บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

แผ่นฟิล์มที่ก๊าซสามารถซึมผ่านได้ สามารถผลิตได้โดยการผสมพอลิเมอร์กับสารตัวเติม (Filler) จากนั้นนำของผสมพอลิเมอร์และสารตัวเติมไปทำการขึ้นรูป และทำการดึงแผ่นฟิล์ม (Stretching) ในขณะที่ทำการขึ้นรูป ซึ่งจะทำให้เกิดรูเล็ก ๆระหว่างสารตัวเติมและเนื้อพลาสติก โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ผสมกับแคลเซียมคาร์บอเนต โดยทำการศึกษาตัวแปรสองตัว คือ ปริมาณร้อยละของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผสมและอัตราส่วนการยืดฟิล์มขณะขึ้นรูป แล้วทำการทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้ที่เงื่อนไขสภาวะในการผลิตต่าง ๆ โดยสมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่ สมบัติความทนแรงดึง สมบัติการยืดตัว อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ อัตราการซึมผ่านของออกซิเจน และลักษณะโครงสร้างจุลภาคของแผ่นฟิล์ม นอกจากนี้ยังได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายสมบัติต่าง ๆของแผ่นฟิล์มและเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลจากการทดลอง

5.1.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์ม

ผลจากการทดลองพบว่าปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ผสมและอัตราส่วนการยืดฟิล์มขณะขึ้นรูปจะมีผลต่อสมบัติความทนแรงดึง การยืดตัวของฟิล์ม และอัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจน โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนแคลเซียมคาร์บอเนต จะมีผลทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการเพิ่มของปริมาณรูพรุนในแผ่นฟิล์ม แต่จะไปลดสมบัติความทนแรงดึงและการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม เนื่องจากอนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนตมีสมบัติที่ไม่ยืดหยุ่นได้เข้าไปแทรกตัวในเนื้อของฟิล์มพลาสติก ทำให้เนื้อของพลาสติกนั้นไม่มีความต่อเนื่องหรือความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) ของพลาสติกลดลง สำหรับอัตราส่วนการยืดฟิล์มขณะขึ้นรูปจะมีผลต่อขนาดของรูพรุนที่อยู่รอบ ๆพื้นที่ระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตและพอลิเอทิลีนซึ่งสามารถยืนยันได้จากภาพถ่าย SEM ผลจากการทดลองพบว่าการเพิ่มขนาดของอัตราส่วนการยืดฟิล์มขณะขึ้นรูปจะทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากขนาดของรูพรุนใหญ่ขึ้นซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่าย SEM สำหรับแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมของแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากัน การดึงฟิล์มขณะขึ้นรูปจะช่วยในการจัดเรียงตัวของโมเลกุลพอลิเอทิลีนทำให้ฟิล์มที่ได้มีสมบัติความทนแรงดึงเพิ่มมากขึ้นในทิศทางที่ทำการดึง (ในแนว MD)

5.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้มีค่า Coefficient of determination (R^2) สำหรับทำนายสมบัติความทนแรงดึงตามแนว MD และแนว TD สมบัติการยืดตัวของแผ่นฟิล์มตามแนว MD และ TD อัตราการซึมผ่านของไอน้ำและออกซิเจน คือ 0.9524, 0.9777, 0.8955, 0.9144, 0.9686 และ 0.8688 ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ประโยชน์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์คือสามารถช่วยในการทำนายสมบัติของแผ่นฟิล์มที่จะได้ เมื่อทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนผสมของแคลเซียมคาร์บอเนตและอัตราส่วนการยืดฟิล์มขึ้นรูปที่ค่าต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยคำนวณค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบที่ใช้ทำแผ่นฟิล์มได้ ทำให้สามารถเลือกใช้สภาวะการผลิต เช่น สัดส่วนการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตและอัตราส่วนการยืดฟิล์มอัตราส่วนการยืดฟิล์มขณะขึ้นรูปที่เหมาะสมทำให้เกิดค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบน้อยที่สุดได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบมีผลต่อการขึ้นรูปและสมบัติของแผ่นฟิล์ม

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการผลิตแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์โดยทำการผสมพอลิเอทิลีนและแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งโดยทั่วไปแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีสมบัติการดูดความชื้นที่ดีและความชื้นจะทำให้เกิดปัญหาในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม เมื่อนำส่วนผสมเข้าไปในเครื่องอัดรีดชนิดเป่าซึ่งมีอุณหภูมิในการผลิตสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ จะทำให้ความชื้นที่ผสมอยู่ในแคลเซียมคาร์บอเนต เกิดการระเหยออกมา และทำให้แผ่นฟิล์มที่ผ่านออกจากหัวดาย เกิดการขาดเป็นผลให้ไม่สามารถผลิตแผ่นฟิล์มได้ ดังนั้นวิธีป้องกัน คือ

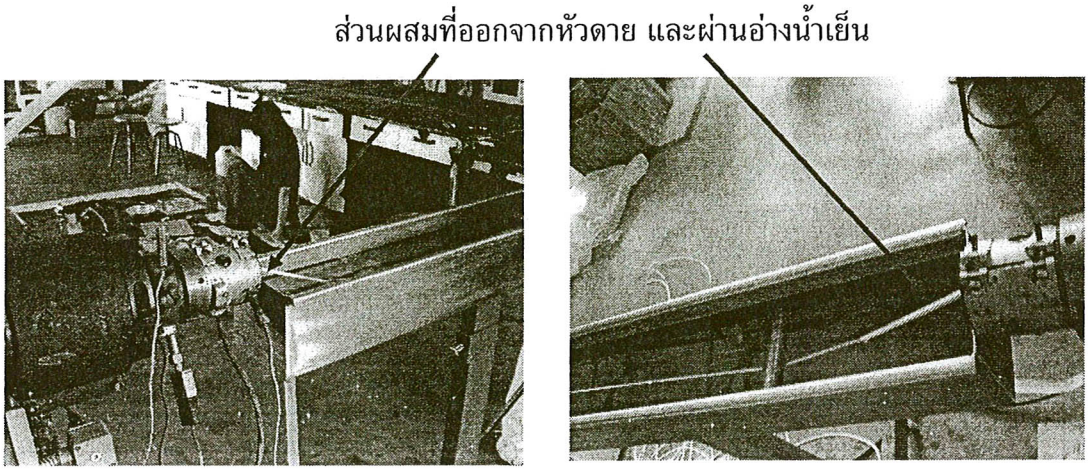
5.2.1.1 เลือกใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเกรดที่มีความชื้นต่ำ ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ เลือกเกรดที่มีความชื้นน้อยกว่า 0.2 %

5.2.1.2 หลังจากเปิดภาชนะที่บรรจุแคลเซียมคาร์บอเนตแล้ว ควรจะนำแคลเซียมคาร์บอเนตออกมาใช้ทันที ไม่ควรเปิดภาชนะให้สัมผัสกับอากาศเป็นเวลานาน และปิดปากภาชนะให้แน่นสนิททุกครั้งเมื่อเลิกใช้งาน

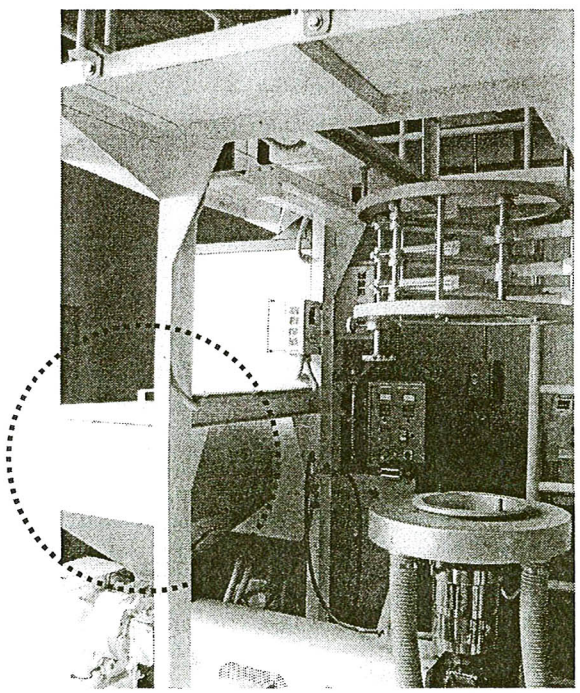
5.2.1.3 ในขั้นตอนการทำคอมปาวน์ ส่วนผสมที่ออกจากหัวดาย จะต้องผ่านอ่างน้ำเพื่อทำการลดอุณหภูมิของส่วนผสมก่อนที่จะเข้าเครื่องตัดเม็ด จะต้องทำการควบคุมไม่ให้สายของส่วนผสมสัมผัสน้ำเป็นเวลานานเกินไป และควรเลือกอ่างน้ำที่มีความสามารถในการรีดน้ำออกจากสายส่วนผสมได้ ดังรูปที่ 5.1

5.2.1.4 ทำการอบเม็ดส่วนผสมเพื่อกำจัดความชื้นอีกครั้งก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม

5.2.1.5 ระหว่างทำการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มไม่ควรเปิดฝาถัง (Hopper) ที่เก็บเม็ดคอมปาวน์ทิ้งไว้ ควรปิดฝาถังตลอดเวลา ดังรูป 5.2



รูปที่ 5.1 แสดงการสัมผัสของส่วนผสมที่ออกจากหัวดายผ่านเข้าอ่างน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ



รูปที่ 5.2 ถังเก็บเม็ดคอมปาวน์ (Hopper) ก่อนลำเลียงเข้าเครื่องอัดรีดชนิดเป่า

5.2.2 สิ่งปนเปื้อนในวัตถุดิบและตัวเครื่องจักรมีผลต่อการขึ้นรูปและสมบัติของแผ่นฟิล์ม

การผลิตแผ่นฟิล์มในงานวิจัยนี้ ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการที่เป็นระบบเปิด จึงพบปัญหาเรื่องของสิ่งปนเปื้อนจากภายนอก เช่น เศษฝุ่นละออง เศษกระดาษ เศษก้อนหินและดิน เป็นต้น ซึ่งสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ จะถูกแยกออกโดยตะแกรงภายในเครื่องอัดรีดชนิดเป่า แต่สิ่งปนเปื้อนที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของตะแกรงก็สามารถหลุดผสมเข้าไปกับเนื้อฟิล์มได้ ซึ่งจะเป็นผลทำเกิดการฉีกขาดของแผ่นฟิล์มขณะทำการขึ้นรูปได้ ดังนั้นวิธีป้องกัน คือ

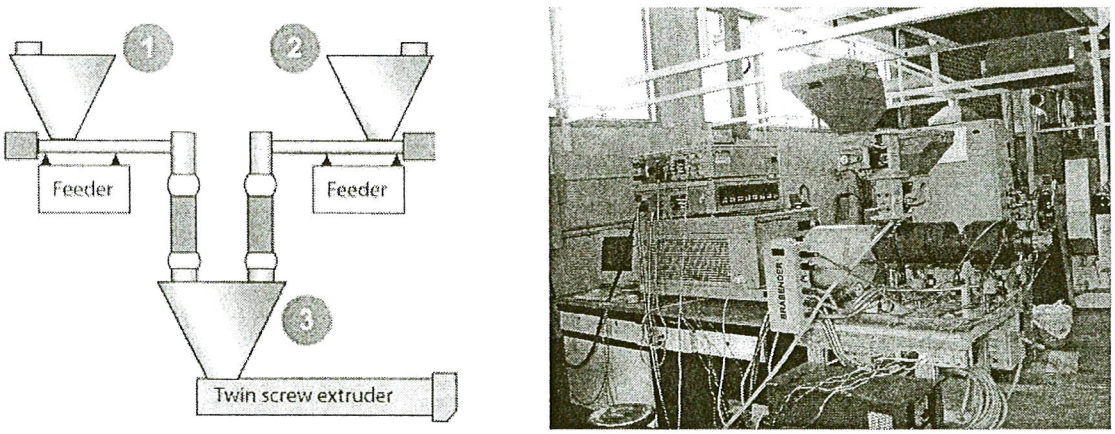
5.2.2.1 ระมัดระวังในการตักวัตถุดิบ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนตและเม็ดพอลิเอทิลีนออกจากภาชนะบรรจุ และเลือกใช้อุปกรณ์ในการตักที่สะอาดไม่มีสิ่งปนเปื้อน

5.2.2.2 ไม่ควรเปิดปากภาชนะบรรจุวัตถุดิบทิ้งไว้

5.2.2.3 ทำความสะอาดเครื่องจักรก่อนทำการผลิต เช่น เครื่องอัดรีดชนิดสกรูคู่ที่ใช้ทำเม็ดคอมปาวน์ ในช่วงแรกที่ส่วนผสมออกมาจากหัวดาย ให้ทำการทิ้งไปก่อน เนื่องจากฝุ่นละอองเล็กที่อยู่ภายในเครื่องจักรจะถูกกำจัดออกมาก่อน

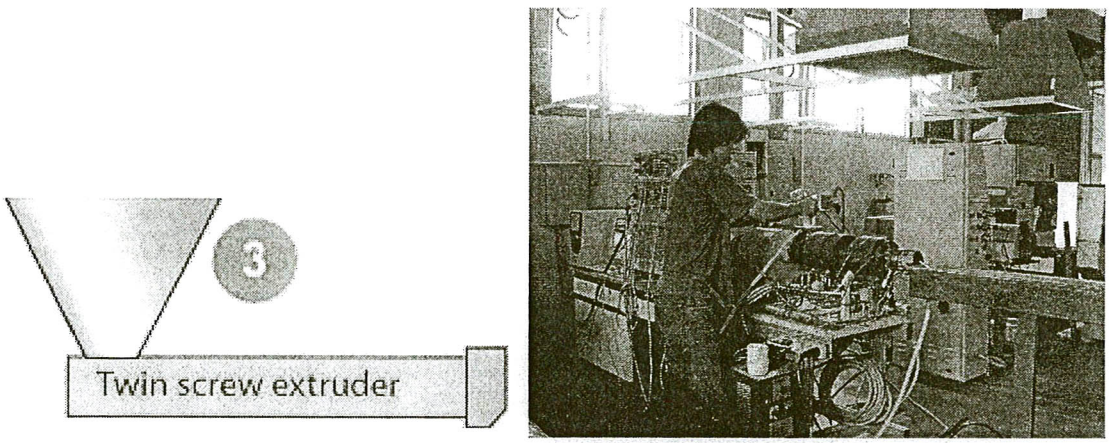
5.2.3 การทำคอมปาวน์ที่มีส่วนผสมของปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงจะเกิดปัญหาในการผลิต

ในการทำคอมปาวน์ในกรณีที่สัดส่วนของแคลเซียมคาร์บอเนตมาก ๆ จะเกิดปัญหาการติดขัดของการลำเลียงแคลเซียมคาร์บอเนตเข้าสู่เครื่องอัดรีด เนื่องจากอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนตจะดูดความชื้นในบรรยากาศทำให้เกิดความเหนียว และจะติดอยู่ตามขอบของถังเก็บแคลเซียมคาร์บอเนตและไม่เกิดการไหลลงสู่เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ หรือบางกรณีแคลเซียมคาร์บอเนตก็ไปทำการอุดช่องทางการลำเลียง ทำให้เกิดปัญหาในการผลิต



รูปที่ 5.3 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ใช้สำหรับผสมเม็ดคอมปาวน์

จากรูปที่ 5.3 จะทำการเก็บแคลเซียมคาร์บอเนตไว้ที่ถัง 1 และพอลิเอทิลีนที่ถัง 2 จากนั้นวัตถุดิบทั้งสองจะถูกลำเลียงมายังถัง 3 และส่งเข้าเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ต่อไป แต่เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตจะเกิดการดูดความชื้นในอากาศและเกิดการเกาะติดตามเส้นทางการลำเลียงจากถัง 1 ไปยังถัง 3 ทำให้แคลเซียมคาร์บอเนตไปสามารถถูกลำเลียงมาผสมได้ ดังนั้นวิธีการแก้ไขก็คือ ทำการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตและพอลิเอทิลีนจากภายนอกก่อน จากนั้นนำของผสมนั้นเข้าเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่โดยตรงโดยไม่ผ่านถัง 1 และ 2 ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ภายหลังจากการนำถัง 1 และ 2 ออก

ภายหลังจากการถอดถัง 1 และถัง 2 ทำให้สามารถแก้ปัญหาการเกาะติดของแคลเซียมคาร์บอเนตตามอุปกรณ์ได้ และคอมปาวน์ที่ผลิตได้ก็มีส่วนผสมตรงตามที่ต้องการ ภายหลังจากขั้นตอนการทำคอมปาวน์เสร็จ จะต้องทำความสะอาดภายในเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ โดยใช้พอลิเมอร์เอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) บริสุทธิ์ เข้าไปไล่ส่วนผสมที่ค้างภายในตัวเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ออกมา โดยสังเกตจากพอลิเมอร์ที่ออกจากดาย ถ้ายังมีสีขาวขุ่นแสดงว่ายังมีแคลเซียมคาร์บอเนตค้างอยู่ภายใน แต่ถ้าพอลิเมอร์ที่ออกจากหัวดายมีสีขาวใสแสดงว่าขั้นตอนการทำความสะอาดเสร็จสิ้นสมบูรณ์