในปัจจุบัน มีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของเมมเบรนทั้งในด้านการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล ในกระบวนการผลิตอาหารทะเลเหล่านี้มีการปล่อยน้ำที่มีปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์สูง ซึ่งเป็นสาเหตุให้น้ำเน่าเสียหากมิได้บำบัดให้ถูกวิธี จึงมีการประยุกต์ใช้เมมเบรนที่มีคุณสมบัติในการแยกสารเหล่านี้ได้ (Ferjani *et al.*, 2005 : 43) และยังพบว่าน้ำทิ้งจากการล้างรถสามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้เยื่อกรอง ชนิดนี้ (Hamada and Miyazaki, 2004 : 257) หรืออาจจะนำเมมเบรนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับปิโตรเคมีโลหะเพื่อแยกน้ำมันออกจากน้ำ (http://cuir. Car. Chula.ac.th) ซึ่ง เมมเบรนหลายชนิดเตรียมจากเซลลูโลส มีงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับเรื่องนี้ ดังนั้นการเตรียมอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น เซลลูโลสอะซิเตตจากวัสดุเหลือใช้การเกษตร จึงเป็นการเตรียมสารตั้งต้นในการเตรียมเมมเบรน และผลิตภัณฑ์อื่นๆ

นอกจากนี้ยังสามารถนำเส้นใยสับปะรดมาทำกระดาษในรูปแบบเดียวกับการทำกระดาษสา(Mulberry paper) ได้อีกด้วย กระดาษจากใบสับปะรดสามารถผลิตด้วยมือ ชาวบ้านสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนได้ หากมีการศึกษาปรับปรุงวิธีการทำที่สะดวกขึ้นและศึกษาการผสมเส้นใยจากพืชชนิดอื่น รวมทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ที่นำไปใช้ประโยชน์อื่นๆได้นอกเหนือจากกระดาษห่อของ กระดาษลอกลาย บัตรอวยพร นามบัตร เช่นใช้เป็นวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น กระดาษกรอง เซลลูโลสแอซีเตต เมมเบรน เซลลูโลสที่ผ่านการปรับปรุง เป็น

ต้น ในกระบวนการผลิตหากสามารถหาวัตถุดิบที่มีเส้นใยที่เป็นกากเหลือใช้จากการกระบวนการอื่น อาจช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการนำเส้นใยจากใบสับปะรดซึ่งถูกทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ในจังหวัดพัทลุงและสงขลามาแปรรูปให้เกิดประโยชน์ โดยศึกษาการใช้เส้นใยจากใบสับปะรดในการผลิตวัสดุเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสำหรับการเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้ง และทำเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิตร่วมกับขยะพลาสติก ให้ได้พอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีสมบัติเชิงกลในขั้นที่สามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ตามสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้ ซึ่งจะเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งและวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตร เป็นการเสริมอาชีพ และรายได้ให้กับชุมชนซึ่งจะเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจและสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนต่อไป และเป็นข้อมูลนำไปสู่อุตสาหกรรมขนาดเล็กในท้องถิ่นในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์เส้นใยจากใบสับปะรด ในการผลิตวัสดุเพื่อการศึกษาและกำจัดโลหะหนัก
2. เพื่อศึกษาการทำพอลิเมอร์คอมโพสิตจากขยะเทอร์โมพลาสติกและเส้นใยจากสับปะรดและศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติการซึมน้ำของชิ้นงาน และศึกษาถึงแนวทางการประยุกต์ใช้ประโยชน์ ของพอลิเมอร์คอมโพสิต
3. เพื่อศึกษาการใช้ กระดาษผสมถ่านไม้ไผ่ ในการชะลอการสุกของผลไม้
4. เพื่อถ่ายทอดให้กับครู นักเรียนและผู้สนใจในการทำผลิตภัณฑ์จากเส้นใยจากใบสับปะรด

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ทำการสกัดเส้นใยจากใบสับปะรดแล้วนำไปนำไปศึกษาการทำพอลิเมอร์คอมโพสิตกับพลาสติกใช้แล้ว และศึกษาการทำกระดาษจากใบสับปะรด รวมทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์คอมโพสิตและกระดาษที่เตรียมได้ โดยแบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1. สกัดเส้นใยจากใบสับปะรดและปรับปรุงเส้นใย
2. ศึกษาการเตรียมผงเซลลูโลสและอนุพันธ์ เช่น เซลลูโลสแอซีเตต เซลลูโลส-โพรพิโอเนต เซลลูโลสเบนโซเอต และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

3. ศึกษาการทำกระดาษ และ กระดาษกรอง และทดสอบสมบัติการของกระดาษกรอง

4. ศึกษาการเตรียมตัวดูดซับโลหะหนักจากเส้นใยจากใบสับปะรด คือ เซลลูโลส พาราอะมิโนเบนโซเอต และการศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับตะกั่วโดยเทคนิคดิฟเฟอเรน-เชียลพัลส์อะโนดิกสทริปปิงโวลแทมเมตรี (Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry)

5. ศึกษาการทำเมมเบรน และทดสอบสมบัติของเมมเบรน

6. ศึกษาอัตราส่วนและสภาวะที่เหมาะสมในการทำพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพลาสติกใช้แล้ว(พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต, LDPE และ PS) และเส้นใยสับปะรด

7. ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมโพสิตบางชนิดที่เตรียมได้

8. ออกแบบและทำผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เตรียมได้

9. ศึกษาการทำกระดาษผงถ่าน และการชะลอการสุกของผลไม้ มะนาว

ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าเส้นใยจากใบสับปะรดเมื่อปรับปรุงพื้นผิวให้เหมาะสม ก็จะสามารถทำเป็นพอลิเมอร์คอมโพสิตร่วมกับพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกได้ ทำให้ได้พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น และมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น การนำใบสับปะรดซึ่งเป็นของเหลือทิ้งและขวดพลาสติกใช้แล้วมาทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นทางเลือกที่เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และเส้นใยจากสับปะรดยังสามารถนำไปทำเป็นกระดาษ และแปรรูปเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสเพื่อเตรียมวัสดุ อื่นๆที่ใช้ในการแยกสารได้

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ ก็น่าจะเป็นงานวิจัยที่สามารถเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้อย่างใบสับปะรดในจังหวัดพัทลุงและสงขลาให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นได้ และเป็นการนำขยะพลาสติกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยทำให้อยู่ในรูปที่สามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์อื่นๆเพื่อสร้างอาชีพและเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนอีกทางหนึ่ง

ความสำคัญของการวิจัย

1.ได้ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเซลลูโลส และวิธีการทำกระดาษกรอง เมมเบรน และสารกำจัดโลหะหนักจากใบสับปะรด เป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัดพัทลุงและสงขลา

2.ได้ข้อมูล วิธีการทำ และสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยสับปะรดและเทอร์โมพลาสติกพอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลท และพลาสติกใช้แล้ว

3. เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้การเกษตรของภาคใต้

สถานที่ และระยะเวลาการทำวิจัย

สถานที่ : ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

ระยะเวลาทำการวิจัย พ.ศ. 2550-2554

คำนิยามศัพท์

เส้นใยธรรมชาติ-พอลิเมอร์คอมโพสิต หมายถึงการนำพอลิเมอร์มารวมให้เข้ากันกับเส้นใยธรรมชาติ ได้วัสดุที่มีสมบัติเปลี่ยนไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของใบและผลของสับปะรด

1. สับปะรด

สับปะรดเป็นพืชวงศ์ Bromeliacae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Ananus comosus* (L.) Merr. ชื่อท้องถิ่นได้แก่ ขนุนทอง เนะซะ แนะ บ่อนัด มะนัด ม้าเนื่อ หมากนัด ยานัด ย่านนัด สับปะรดเป็นไม้ล้มลุกสูง 50-125 ซม. ใบเดี่ยวเป็นแถบ กว้าง 1.5-6 ซม. ยาว 50-150 ซม. ขอบใบโค้งขึ้น มีหนามแหลมเนื้อใบหนาแข็ง มีเส้นใย ท้องใบมีเกล็ดสีขาว ใบประดับสีแดงหรือเขียว ดอกช่อออกที่ปลายยอด กลีบดอกเป็นแถบ แกมขอบขนาน ปลายแหลม โคนกลีบสีขาว ปลายกลีบสีม่วงหรือแกมชมพู ผลรวม รูปกระสวยกว้าง อวบน้ำเปลือกแข็ง สีเหลืองหรือเกือบแดง กว้าง 3-15 ซม. มักไม่ติดเมล็ด สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย และเป็นสินค้าส่งออกอันดับต้นๆ (www.acs.ac.th)

นิยมใช้หน่อปลูก ขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด ชอบดินร่วนปนทรายไม่ชอบน้ำขัง ถ้าเป็นดินเหนียวควรยกร่องกว้าง 1 เมตร หน่อผึ่งแดด 7-10 วันก่อนการปลูกดึงใบล่างสุดออก 2-3 ใบก่อน จุ่มหน่อในน้ำยากำจัดเชื้อราและนำเอาหน่อไปปลูกในดินลึกประมาณ 10 ซ.ม. เอียง 45 องศาหลังการปลูกแล้วกดดินบริเวณที่ปลูกให้แน่น ดูแลโดยใส่ปุ๋ยเมื่ออายุ 3-6 เดือน และ9 เดือนต้องสนใจเรื่องการระบายน้ำด้วย

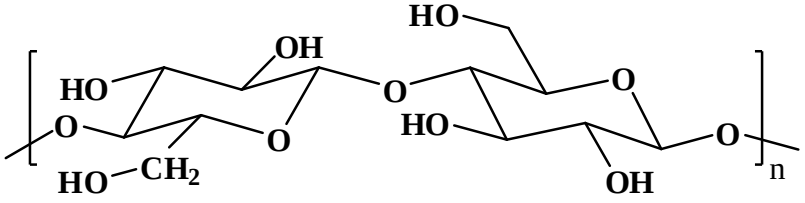
ในพื้นที่ 7 จังหวัดภาคใต้ตอนล่างมีพื้นที่ปลูกสับปะรดเพื่อขายผลสด ในปี 2550 จำนวน 13,848 ไร่ จังหวัดที่มีการปลูกพื้นที่มากได้แก่จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ปลูกประมาณ ร้อยละ 56 รองลงมาคือสงขลา ประมาณ ร้อยละ 16 และนราธิวาส ประมาณร้อยละ 13 นอกจากนี้ยังมีการปลูกปานกลางในจังหวัดตรัง และปัตตานี และปลูกน้อยมี่สุดในจังหวัดสตูล ผลผลิตสับปะรดเผลสดรวมทั้งภาคใต้ตอนล่างประมาณ 29,117 ตัน เกษตรกรในภาคใต้ตอนล่างนิยมปลูกสับปะรดเป็นพืชแซมในสวนยางพารา การเพิ่มลดพื้นที่ปลูกจึงขึ้นกับปริมาณพื้นที่ยางพาราปลูกใหม่ซึ่งในแต่ละปีจะมีพื้นที่ประมาณ 47,000 ไร่ /ปี (รายงานพื้นที่ปลูกตามข้อมูลสำนักงานสถิติแห่งชาติ จังหวัดพัทลุง (2550) สงขลา (2550) ตรัง (2552) ปัตตานี (2551) สตูล (2552) ยะลา (2552) นราธิวาส (สำนักงานเกษตรจังหวัด, 2553))

หลังเก็บเกี่ยวผลสับปะรดสามารถไว้ตอได้ 1-2 ครั้ง เมื่อเก็บเกี่ยวแล้ว จะมีการตัดต้นสับปะรดระดับเหนือดิน 20-30 เซนติเมตร และตัดใบให้เหลือประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้ต้นและใบสับปะรดคลุมดินเพื่อรักษาความชื้น และป้องกันการงอกของวัชพืช ให้ปุ๋ยและน้ำตามคำแนะนำหักหน่ออากาศ หรือหน่อที่เกิดจากต้นไปใช้ขยายพันธุ์ เหลือเฉพาะหน่อดินไว้เป็นต้นตอ

2. เซลลูโลสและอนุพันธ์

เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบในผนังเซลล์พืชส่วนพืช ประกอบด้วยเซลลูโลสประมาณร้อยละ35-45 หรือประมาณร้อยละเกือบ 50 ของน้ำหนักสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมดของพืช (มุกดา คูหิรัญ, 2546 : 76) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) ร้อยละ 30-45 ลิกนิน (lignin) ร้อยละ 3-15 เถ้าที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ1-20 เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบในเส้นใยต่างๆ ดังนั้นแหล่งที่พบเซลลูโลสได้แก่ ต้นและใบของพืช เส้นใยเซลลูโลสในธรรมชาติมีองค์ประกอบของคาร์บอนร้อยละ44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และ ออกซิเจนร้อยละ 49.4

เซลลูโลสเป็นพอลิแซกคาไรด์มีหน่วยย่อยเป็นน้ำตาล D-glucose เชื่อมต่อกันด้วย β (1-4) glycosidic bond (ภาพที่ 2.2) เส้นใยเซลลูโลสจากพืชจะประกอบด้วยโมเลกุลเซลลูโลสประมาณ 40 เส้น โมเลกุลต่อกันยาวจึงไม่ละลายน้ำ หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสามารถในการดูดซับความชื้นของเส้นใย และเป็นตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างเซลลูโลส

จากโครงสร้างจะเห็นว่าเซลลูโลสถูกทำลายได้ด้วยการเกิดออกซิเดชัน หรือถูกย่อยสลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลขนาดเล็ก และเป็นอาหารของพืชและสัตว์ต่อไปได้ (วีรศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2540 : 96) ปัจจุบันจึงนิยมนำเส้นใยธรรมชาติซึ่งมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์มาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในพลาสติก และยังสามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ

เส้นใยจากใบสับปะรดมีปริมาณเซลลูโลสเป็นจำนวนมาก อีกทั้งไม่แพงและสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่นมีการพัฒนาเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากส่วนที่เหลือของพืชจำพวกสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวและหลังจากแปรรูปมาทำเป็นตัวเติม (Filler) และตัวเสริมแรง (Reinforcement) ในพลาสติก การพัฒนาเส้นใยเหล่านี้โดยนำเส้นใยมาทำความสะอาดและปรับปรุงคุณภาพให้มีความแข็งแรงขึ้น เพื่อนำมาใช้เสริมแรงพลาสติก ซึ่งข้อดีของเส้นใยนี้ก็คือ มีความหนาแน่นต่ำ

การปรับปรุงเส้นใยธรรมชาติทำได้หลายวิธี เช่นการทำความสะอาดเส้นใยในสารละลายผงซักฟอก 3% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น และทำให้แห้งในเครื่องอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปล้างด้วยสารละลายกรด เสตียริก 3% (Torres และ Cubillas, 2005) และมีการศึกษาการปรับเส้นใยด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 % ในอ่างน้ำร้อนเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปอบที่ 110°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (Sharifah *et al*., 2003) การทำอะเซทิลเลชันและโพรพิโอนิลเลชันของแฟลกซ์ ป่าน และเส้นใยจากเนื้อไม้ พบว่าระดับการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันสูงสุดได้มาจากเส้นใยจากเนื้อไม้ ซึ่งมีปริมาณลิกนินต่อเฮมิเซลลูโลสสูง และความเป็นผลึกของเส้นใยลดลงจากผลของการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (Tserki *et al.,* 2005)

อนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น เซลลูโลสแอซีเตต และCell-PAB สามารถเตรียมได้จากเซลลูโลส และนำไปผลิตเป็นเมมเบรน และตัวดูดซับหรือแลกเปลี่ยนโลหะหนักตามลำดับ ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ในการแยกสารและกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้ง

ในปี 1960 Loeb และ Sourirajan ประสบผลสำเร็จในการผลิตเยื่อกรอง สำหรับกระบวนการ RO จากเซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose acetate, CA) (Loeb and Sourirajan, 1960 : 60) ซึ่งเตรียมสารละลายเซลลูโลสอะซิเตตโดยใช้ เซลลูโลสอะซิเตต อะซิโตน น้ำ และแมกนีซียมเปอร์คลอเรต แล้วรีดลงไปบนแผ่นแก้ว ได้แผ่นเยื่อกรองชนิด asymmetry ประกอบด้วยชั้นผิว (top surface) หนา 0.1-1.0 ไมครอน มีเนื้อแน่น ส่วนชั้นล่าง (bottom surface) หนา 100-250 ไมครอนมีลักษณะคล้ายฟองน้ำมีรูพรุนจำนวนมาก เยื่อกรองชนิดนี้มีสมบัติการซึมผ่านได้ดี ดักเกลือได้ดีแต่มีข้อเสียคือทนสภาพกรดด่างได้ต่ำ และเสื่อมสภาพได้จากจุลินทรีย์

ในปี 1999 Khan แ ละ คนอื่น (Khan *et al*., 2000 : 128) ประสบความสำเร็จในการเตรียมเมมเบรนจากเซลลูโลสโพรพิโอเนต ซึ่งเตรียมได้โดย เซลลูโลสโพรพิโอเนต 12.5% มาผสมกับ *N,N*-dimethyl acetamide 75% คนให้เข้ากัน 1 วัน เติมกรดมาเลอิก 12.5% แล้วคนต่ออีก 1 วัน ได้เยื่อกรองที่มีประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันออกจากน้ำ แยกโปรตีนจากนม

เศษเหลือทิ้งหลังจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าว ใยข้าวโพด สามารถใช้เป็นวัสดุราคาถูกสำหรับผลิตสารเชื้อเพลิงเอทานอล แต่เนื่องจากมีปัญหาเรื่องราคาเอนไซม์เซลลูเลสที่ใช้เปลี่ยนเซลลูโลสไปเป็นกลูโคส อีกทางเลือกหนึ่งก็คือ นำฟางข้าว เปลือกข้าว และใยข้าวโพดมากำจัด hemicellulose โดยไฮโดรไลซิสด้วยกรดไปเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งสามารถนำไปหมักเป็นเอทานอล ส่วนเซลลูโลสนำมาปรับสภาพเส้นใยด้วยกรดแอซิติกแอนไฮไดรด์โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งทำให้ได้เซลลูโลสอะซิเตต (Biswas *et al*., 2006 : 134)

กนกจันทน์ ภูริเอกทัต และทิพยาภรณ์ นวลปาน. (2549) ได้ทำการปรับปรุงเส้นใยธรรมชาติที่เหลือจากอุตสาหกรรมคือ เส้นใยปาล์มน้ำมันและเส้นใยปอแก้ว เพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับเส้นใยเหล่านี้ โดยการลดสมบัติการดูดซับความชื้นหรือเพิ่มสมบัติความเป็นสารมีขั้วให้กับเส้นใย กรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพของเส้นใย ใช้ปฏิกิริยาเอซีเลชัน เส้นใยหลังผ่านปฏิกิริยาอะซีเลชันจะถูกทดสอบโครงสร้างของหมู่ฟังก์ชันด้วยวิธี FT-IR สเปกโทรสโกปี และทดสอบความสามารถในการดูดซับความชื้น ณ อุณหภูมิ 30^0C ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลของ FT-IR พบว่า หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลถูกแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิกและเส้นใยที่ผ่านปฏิกิริยาอะซีเลชันมีค่าการดูดซับความชื้นน้อยลง 6.3 ถึง 15.5 เปอร์เซ็นต์ ภาพถ่ายระดับไมครอนของเส้นใยด้วยอุปกรณ์ scanning electron microscope แสดงให้เห็นว่าเส้นใยที่ผ่านปฏิกิริยาเคมีมีรูเปิดที่มีสารปนเปื้อนลดลงในขณะที่เส้นใยที่ไม่ผ่านปฏิกิริยาเคมีจะมีสิ่งปนเปื้อนบริเวณรูเปิดเป็นจำนวนมาก สมบัติดังกล่าวแสดงว่าเส้นใยที่ผ่านปฏิกิริยาอะซีเลชันมีความเป็นรูพรุนสูงกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านการทำปฏิกิริยาอะซีเลชัน การทดสอบสมบัติเชิงกลของเส้นใยทำโดยอุปกรณ์ทดสอบแรงดึงสกรูโดยการเตรียมชิ้นงานที่ได้จากการผสมเส้นใยกับโพลีสไตรีนและสารเติมแต่ง แคลเซียมคาร์บอเนตและอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ พบว่าเส้นใยที่ผ่านการทำปฏิกิริยาอะซีเลชันมีความต้านทานต่อแรงดึงสกรูมากกว่าเส้นใยที่ไม่ผ่านปฏิกิริยาอะซีเลชัน ประมาณ 3.4 ถึง 22.2 เปอร์เซ็นต์

4. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

กฤษณา ศิรเลิศมุกุล และคณะฯ. (2548) ได้เตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, CMC สารอนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์ โดยการทำปฏิกิริยาของเยื่อแอลฟาเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน กับสารอีเทอร์ริฟายอิงเอเจนต์ในระบบที่เป็นด่าง เยื่อเซลลูโลสคุณภาพสูง ถูกเตรียมขึ้นจากเปลือก

ทุเรียนที่นำไปต้มเพื่อแยกส่วนพอลิแซคคาร์ไรด์ที่ละลายน้ำออกไป และนำส่วนที่เหลือมาเตรียมเป็นเยื่อเซลลูโลสโดยผ่านกระบวนการพรีไฮโดรไลซิส และต้มกับด่าง ก่อนนำไปฟอก และเป็นวัตถุดิบในการเตรียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส(ซีเอ็มซี)โดยการสังเคราะห์ในระบบที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำละลายและกรดโมโนคลอโรแอซิติกเป็นอีเทอร์ริฟายอิงเอเจนต์ ภายหลังการทำให้บริสุทธิ์ ซีเอ็มซีที่ได้จะถูกตรวจสอบคุณภาพโดยการวัดค่าความหนืดปรากฏ ระดับของการแทนที่ และความบริสุทธิ์ ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าระดับของการแทนที่ซึ่งแสดงความสามารถในการละลายของซีเอ็มซี มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของอีเทอร์ริฟายอิงเอเจนต์โดยซีเอ็มซีที่สังเคราะห์ได้ที่อัตราส่วนเยื่อต่อกรดเท่ากับ 1:1 และ 1:1.25 มีคุณภาพใกล้เคียงกับซีเอ็มซีเกรดการค้าที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

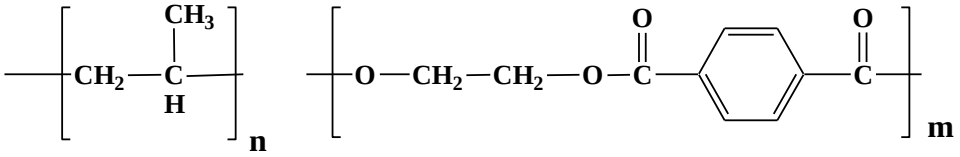
โสภณ เริงสำราญ. (2541) ได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการสังเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพของซีเอ็มซี ที่เตรียมขึ้นจากชานอ้อย อ้อยที่ไม่ได้ผ่านการแยกขุยได้ถูกนำมาเตรียมให้เป็นเยื่อเซลลูโลส โดยใช้กระบวนการพรีไฮโดรลิซีสและ ต้มกับด่าง จากนั้นจะนำเยื่อที่ฟอกแล้วมาทำการวิเคราะห์ปริมาณและวัดค่าความสว่างแล้วนำไปสังเคราะห์เป็นซีเอ็มซี ด้วยระบบที่ใช้ตัวทำละลายโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดโมโนคลอโรแอซีติกในการทำปฏิกิริยา สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์แล้วได้ถูกตรวจวัดคุณภาพในรูปของ ค่าความหนืดปรากฏ ค่าระดับของการแทนที่ ความบริสุทธิ์ และปริมาณความชื้น ซึ่งผลจากการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า ค่าระดับของการแทนที่ซึ่งมีส่วนควบคุมความสามารถในการละลายของซีเอ็มซีนั้น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของอีเทอริฟายอิงเอเจนต์ โดยซีเอ็มซีที่ผลิตขึ้นจากการใช้อัตราส่วนเยื่อต่อกรดโมโนคลอโรแอซีติกเท่ากับ 1 : 1 และ 1 : 1.25 ได้แสดงสมบัติส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าค่าที่ได้จากซีเอ็มซีเกรดการค้าที่ใช้สำหรับ อุตสาหกรรมสิ่งทอ

พรชัย ราชตนะพันธุ์. (2551) ได้ทำการศึกษาการผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเศษกระดาษสา ซึ่งเซลลูโลสจากเศษกระดาษสา จะถูกนำมาปรับปรุงคุณสมบัติเป็นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้ isopropyl alcohol และระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แตกต่างกัน คือ 30%, 40%, 50% และ 60% ตามลำดับ จากนั้นนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สังเคราะห์ได้มาผลิตเป็นฟิล์มที่มีความหนา 0.03 มิลลิเมตร แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าการต้านทานแรงดึงขาด และค่าการยืดตัว ซึ่งฟิล์มที่มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดจะถูกนำมาเติมกลีเซอรอล ในปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตร ตามลำดับ เพื่อศึกษาผลของพลาสติกไซเซอร์ที่มีต่อค่าการต้านทานแรงดึงขาด ค่าการยืดตัว และคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำ จากการศึกษาพบว่า ค่าการต้านทางแรงดึงขาดและค่าการยืดตัวของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60%

พบว่าไม่สามารถขึ้นฟิล์มเพื่อนำมาทดสอบได้ เนื่องจากความหนืดไม่เหมาะสม และระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส คือ ที่ระดับความเข้มข้น 50% ซึ่งจะทำให้ได้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติเชิงกลสูงสุด เมื่อทำการเติมกลีเซอรอลลงไปในฟิล์ม จะพบว่า การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลส่งผลให้ค่าต้านทานแรงดึงขาดลดลง แต่ค่าการยืดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อศึกษาคุณสมบัติด้านการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลที่เติมลงไป จะส่งผลให้ฟิล์มมีการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มมากขึ้น

5. เทอร์โมพลาสติก

เทอร์โมพลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีมวลโมเลกุลสูงมากประมาณ 200,000 - 500,000 โมเลกุล เป็นพลาสติกที่หลอมตัวเมื่อได้รับความร้อนแล้วแข็งตัวเมื่อทำให้เย็นลง การหลอมตัวและการทำให้เย็นตัวได้หลาย ๆครั้งโดยสมบัติพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลงอาจเรียกว่าพลาสติกคืนรูป เนื่องจากพอลิเมอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงมีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อย เช่น พอลีเอทิลีน พอลีโพรพิลีน พอลีไวนิลคลอไรด์ และพอลีสไตรีน ด้วยสมบัติของพลาสติกมีความเสถียรมากในธรรมชาติสลายตัวยากและมีน้ำหนักเบาส่วนมากไม่ทำปฏิกิริยากับอากาศ กรด เบสและสารเคมีอื่นๆ สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายทีมีสภาพขั้วต่ำหรือไม่มีขั้วส่วนมากจะอ่อนและหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน จึงสามารถนำพลาสติกมาทำเป็นรูปต่างๆ ได้ตามความต้องการ เช่นพอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลต และพอลีโพรพิลีนเป็นพลาสติกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในด้านบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะการผลิตขวดน้ำดื่มและขวดน้ำอัดลม



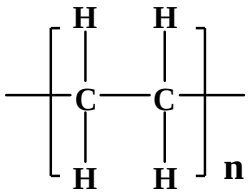
Polypropylene **Poly(ethylene terephthalate)**

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก

ปริมาณการใช้ขวดเหล่านี้นับวันมีแต่จะเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันการรีไซเคิลพอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลทและพอลีโพรพิลีนทำโดยนำไปหลอมเพื่อแปรสภาพเป็นเม็ดพลาสติกที่ใช้ทำเส้นใยพรม ผ้าห่ม และเสื้อกันหนาว เป็นต้น และการรีไซเคิลโดยผสมกับเส้นใยเสริมแรงซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ เป็นการรีไซเคิลโดยเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ อย่างไรก็ตามพอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลทสามารถรีไซเคิลได้หลายวิธีเช่นใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อย่อยสลาย

หรือเปลี่ยนโครงสร้างทางโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลงกำลังได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเพราะสามารถนำสารที่ได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นสำหรับสังเคราะห์สารเคมีอื่นๆต่อไป (David A. Katz., 1998)

พอลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low-density Polyethylene, LDPE) เป็นพลาสติกที่ใช้กันกระแทกในการบรรจุของที่แตกหักง่าย มีโครงสร้างดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างทางเคมีของพอลีเอทิลีน (Polyethylene)

พอลีเอทิลีนผลิตจากแก๊สเอทิลีนภายใต้แรงดันขนาดต่าง ๆ ทำให้ได้พอลิเมอร์ที่มีขนาดตั้งแต่น้ำหนักโมเลกุลต่ำ (ลักษณะเป็นน้ำมัน หรือไขข้น) ไปจนถึงขนาดโมเลกุลสูง (ลักษณะเป็นของแข็งที่ยืดหยุ่นได้)

LDPE เป็นพอลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (0.910 - 0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่ผลิตโดยใช้แรงดันสูง จากกระบวนการ Free Radical Polymerization มีความเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี ทนต่อการกรอบแตก มีความนิ่ม ความใสแต่ใสไม่เท่าพลาสติกชนิด PP (Polypropylene, สัญลักษณ์เลข 5) โครงสร้างทางเคมีเป็นกิ่งสาขา (branching) มากกว่าโครงสร้างทางเคมีของ HDPE (High-density polyethylene, สัญลักษณ์เลข 2) จึงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ต่ำกว่าและมีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่า HDPE LDPE ทนความร้อนได้ไม่มากนัก แต่ทนสารเคมีได้ดี โดยทนความร้อน (ทนอุณหภูมิสูงถึง 80°C และทนอุณหภูมิสูงถึง 95°C ในช่วงสั้น ๆ) แต่ไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงในหม้ออัดไอน้ำ (Autoclave) เท่าพลาสติกชนิด PP และทนต่อสารเคมีน้อยกว่า HDPE เริ่มหลอมตัวที่ 120°C ทนความเย็นได้ถึง – 50°C ทนต่อสภาพอากาศได้ดีพอสมควร แต่อากาศสามารถซึมผ่านได้

LDPE มีสีขาวขุ่น โปร่งแสง มีความลื่นมันในตัว มีความเหนียวและยืดหยุ่น ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำจึงลอยน้ำได้ สามารถผสมให้มีสีต่าง ๆ ได้

พอลิเอทิลีน (Polyethylene หรือ Polyethene) ถูกค้นพบในปี 1933 โดย Reginald Gibson and Eric Fawcett แห่งบริษัท Imperial Chemical Industries (ICI) ในประเทศอังกฤษ วัสดุประเภทนี้

มี 2 รูปแบบ คือ LDPE และ HDPE โดย LDPE ใช้ผลิตแผ่นฟิล์มและวัสดุสำหรับบรรจุภัณฑ์ ส่วน HDPE มีความแข็งแรงกว่า ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ท่อน้ำ และอุปกรณ์ยานยนต์

LDPE เป็นวัสดุประเภท Polyethylene Thermoplastic ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม จัดเป็นพลาสติกที่ได้รับสัญลักษณ์เลข 4 ซึ่งหมายถึง Resin Identification Code 4 เพื่อความสะดวกสำหรับการจำแนกชนิดของพลาสติกในการนำกลับไปเวียนทำใหม่ (recycled)

LDPE มีความเหนียวและมีความยืดหยุ่น เหมาะสำหรับผลิตแผ่นฟิล์มต่าง ๆ เช่น วัสดุสำหรับบรรจุหีบห่ออาหาร ซองอาหาร ถุงใส่ของ และเคลือบด้านในของลังกระดาษ

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก LDPE เช่น ถุงเย็น ถุงใส่ของ ซองใส่อาหาร เครื่องเล่นเด็ก ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า สายเคเบิ้ล ขวดพลาสติกชนิดบีบได้ โดยเฉพาะขวดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลีเอทิลีน (Polyethylene)

เนื่องจากภาชนะที่ใช้ในการบรรจุอาหารต้องสัมผัสกับอาหารโดยตรง ผู้บริโภคจึงควรคำนึงถึงความปลอดภัยของภาชนะเหล่านั้น ว่ามีการทำปฏิกิริยากับอาหารที่บรรจุอยู่หรือไม่ และมีการปลดปล่อยสารต่าง ๆ ออกมาสู่อาหารหรือไม่ สำหรับถุงพลาสติกที่ทำจาก LDPE ซึ่งมีสีต่าง ๆ ผู้ใช้อาจได้รับอันตรายจากตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในเม็ดสีที่เติมเข้าไปในการผลิต

อย่างไรก็ตามสารเคมีอันตรายหลายตัว ที่ถูกนำมาใช้ในระหว่างกระบวนการผลิต และการนำกลับไปเวียนทำใหม่ของ LDPE ได้แก่

เบนซีน ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง เช่น มึนงง คลื่นไส้ นอนไม่หลับ

บิวทิล โฮโดรเพอร์ออกไซด์ และคิวมีนไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ใช้ในกระบวนการจับตัวเป็นพอลีเมอร์ของพอลีเอทิลีน สารนี้อาจแสดงอันตรายหากกลืนกิน หายใจ หรือซึมผ่านผิวหนัง

โครเมียม (6) ออกไซด์ ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการจับตัว เป็นพอลีเมอร์ของพอลีเอทิลีนทั้งชนิดความหนาแน่นสูงและต่ำ ข้อมูลจากสัตว์ทดลองพบว่าสารนี้อาจเกี่ยวข้องกับ

การก่อมะเร็งและก่อการกลายพันธุ์ การทำงานกับสารนี้เป็นเวลานานอาจเกิดอันตรายต่อตับ และระบบประสาท

6. การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิต

พอลิเมอร์คอมโพสิต (Polymer composites) เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยส่วนประกอบอย่างน้อยสองชนิด ที่มีสมบัติต่างกัน เมื่อผสมเป็นคอมโพสิตแล้ว จะมีความแข็งแรงมากกว่าแต่ละองค์ประกอบย่อย ตัวอย่างการใช้เส้นใยธรรมชาติมีดังต่อไปนี้

เส้นใยจากใบป่านศรนารายณ์(*Agavesisalana*)ใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในคอมโพสิตโดยการปรับสภาพผิวด้วยวิธีต่างๆเช่น อัลคาไลน์ทรีทเมนท์ ซัลฟิวริกแอซิดทรีทเมนท์ ซัลฟิวริกแอซิดร่วมกับอัลคาไลน์ทรีทเมนท์ เบนซีน/แอลกอฮอล์ ทรีทเมนท์ acetylated ทรีทเมนท์ เทอร์มอลทรีทเมนท์ อัลคาไลน์ทรีทเมนท์และเทอมอลอัลคาไลน์ทรีทเมนท์ (Li *et al*., 2000) การปรับสภาพเส้นใย และทดสอบสมบัติเชิงกลของอีพอกซีคอมโพสิตที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการใช้ป่านศรนารายณ์เป็นเส้นใยเสริมแรง โดยทำการทรีทเส้นใยด้วยสารเคมีต่างๆกัน คือ อัลคาไลน์ทรีทเมนต์ เอเซทิลเลท ไซยาโนเอทิลเลท ออร์แกโนไซเลน (γ-amine propyl triethoxysilane) ความร้อน และวิธีมิกซ์ทรีทเมนท์ แล้วเตรียมคอมโพสิตแบบ ลามิเนต (Zhi Rong *et al*., 2001)

จากการศึกษาการผลิตไบโอพลาสติกจากโปรตีนในข้าวสาลี โดยมีกลีเซอรอล เป็นพลาสติไซเซอร์ ไบโอพลาสติกนี้สามารถย่อยสลายหลังจาก 36 วัน ในการหมักแบบมีอากาศ และภายใน 50 วันในดิน และไบโอพลาสติกไม่เป็นพิษ(Domenek *et al*., 2004)

เส้นใยธรรมชาติมาจากส่วนของใบ ก้าน และเมล็ด ซึ่งเส้นใยจากใบ เช่น ป่านศรนารายณ์ ใบสับปะรด ส่วนที่มาจากกิ่ง เช่น แฟลกซ์ ป่าน และปอ ซึ่งเส้นใยธรรมชาติจะมีสมบัติต่างๆ กันขึ้นอยู่กับแหล่งเจริญเติบโต และปัจจัยอื่นๆ แต่เส้นใยธรรมชาติราคาไม่แพง สามารถใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงของเรซิน ในไบโอคอมโพสิต (Donnell *et al*., 2003)

การทำ “กรีน” คอมโพสิต ระหว่าง soy based plasticและเส้นใยจากใบสับปะรดโดยทำการผสมอัดรีดแบบสกรูคู่และวิธีการฉีดขึ้นรูป จากนั้นทดสอบคุณสมบัติเชิงกลเพื่อ ศึกษาโครงสร้างของกรีนคอมโพสิตผลจากการเติมเส้นใยและตัวช่วยผสม(PEA-g-GMA)ในปริมาณต่างๆกัน ปรากฏว่าสมบัติเชิงกล เช่นค่าเทนไซล์ สมบัติการโค้งงอและความทนทานเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นและเติมตัวช่วยผสมการกระจายตัวของเส้นใยในของผสมไม่ดีเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นแต่ต้องปรับปรุงปริมาณของตัวช่วยผสม ซึ่งการเติมสารช่วยผสมทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำหรือความชื้นลดลง การที่สมบัติเชิงกลของคอมโพสิตจะดีขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับตัวช่วยผสม

กล่าวคือการเกิดอันตรกิริยาระหว่างหมู่ไฮดรอกซีในใบสับปะรดและหมู่อีพอกซีใน(PEA-g-GMA) (Wanjun *et al*., 2005)

เส้นใยจากใบสับปะรดและเส้นใยป่านศรนารายณ์ถูกใช้เป็นใยเสริมแรงในคอมโพสิตพอลีเอสเทอร์เมื่อปริมาณเส้นใยในของผสมเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของคอมโพสิต การปรับปรุงเส้นใยโดยใช้สารเคมี เช่น อัลคาไลน์ทรีทเมนท์ จะให้ค่าเทนไซล์และค่าความคงทนสูงสุด ขณะที่การทำไซยาโนเอทิเลชัน ให้ค่าความโค้งงอเพิ่มขึ้น และจากการทดลองการดูดซึมน้ำของคอมโพสิตจะน้อยกว่าคอมโพสิตที่ไม่ได้ทำ ไซยาโนเอทิเลชัน (Mishra *et al*., 2003)

เส้นใยจากใบสัปปะรด เพิ่มมูลค่าโดยการทำเป็นเส้นใยเสริมแรงในพอลีโพรพิลีนพอลิเมอร์คอมโพสิตโดยการเตรียมเป็นแผ่นลามีเนต พบว่าเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าเทนไซล์ของของผสมคอมโพสิตก็จะเพิ่มขึ้นด้วยคือมีค่าสูงกว่าพอลีโพรพิลีนที่บริสุทธิ์ (Arib *et al*., 2004)

จากการศึกษาสมบัติต่อความร้อนของคอมโพสิตระหว่าง phenolformaldehyde (PF) กับเส้นใยสับปะรดเสริมแรงที่มีน้ำหนักต่างๆกัน คือ (15, 20, 30, 40 และ 50%) พบว่าคุณสมบัติในการนำความร้อนของของผสมคอมโพสิตลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ PFที่บริสุทธิ์และเมื่อปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น (Ravindra *et a*l., 2003)

การผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับพอลิโพรพิลีนและการผลิตพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับอีพอกซีเรซินโดยศึกษาผลของสารช่วยให้เข้ากัน (compatibilizer)ต่อการปรับเปลี่ยนอินเทอร์เฟสระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับพอลิโพรพิลีน เส้นใยธรรมชาติที่ใช้คือเส้นใยปอแก้วในรูปแบบของเส้นใยสั้น และใช้สารประสานไซเลน 6 ชนิด และได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเบอร์คอมโพสิตที่ได้รวมทั้งตรวจสอบลักษณะโครงสร้างสัณฐานวิทยาของคอมโพสิตที่เตรียมขึ้น (Ruksakulpiwat *et al*., 2005)

การรีไซเคิลพลาสติกโดยการทำพอลิเมอร์คอมโพสิต โพลีโพรพิลีนกับพอลีเอทิลีนเทเรฟทาเลตในอัตราส่วน 70/30 %โดยน้ำหนัก (Fuchs *et al*., 2005)

การปรับปรุงเส้นใย และการผลิตคอมโพสิตพอลิเอสเทอร์กับเส้นใยเปลือกมะพร้าว โดยการล้างด้วยสารละลายผงซักฟอก 2% ที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น ทำให้แห้งที่ 70 องศาเซลเซียส กำจัดไขเคลือบด้วยตัวทำละลายผสมเอทานอลและเบนซีน 1 : 2 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นผลิตคอมโพสิตแล้วนำมาหาสมบัติเชิงกล การดูดซับน้ำ (Rout *et al*., 2001)

การผลิตคอมโพลิตจากพลาสติกพอลีโพรพิลีน และเส้นใยเสริมแรงธรรมชาติ โดยมีการเติมสารช่วยผสมมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (MA) มาเลอิกแอนไฮไดรด์-พอลีโพรพิลีนโคพอลิเมอร์ (MAPP) และไวนิล ไตรเมทอกซีไซเลน (VTMO) ซึ่งคอมโพสิตที่ปรับปรุงด้วย MAPP ให้สมบัติ

เชิงกลสูงสุด ขณะที่ MA และ VTMO ให้ค่าเหมือนกันกับคอมโพสิตที่ไม่มีสารช่วยผสม (Cantero *et al*., 2003)

สารช่วยผสมที่มีผลต่อโครงสร้างพื้นผิว และสมบัติเชิงกลของของผสมพอลีโพรพิลีนกับพอลีเอทิลลีนเทเรฟทาเลต ซึ่งสารช่วยผสม 2-(*N,N*-dihydroxyethylamino)ethyl monomaleate (C-4) ให้ผลิตภัณฑ์กระจายตัวได้ดีที่สุด ในทางตรงกันข้าม octadecyl monomaleate (C-3) มีผลต่อการผสมเล็กน้อย จากนั้นทำการผสมโดยการกดอัด PET ที่ 20 %โดยน้ำหนักและ PP ที่ 75 %โดยน้ำหนัก โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 160, 260, 280, 290, 290, 270 และ 260 องศาเซลเซียส (Cantero *et al*., 2003)

7. ไฮโดรเจล (Hydrogel) จากเซลลูโลส

ไฮโดรเจล คือพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ และสร้างร่างแห 3 มิติ ที่สามารถดูดซึมและเก็บน้ำไว้จำนวนหนึ่ง การเกิดร่างแหของไฮโดรเจลเกิดจากการเกิดพันธะเคมี (Chemical cross linking) หรือ การเกี่ยวพันกัน (physical entanglement) พันธะไอออนิก และพันธะไฮโดรเจน ไฮโดรเจลใช้ในการนำส่งยา อาหาร เครื่องสำอาง resin ที่ดูดซึมน้ำได้ดี คอนแทกต์เลนส์ การปลูกเยื่อกระจกตา สารเติมผิว (substitutes for skin) เส้นเอ็น กระดูกอ่อน cartilage และกระดูก เนื่องจากมีคุณสมบัติชอบน้ำ และเลือกซึมผ่านและมีค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืดต่ำ

ไฮโดรเจลจากพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น พอลิแซคคาไรด์ นิยมประยุกต์ใช้เป็นวัสดุชีวภาพ เนื่องจากมีวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก ไม่เป็นพิษ ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ และเป็น biocompatibility เซลลูโลสเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ถูกเลือกใช้มากที่สุดในโลก ไฮโดรเจลจากเตรียมได้โดยการเชื่อมพันธะเคมี ของอนุพันธ์เซลลูโลสที่ชอบน้ำกับสารที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ เช่น hydropropyl cellulose (HPC) network และมีการสร้างพันธะระหว่าง *N*-isopropylacrylamide monomer และ *N*, *N*-methylenebisacrylamide (Ruan, D., Lue, A. and Zhang, L. 2008 : 1027-1036)

เมื่อสารละลายเซลลูโลสในน้ำที่มี NaOH/thiourea (9.5%/4.5%) ที่อุณหภูมิต่ำ(-5 ^{o}C) จะเกิด inclusion complex ระหว่างเซลลูโลส NaOH และ thiourea จะเกิดเจลได้ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ และในช่วงอุณหภูมิ 0-5 ^{o}C เซลลูโลสจะอยู่ในรูปของเหลวได้คล้ายวุ้น แต่จะเริ่มหนืดเมื่ออุณหภูมิค่อยๆเพิ่มขึ้นในช่วง 0-40 ^{o}C ซึ่งแสดงว่าเซลลูโลสในสารละลาย NaOH/thiourea แตกต่างจากพอลิเมอร์ทั่วไป

Chang. *et al*. (2010) ได้เตรียมไฮโดรเจลจากเซลลูโลสใน NaOH/urea ในตัวทำละลายน้ำ โดยใช้ epichlorohydrin (ECH) เป็นตัวเชื่อม และใช้วิธีให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นจนแข็ง Hydrogel

ที่ได้จากวิธีให้ความร้อนจะมีรูพรุนขนาดใหญ่ ในขณะที่ไฮโดรเจลที่เตรียมได้โดยวิธีแช่แข็งมีลักษณะเหมือนเส้นใย รวมทั้งได้ศึกษาการพองตัวในน้ำของ ไฮโดรเจลทั้ง 2 แบบ

8. การทำกระดาษจากใยธรรมชาติ

จากการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระดาษสา เช่น รูปภาพฉีกปะ ดอกไม้กระดาษสา กรอบรูป บัตรอวยพร สมุดบันทึก ที่คั่นหนังสือ ที่รองแก้ว ถุงกระดาษสา กรอบไม้รูปดอกไม้ กล่องชา กล่องดินสอ กล่องเบ็ดเตล็ด ที่ติดตู้เย็น กล่องไม้ขีด โบว์ ดอกไม้ เป็นต้น พบว่าสินค้าที่มีแนวโน้มนำไปผลิตเชิงการค้าได้ คือรูปภาพฉีกปะ บัตรอวยพร สมุดบันทึก ที่คั่นหนังสือ ถุงกระดาษสา และกล่องบรรจุภัณฑ์ต่างๆ (อำนาจ และคณะ)

กระดาษสาทำมาจากต้นไม้ชื่อกระสา ซึ่งเป็นต้นไม้ขนาดกลางชนิด *Broussonetia papyrifera* Vent. เปลือกใช้ทำกระดาษได้ เรียกกระดาษสา พายัพเรียกสา

การทำกระดาษสาโดยนำเปลือกสามาแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมงนำเปลือกสาไปต้มกับขี้เถ้าหรือโซดาไฟ ประมาณ 3-4 ชั่วโมง หรือจนเห็นว่าเปลือกสาเปื่อยดีแล้ว นำเปลือกสาออกมาล้างให้สะอาด นำเปลือกสามาทุบให้ละเลียดจนยุ่ยนำเปลือกสาไปแช่ไว้ในอ่างน้ำซึ่งก่อด้วยซีเมนต์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดประมาณ 2 x 3 เมตร และลึกประมาณ ½ เมตร บรรจุน้ำ ¾ ของถังใช้ไม้คนให้ทั่วแล้วใช้ตะแกรงขนาดตามที่ต้องการ ซึ่งส่วนมากจะมีขนาด 40x60 เซนติเมตร ตัดเยื่อเปลือกไม้ในน้ำขึ้นมาแล้วนำออกมาตากแดดให้แห้งเมื่อเนื้อเยื่อของเปลือกสาที่ตากไว้แห้งดีแล้ว จึงค่อยลอกออกมาก็จะได้กระดาษสาเป็นแผ่น เรียกว่า กระดาษสา

ได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตกระดาษสา 2 แบบ ด้วยกัน คือ กระดาษสาแบบช้อน (บาง) และกระดาษสาแบบแตะ (หนา) ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กัน จากการวิจัยพบว่าการผลิตกระดาษสาควรใช้กิ่งสา ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ระหว่าง 3 - 5 ซ.ม ใช้โซดาไฟ (NaOH) ความเข้มข้น 10 % เป็นตัวสกัดเอาลิกนินออกมาจากเปลือกปอสาและใช้ผงปูนคลอรีน 4 % เป็นตัวฟอกเยื่อให้ขาว ตีเยื่อให้กระจายโดยใช้เครื่องตีเยื่อ (Beater) โดยใช้ระยะเวลาในการตีเยื่อ ๒๕ นาที /เยื่อปอสา 2 ก.ก. สามารถผลิตกระดาษสา แบบช้อน (บาง) ได้ 30 แผ่น ต่อ 1 ก.ก. ปอสาผลิตกระดาษสา แบบแตะ (หนา) ได้ 6 แผ่น ต่อ 1 ก.ก.ปอสา

9. ถ่านไม้ไผ่ (Bamboo Charcoal)

ถ่านไม้ไผ่ (Bamboo Charcoal) ทำมาจากไม้ไผ่ (Bamboo) เป็นถ่านที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยอุณหภูมิภายในเตามากกว่า 1,000 ºC มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ ธรรมชาติและสภาพแวดล้อมมากมายถ่านไม้ไผ่ ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยอุณหภูมิภายใน

เตามากกว่า 1,000 ºC แตกต่างไปจากถ่านทั่วไป หรือแม้แต่ถ่านขาว (White Charcoal) หรือ บินโจตัน (Binchotan) ที่มีผลิตกันมากในประเทศญี่ปุ่นและจีน ปัจจุบันประเทศจีนปิดป่าจึงไม่มีการผลิตถ่านทั้งสองชนิดนี้แล้วถ่านไม้ไผ่ ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยอุณหภูมิภายในเตามากกว่า 1,000 ºC มีลักษณะพิเศษ คือมีรูพรุนมากกว่า หากนำมาแผ่กระจายออกเป็นพื้นที่จะได้พื้นที่มากถึง 300 ถึง 700 ตารางเมตร / กรัม (ถ่านไม้ทั่วไป จะได้พื้นที่ประมาณ 50 ตารางเมตร / กรัม) มีค่าความด้านทานไฟฟ้า ต่ำ (ไม่เกิน 100 โอห์ม)

จีน และ ญี่ปุ่น ได้ทำการวิจัยถ่านไม้ไผ่ ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยอุณหภูมิภายในเตามากกว่า 1,000 ºC พบว่ามีคุณสมบัติพิเศษ สามารถให้กำเนิดและปลดปล่อยไอออนลบ (Negative Ions) และ อินฟราเรดยาว (Far infrared ray) จากคุณสมบัติดังกล่าว ถ่านไม้ไผ่ จึงถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในหลากหลายรูปแบบ เป็นที่นิยมมากในประเทศญี่ปุ่นและมีราคาแพง เช่น ใช้เป็นวัสดุ ช่วยฟอกอากาศ ดูดกลิ่น(Deodorizing) ความชื้น (Moisture) ปลดปล่อยไอออนลบ และ อินฟราเรดยาว ซึ่งมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ และ ต้องใช้ถ่านไม้ไผ่ในปริมาณที่เหมาะสมกับพื้นที่ ช่วยดูดซับคลอรีน กลิ่นเหม็นอับของข้าวสารเก่า