

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ ในการเตรียมฟิล์มพอลิพรอพิลีนนาโนคอมโพสิต (PP/m-MMT) โดยการเติมสารช่วยผสมและออร์กาโนเคลย์ เพื่อพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและสมบัติเชิงกล ให้ใกล้เคียงกับฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุล 2 ทิศทาง (Biaxially Oriented Polypropylene: BOPP) ซึ่งเป็นการเพิ่มประโยชน์การใช้งานฟิล์ม PP/m-MMT เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ ให้มีสมบัติและประโยชน์การใช้งานตามความต้องการจากการทดลองสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารช่วยผสมและออร์กาโนเคลย์ในพอลิพรอพิลีนนาโนคอมโพสิต (PP/m-MMT)

อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารช่วยผสมและออร์กาโนเคลย์ในการทดลองนี้เท่ากับ 2:1 โดยเมื่อทำการลดอัตราส่วนระหว่างสารช่วยผสมและออร์กาโนเคลย์เท่ากับ 1.5:1 และ 1:1 จะทำให้ระยะห่างระหว่างชั้นของออร์กาโนเคลย์ในพอลิพรอพิลีนเมตริกซ์ลดลง แต่เมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างสารช่วยผสมและออร์กาโนเคลย์เท่ากับ 2.5:1 และ 3:1 จะเห็นได้ว่าระยะห่างระหว่างชั้นของออร์กาโนเคลย์ไม่แตกต่างกัน

5.2 การศึกษาสมบัติของฟิล์มพอลิพรอพิลีนเปรียบเทียบกับฟิล์ม PP/m-MMT

ฟิล์ม PP/m-MMT ที่มีการเติมออร์กาโนเคลย์จะมีค่าดัชนีการไหล (MFI) ต่ำกว่าฟิล์มพอลิพรอพิลีน (Polypropylene : PP) และเมื่อทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่าฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าร้อยละความเป็นผลึก (% Crystallinity) และอุณหภูมิเริ่มสลายตัว ($T_{d\ onset}$) สูงกว่าฟิล์ม PP ส่วนอุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (T_m) และอุณหภูมิเริ่มตกผลึก ($T_{c\ onset}$) ของฟิล์ม PP และฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าใกล้เคียงกัน จากการศึกษาพบว่าสามารถพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่ามอดุลัส (Modulus) และค่าความแข็งแรงฉีกขาด (Tear strength) โดยการเตรียมเป็นฟิล์ม PP/m-MMT แต่อย่างไรก็ดีสมบัติบางประการมีแนวโน้มลดลง เช่น ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดคราก (% Elongation at yield) จากผลการศึกษาพบว่าฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าความแข็งแรงดึงสูงกว่าฟิล์ม PP เท่ากับ 61 และ 35 % ในทิศทาง MD และ TD ตามลำดับ และมีค่ามอดุลัสสูงกว่าฟิล์ม PP เท่ากับ 94 และ 66 % ในทิศทาง MD และ TD ตามลำดับ

5.3 การศึกษาชนิดของออร์กาโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติของฟิล์ม PP/m-MMT

การเติมออร์กาโนเคลย์เกรด Cloisite® 20A จะมีประสิทธิภาพการกระจายตัวในฟิล์ม PP/m-MMT ดีกว่าการเติมออร์กาโนเคลย์เกรด Claytone® HY ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาค่ามอดูลัสและสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen Permeability Coefficient : *OP*) มีค่าลดลง ส่วนค่าความแข็งแรงนิกษาค และค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดครากของฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของออร์กาโนเคลย์ไม่มีผลต่อค่า MFI และสมบัติทางความร้อนของฟิล์ม PP/m-MMT

5.4 การศึกษาชนิดของสารช่วยผสมที่มีต่อสมบัติของฟิล์ม PP/m-MMT

การเติมสารช่วยผสมชนิดพอลิพรอพิลีนกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Polypropylene grafted Maleic Anhydride : PP-g-MA) เกรด Priex® 20095 ที่มีโครงสร้างสายโซ่กิ่ง (Branching) เป็นหมู่ฟังก์ชันมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (Maleic Anhydride : MA) ซึ่งมีความเป็นขั้วสูงและมีโครงสร้างสายโซ่หลักเป็นสายโซ่พอลิพรอพิลีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะทำให้ออร์กาโนเคลย์มีประสิทธิภาพในการกระจายตัวที่ดีและทำให้ฟิล์ม PP/m-MMT มีการพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและสมบัติเชิงกลที่เหมาะสม เมื่อทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่าชนิดของสารช่วยผสมไม่มีผลต่อค่าร้อยละความเป็นผลึก อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก และอุณหภูมิเริ่มสลายตัว นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของสารช่วยผสมไม่มีผลต่อค่า MFI

5.5 การศึกษาปริมาณออร์กาโนเคลย์ที่มีต่อสมบัติของฟิล์ม PP/m-MMT

การลดปริมาณออร์กาโนเคลย์ในฟิล์ม PP/m-MMT จะทำให้ออร์กาโนเคลย์มีประสิทธิภาพในการกระจายตัวที่ดี ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและสมบัติเชิงกล เมื่อทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่าปริมาณออร์กาโนเคลย์ไม่มีผลต่อค่าร้อยละความเป็นผลึก อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก และอุณหภูมิเริ่มตกผลึกของฟิล์ม PP/m-MMT แต่การเพิ่มปริมาณออร์กาโนเคลย์จะทำให้อุณหภูมิเริ่มสลายตัวมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณออร์กาโนเคลย์จะทำให้ค่า MFI ของ PP/m-MMT มีค่าลดลง

5.6 การศึกษาอัตราส่วนการดึง (Draw ratio) ที่มีต่อสมบัติของฟิล์ม PP/m-MMT

ฟิล์ม PP/m-MMT ที่มีอัตราส่วนการดึงสูงจะมีค่าร้อยละความเป็นผลึกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัส และค่าความแข็งแรงนิกษาค ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดครากของฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่า อัตราส่วนการดึงไม่มีผลต่ออุณหภูมิหลอมเหลว

ผลึกและอุณหภูมิเริ่มตกผลึกของฟิล์ม PP/m-MMT นอกจากนี้การเพิ่มความหนาให้แก่ฟิล์ม PP/m-MMT จะสามารถลดการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนลงได้

5.7 การศึกษาสมบัติของฟิล์ม PP/m-MMT เปรียบเทียบกับฟิล์ม BOPP

จากการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่าฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าร้อยละความเป็นผลึกต่ำกว่าฟิล์ม BOPP แต่มีอุณหภูมิหลอมเหลวผลึกและอุณหภูมิเริ่มตกผลึกใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าฟิล์ม PP/m-MMT ยังคงมีสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและสมบัติเชิงกลต่ำกว่าฟิล์ม BOPP แต่อย่างไรก็ดีจากการทดลองพบว่าสามารถพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PP/m-MMT ให้ใกล้เคียงกับฟิล์ม BOPP ได้โดยการเพิ่มความหนาให้กับฟิล์ม PP/m-MMT และสามารถพัฒนาค่าความแข็งแรงฉีกขาดของฟิล์ม PP/m-MMT ให้ใกล้เคียงกับฟิล์ม BOPP ได้โดยการลดปริมาณออร์กาโนเคลย์และเพิ่มอัตราส่วนการดึง จากผลการศึกษาพบว่าฟิล์ม PP/m-MMT มีค่าความแข็งแรงดึงต่ำกว่าฟิล์ม BOPP เท่ากับ 56 % และ 88 % ในทิศทาง MD และ TD ตามลำดับ และมีค่ามอดุลัสต่ำกว่าฟิล์ม BOPP เท่ากับ 12 และ 50 % ในทิศทาง MD และ TD ตามลำดับ

5.8 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยได้ทำการขึ้นรูปฟิล์ม PP/m-MMT ด้วยเครื่องอัดรีดสำหรับกระบวนการผลิตฟิล์มแบบแผ่น (Flat film) ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ในทิศทางตามแนวเครื่องจักร (Machine Direction : MD) เท่านั้น ดังนั้นถ้าเปลี่ยนเทคนิคการขึ้นรูปฟิล์มเป็นเครื่องอัดรีดสำหรับกระบวนการผลิตฟิล์มเป่า (Blown film) จะทำให้ฟิล์ม PP/m-MMT มีการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ในทิศทางตามแนวเครื่องจักรและตามขวางเครื่องจักร (Transverse Direction : TD) น่าจะส่งผลให้มีการพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและสมบัติเชิงกลได้เป็นอย่างดี

2. ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาประสิทธิภาพการกระจายตัวของออร์กาโนเคลย์โดยผสม PP/m-MMT ผ่านเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ (Twin screw extruder) 2 รอบ โดยหากทำการผสม PP/m-MMT ด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่โดยที่สกรูมีส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D ratio) สูงกว่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการพัฒนาระบบการผสมเพื่อนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่า Aspect ratio ของอนุภาคซิลิเกต ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาสมบัติการด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและสมบัติเชิงกล

3. ในขั้นตอนการขึ้นรูปฟิล์มอาจมีการใช้ตะแกรงกรองหน้าเครื่องอัดรีด (Screen pack) เพื่อลดปริมาณเม็ดเจลที่เรียกว่า Fish eye บนแผ่นฟิล์ม PP/m-MMT