# บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การเติมสารนาโนเคลย์ มีผลทำให้ค่าการซึมผ่านของออกซิเจน (OTR) ในฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิททุกชนิดลดลง โดยสารนาโนเคลย์ชนิดที่ส่งผลให้มีค่า OTR ลดลงมากที่สุดคือ Cloisite25Å รองลงมา คือ Cloisite93Å และ CloisiteNÅ ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ค่า OTR ลดลง 94%, 93.8% และ 93.5% เมื่อเทียบกับฟิล์มพอลิเอธิลีนแบบปกติ ตามลำดับ

2. ในด้านของสมบัติเชิงกล พบว่าการใช้สารนาโนเคลย์แต่ละชนิดจะให้ฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิทที่มีค่าสมบัติเชิงกลที่ต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาในด้านของค่าความเหนียว (tensile toughness) ซึ่งได้จากการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเค้นกับความเครียด พบว่าการเติมสารนาโนเคลย์จะทำให้ฟิล์มที่ได้มีค่าความเหนียว (ซึ่งได้จากการทดสอบแรงดึงและคำนวณพื้นที่ใต้กราฟแรงดึงกับระยะทาง) ลดลงเมื่อเทียบกับค่าของฟิล์มพอลิเอธิลีนแบบปกติ และสารนาโนเคลย์กลุ่มที่ให้ผลด้านค่าความเหนียวที่อยู่ในเกณฑ์ดีเมื่อเทียบกับเคลย์ชนิดอื่นๆ คือสาร Cloisite 25A, 10A, 30B และ 20A

3. ในด้านของสมบัติด้านความใสหรือค่าการส่องผ่านแสงของฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิททุกชนิด พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าของฟิล์มพอลิเอธิลีนแบบปกติ

4. ปริมาณสารตกค้างที่เหลือจากการระเหยหลังการสกัดฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิท ด้วยสารเคมีที่เป็นตัวแทนอาหาร ทุกชนิดที่ศึกษาในที่นี้ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธาณสุข ฉบับที่ 295 ปี พ.ศ. 2548

5. ในภาพรวม สรุปได้ว่าชนิดของสารนาโนเคลย์ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับใช้ผสมกับพอลิเอธิลีนเพื่อพัฒนาไปเป็นฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิท ที่มีสมบัติเชิงกลสูงขึ้น สมบัติด้านการทนต่อการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนลดลง และสมบัติการย้ายที่ของสารเคมีลงสู่อาหารต่ำคือ Cloisite25A อย่างไรก็ตาม การใช้สารนาโนเคลย์ชนิดอื่นๆ ก็สามารถให้ผลที่ดีในระดับรองลงมาทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติในแต่ละด้านที่นำมาพิจารณา

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ สมบัติด้านการทนต่อการซึมผ่านของออกซิเจน (OTR) ในฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิทที่ได้จากการขึ้นรูปโดยกระบวนการแบบอัดรีดผ่านชีทดาย มีค่าแตกต่างไปจากค่า OTR ที่ได้จากกระบวนการขึ้นรูปแบบเป่าฟิล์มในโรงงานฯ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับความหนาฟิล์มที่ได้รับ และโครงสร้างการกระจายตัวของสารนาโนเคลย์ในฟิล์มคอมโพสิทที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการนำสูตรและเทคโนโลยีที่ได้รับจากโครงการวิจัยฯ นี้ ไปถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรม จึงควรมีการทดลองเพิ่มเติม เพื่อปรับหาสภาวะที่เหมาะสม และเพื่อยืนยันผล
2. หากเป็นไปได้ในด้านของความพร้อมของเครื่องมือและเวลา ควรมีการตรวจสอบการกระจายตัวของสารนาโนเคลย์โดยใช้เทคนิคจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (TEM) เพื่อจะได้ข้อมูลที่ช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติด้านการซึมผ่านของออกซิเจนในฟิล์มพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิท ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
3. น่าจะมีการศึกษาอันตรายหรือผลกระทบของสารนาโนเคลย์ที่อาจจะเกิดขึ้นต่อสุขภาพร่างกายสิ่งมีชีวิต (heÅlth risk Åssessment) หากได้รับสารเข้าสู่ร่างกายโดยตรงในปริมาณต่างๆ
4. ควรมีการศึกษาความคุ้มทุนในการนำฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิทที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยฯ ไปผลิตใช้ในเชิงพาณิชย์ และศึกษาถึงความต้องการของตลาดและผู้ใช้ควบคู่กันไป
5. ในอนาคต ควรทดลองนำสูตรผสมฟิล์มพอลิเอธิลีนนาโนคอมโพสิทที่ได้จากโครงการฯ ไปผลิตและประยุกต์ใช้ในงานด้านบรรจุภัณฑ์อาหาร เช่น ซองหรือถุงใส่ขนมปัง
6. ควรมีการศึกษาผลของความร้อน หรือคลื่นไมโครเวฟ ที่มีต่อสมบัติของฟิล์มพอลิเมอร์ที่จะพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร
7. ควรต่อยอดพัฒนาฟิล์มบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ และหรือการใช้สารพวก silver nano มาผสมกับพอลิเมอร์เพื่อช่วยทำลายเชื้อต่างๆ ที่อาจจะทำให้อาหารในบรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติเสียไป