

บทที่ 3 วิธีวิจัย

3.1 สารเคมี

1. แป้งมันสำปะหลัง 3 ชนิดคือ แป้งดิบ (native cassava starch) แป้งออกซิไดซ์ (oxidized starch, Gelsize-75) และแป้งแอมโฟเทอริก (cationic starch, Geltron-245) ผลิตโดยบริษัทเบนเนิร์ลสตาร์ช จำกัด มีปริมาณอะไมโลส เท่ากับ 32% ก่อนใช้อบที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่เก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำไปใช้งาน
2. น้ำยางธรรมชาติ (natural rubber latex, NRL) เก็บรักษาสภาพโดยใช้แอมโมเนียสูง (high ammonia latex, HA latex) มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) เท่ากับ 60% ผลิตโดยบริษัทนลยางชัน จำกัด
3. โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate, NaHCO₃) ผลิตโดย Merck Co., Ltd.
4. เอโซไดคาร์บอนาไมด์ (azodicarbonamide, ADC) จัดจำหน่ายโดย Greatchem and supply Pty., Ltd
5. กัวร์กัม (guar gum) ผลิตโดย Sigma-Aldrich, Inc.
6. แมกนีเซียมสเตียเรท (Magnesium stearate) ผลิตโดย Sigma-Aldrich, Inc.
7. กลีเซอรอล (glycerol) ผลิตโดย Ajax Finechem Pty., Ltd.
8. เทอริก 16A16 (Teric[®] 16A16) ผลิตโดย Lucky four Co., Ltd.
9. โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulphate, PPS) ผลิตโดย Merck Co., Ltd.
10. เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO) ผลิตโดย Ajax Finechem Pty., Ltd.
11. ดิวทีเรทคลอโรฟอร์ม (deuterated chloroform, CDCl₃-d) ผลิตโดย SP Industries, Inc.
12. ดิวทีเรทไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (deuterated dimethyl sulfoxide, DMSO-d₆) ผลิตโดย SP Industries, Inc.
13. โพแทสเซียมโบรไมด์ (potassium bromide, KBr) ผลิตโดย Sigma-Aldrich, Inc.
14. โทลูอีน (toluene) ผลิตโดย Labscan Co., Ltd.
15. เมทานอล (methanol) เกรดทางการค้า
16. น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

1. ขวดก้นกลมสามคอ (3-necks round bottom flask) ขนาด 500 และ 1000 ml
2. ชุดควบแน่น (condenser)
3. เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (hotplate-stirrer)
4. อุปกรณ์การสกัดแบบซอกเลท (Soxhlet extraction)
5. เบซิน (basin) ขนาด 100 ml
6. เทอร์มิเตอร์ (thermometer)
7. หลอดทดลอง (test tube)
8. หลอดหยด (dropper)
9. แท่งแม่เหล็กกวน (magnetic bar)
10. ทิมเบิล (thimble)
11. กระบอกตวง (cylinder) ขนาด 50 และ 100 ml
12. บีกเกอร์ (beaker)
13. อุปกรณ์กรองแบบลดความดัน
14. บั้มสุญญากาศ (vacuum pump) ผลิตโดย Gast manufacturing, Inc. รุ่น DOA-P704 Shown
15. เครื่องตีแป้ง รุ่น KM 262 ผลิตโดย บริษัทเคนวู้ด จำกัด

16. เบ้าพิมพ์ทำด้วยสแตนเลสรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 15 mm x 15 mm ที่มีความหนาขนาด 4 mm
17. เครื่องวัดความหนา ความละเอียด 0.01 mm ผลิตโดย Teclock[®] Co., Ltd. รุ่น SM-112
18. เครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง ผลิตโดย Mettler Co., Ltd.
19. โถดูดความชื้น (desiccators)
20. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แบบอิเล็กทรอนิกส์ รุ่น TH-02 ผลิตโดย TFA Co., Ltd.

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

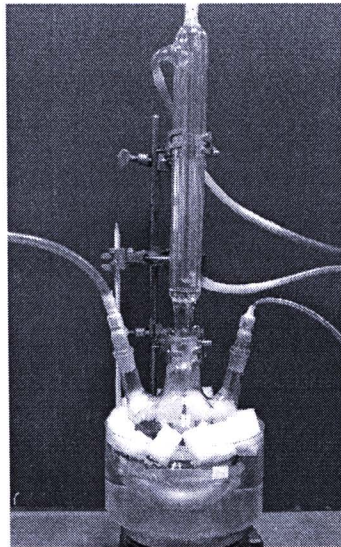
1. เครื่องอัดความดัน (Compression molding machine) ผลิตโดย Kao Tieh Co. รุ่น KT-7014
2. เครื่องทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดัดโค้ง (Universal testing machine) ผลิตโดย Instron Corporation รุ่น 5569
3. เครื่องทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact testing machine) ผลิตโดย ZWICK Co., Ltd. รุ่น I
4. ตู้อบความร้อน (oven) ผลิตโดย MEMMERT Co., Ltd. รุ่น UFB 400
5. ตู้อบสุญญากาศ (vacuum oven) ผลิตโดย Precision Co., Ltd. รุ่น 29
6. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) ผลิตโดย JEOL Co., Ltd. รุ่น JSM-5800LV
7. เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (fourier transform infrared spectrometer, FTIR) ผลิตโดย Bruker Corporation. รุ่น EQUINOX 55
8. เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (fourier transform Nuclear Magnetic Resonance spectrometer, NMR) ความถี่ 500 Hz ผลิตโดย Varian Inc. รุ่น UNITY INOVA
9. เครื่องเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer, XRD) ผลิตโดย Philips Co. รุ่น X'Pert MPD
10. เครื่องเจลเพอร์มิเอชันโครมาโตกราฟี (gel permeation chromatography, GPC) ผลิตโดย SHIMADZU Corp. รุ่น LC-20AD-230V

3.4 วิธีการทดลอง

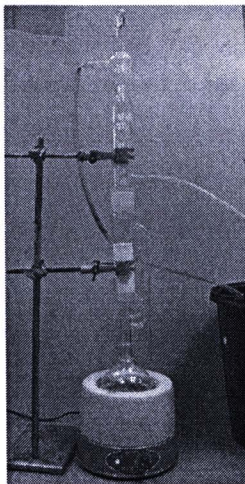
3.4.1 การสังเคราะห์กราฟท์โคพอลิเมอร์

1. ติดตั้งอุปกรณ์การทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.1 ให้ระบบอยู่ภายใต้ก๊าซไนโตรเจนตลอดการทดลอง
2. รอให้อ่างน้ำมีอุณหภูมิตามที่ต้องการ เติมน้ำและน้ำกลั่นลงในขวดสามคอตามปริมาณที่กำหนด กวนด้วยแท่งแม่เหล็กที่ความเร็วรอบ 420 rpm เป็นเวลา 10 - 15 min จะได้สเลอรี (slurry) ที่เป็นเนื้อเดียวกัน
3. เติมน้ำยางข้นที่ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่นเพื่อให้ได้อย่างตามปริมาณที่ต้องการ กวนต่อไปเป็นเวลา 10 - 15 min จะได้ของผสม (mixture) เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงเติม PPS ตามปริมาณที่กำหนด กวนต่อไปที่อุณหภูมิดังกล่าวตามระยะเวลาที่กำหนด
4. ตักตะกอนของผสมในเมทานอล โดยการเทของผสมอย่างช้าๆลงในเมทานอล กรองแยกตะกอนออกจากตัวทำละลาย อบตะกอนที่อุณหภูมิ 60°C ด้วยตู้อบจนกระทั่งน้ำแห้งกึ่งที่ (ใช้เวลาประมาณ 4 h)
5. นำตะกอนที่ได้จากข้อ 4 สกัดแยกเอาส่วนของยางธรรมชาติที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการกราฟท์ (grafting reaction) หรือที่เรียกว่า "free natural rubber" โดยเทคนิค Soxhlet extraction ด้วยโทลูอีนที่ 110°C รูปที่ 3.2 แสดงภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดดังกล่าว ตรวจสอบการสกัดที่สมบูรณ์โดยนำสารละลายที่ได้จากการสกัดตะกอนในเมทานอล ถ้าหากมีตะกอนเกิดขึ้นหรือเมทานอลเกิดความขุ่น ก็จะทำให้การสกัดแยกต่อไป จนกว่าการทดสอบสารละลายดังกล่าวไม่มีความขุ่นและไม่เกิดตะกอนเกิดขึ้น ใช้ตัวอย่างพอลิเมอร์ผสมระหว่างแป้งและยางธรรมชาติที่ไม่มีการเติม PPS เป็นตัวควบคุม (control) ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการสกัดนี้

6. นำตะกอนที่เหลือจากการสกัด วิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR และ $^1\text{H-NMR}$



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์การเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างแป้งและน้ำยางธรรมชาติ



รูปที่ 3.2 ภาพอุปกรณ์ชุดการทำ Soxhlet extraction

3.4.2 การตรวจสอบกราฟฟิโคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

อบตัวอย่างพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากการสังเคราะห์ในข้อ 2.1 ทั้งก่อนและหลังการทำ Soxhlet extraction ให้แห้ง บดเป็นผงละเอียดก่อนผสมกับโปแตสเซียมโบรไมด์ที่อบแห้งแล้ว นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค transmission ทำการสแกนจำนวน 256 ครั้ง วิเคราะห์ในช่วงคลื่นเลขที่ $4,000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ ตัวอย่างยางธรรมชาติได้จากการตกตะกอนน้ำยางข้นในกรดอะซิติก ล้างด้วยน้ำจนมีค่าเป็นกลาง ($\text{pH} = 7$) รีดยางให้เป็นแผ่นบางด้วยเครื่องบดสองลูกกลิ้ง อบแห้งที่ 60°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR และสแกนเป็นจำนวน 256 ครั้ง

3.4.3 การตรวจสอบกราฟฟิโคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิค Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR)

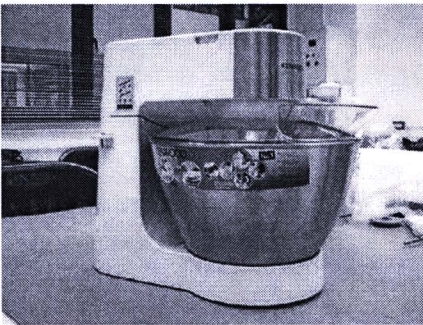
อบตัวอย่างพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากการสังเคราะห์ในข้อ 2.1 ทั้งก่อนและหลังการทำ Soxhlet extraction ให้แห้ง บดเป็นผงละเอียดและละลายในดิวทีเรทคลอโรฟอร์ม (CDCl_3) และดิวทีเรทไดเมทิลซัลไฟด์- d_6 ($\text{DMSO-}d_6$)

d_d) ซึ่งเป็นตัวทำลายของยางธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังตามลำดับ นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ¹H-NMR ทำการวิเคราะห์แป้งและน้ำยางธรรมชาติด้วยเทคนิคนี้เช่นกัน ตัวอย่างแป้งดิบจะถูกอบให้แห้งก่อนนำไปละลาย ตัวอย่างยางธรรมชาติได้จากการตกตะกอนน้ำยางชั้นในกรดอะซิติก ล้างด้วยน้ำจนมีค่าเป็นกลาง (pH = 7) รีดยางให้เป็นแผ่นบางด้วยเครื่องบดสองลูกกลิ้ง อบแห้งที่ 60°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปละลายด้วยตัวที่เรทเทคคโลโรฟอร์ม

3.4.4 การขึ้นรูปโฟม

1) การขึ้นรูปโฟมแป้ง

1. ชั่งแป้งและส่วนผสมต่างๆตามสูตรที่แสดงในตารางที่ 1 ผสมแป้งและส่วนผสมต่างๆที่เป็นของแข็งด้วยเครื่องตีแป้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 กวนผสมเป็นเวลา 10 min จนของผสมทั้งหมดเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน สารเคมีที่ใช้มีหน่วยเป็น pph (parts per hundred) คือ น้ำหนักต่อน้ำหนัก 100 ส่วนของแป้ง (Kiatkamjornwong *et al.*, 2001)
2. ผสมน้ำและกลีเซอรอลให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันก่อนเติมลงไปเครื่องตีแป้ง กวนผสมจนของผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นเวลา 20 min ด้วยอัตราเร็วในการกวนผสมเดียวกันกับข้อ 1
3. นำของผสมดังกล่าวใส่ลงไปในแม่แบบที่ร้อน ขนาด 15 mm x 15 mm x 4 mm โดยการชั่งน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดความดัน ตามอุณหภูมิ เวลา และ ความดันที่กำหนด ขึ้นรูปโฟมให้มีความหนา 4 mm
4. เมื่อครบเวลาดังกล่าวแล้วนำแม่แบบออกจากเครื่อง วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 min เพื่อให้เย็นตัวลง หลังจากนั้นจึงนำโฟมออกจากแม่แบบ
5. เก็บชิ้นงานดังกล่าวในสภาวะที่กำหนดก่อนทำการทดสอบสมบัติต่างๆ



รูปที่ 3.3 เครื่องตีแป้งที่ใช้ในการผสมแป้งและส่วนผสมอื่นๆ

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบที่ใช้ในการขึ้นรูปโฟม

ส่วนผสม	น้ำหนัก (g)
แป้งมันสำปะหลัง	100
โซเดียมไบคาร์บอเนต	0.1
กาวรักัม	1
แมกนีเซียมสเตียเรท	2
กลีเซอรอล	5
น้ำกลั่น	100
ยางธรรมชาติ	0-35

2) การขึ้นรูปโฟมแป้งผสมยางธรรมชาติ

1. ชั่งแป้งและส่วนผสมต่างๆตามตารางที่ 1 และดำเนินการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 1 และ 2 ในหัวข้อ 2.4.1

2. เติมน้ำยางธรรมชาติลงไปตามสัดส่วนที่กำหนด กวนผสมให้เข้ากับของผสมในเครื่องตีแป้ง จนกระทั่งของผสมทั้งหมดเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณเนื้อยางแห้งคิดเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนักต่อน้ำหนักแป้ง 100 ส่วน มีหน่วยเป็น pph (parts per hundred) เช่นกัน ตัวอย่างเช่น 15 pph หมายถึง น้ำหนักของเนื้อยางแห้ง 15 ส่วน ต่อน้ำหนักแป้ง 100 ส่วน
3. นำของผสมดังกล่าวใส่ลงไปในแม่แบบที่ร้อน ขนาด 150 mm x 150 mm x 4 mm โดยการชั่งน้ำหนัก นำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเบ้า ที่อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 5 min และ ความดัน 1000 psi (70 kg/cm²) ขึ้นรูปโฟมให้มีความหนา 4 mm
4. เมื่อครบเวลาดังกล่าวแล้วนำแม่แบบออกจากเครื่อง วางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 min เพื่อให้เย็นตัวลง หลังจากนั้นจึงนำโฟมออกจากแม่แบบ
5. เก็บชิ้นงานดังกล่าวในสภาวะที่กำหนดก่อนทำการทดสอบสมบัติต่างๆ

3) การขึ้นรูปโฟมที่มีการเติมสารเติมแต่งอื่นๆ

a) กรณีที่เติมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ คือ Teric[®] 16A16 ทำการผสมสารลดแรงตึงผิวและน้ำยางธรรมชาติให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนเติมลงไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆในเครื่องตีแป้งตามที่กล่าวมาเบื้องต้น ปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้คิดเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของยางธรรมชาติ 100 g และใช้หน่วยเป็น pph เตรียมเป็นสารละลายเทอริกเข้มข้น 10 %w/w ก่อนผสมกับน้ำยางข้น ควบคุมปริมาณน้ำทั้งหมดในส่วนผสมให้มีปริมาณ 100 pph

b) กรณีที่เติมโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (PPS) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา ละลาย PPS ในน้ำกลั่นก่อนนำไปผสมกับกลีเซอรอล ปริมาณของ PPS ที่ใช้คิดเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักแห้งของยางธรรมชาติและน้ำหนักของแป้งรวมกัน 100 g และใช้หน่วยเป็น pph เช่น PPS 0.025 pph หมายถึงแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติมีน้ำหนักรวมกันเท่ากับ 100 g จะมี PPS 1 g

c) กรณีที่เติมเบนโซิลเปอร์ออกไซด์ (BPO) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา ผสม BPO กับแป้งในขั้นตอนแรก พร้อมกับส่วนผสมอื่นๆ ปริมาณ BPO ที่ใช้คิดเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนัก 100 g ของแป้งมันสำปะหลังและยางธรรมชาติรวมกัน และใช้หน่วยเป็น pph เช่นเดียวกันกับ PPS

3.4.5 การเก็บตัวอย่าง

เก็บชิ้นทดสอบไว้ภายในและภายนอกโถดูดความชื้น ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในโถดูดความชื้นด้วยซิลิกาเจล เพื่อให้มีความชื้นสัมพัทธ์ 40±3 %RH ส่วนชิ้นทดสอบที่วางอยู่ภายนอกโถดูดความชื้นจะอยู่ในบรรยากาศห้อง ที่มีความชื้นตามสภาพภูมิอากาศของแต่ละวัน/เดือน และขึ้นอยู่กับระยะเวลาในแต่ละวัน ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองคือ 70±8 %RH ชิ้นทดสอบทั้งสองกรณีเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (28±1°C) ทำการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกวันๆ ละ 4 เวลา คือ 9.00 น. 12.00 น. 15.00 น. และ 18.00 น. ทั้งภายในโถดูดความชื้น และภายในห้องเก็บตัวอย่าง

3.4.6 การวัดความหนาแน่น (density)

ตัดโฟมเป็นชิ้นทดสอบให้มีความกว้างเท่ากับ 30 mm ความยาวเท่ากับ 150 mm ตัวอย่างหนึ่งสูตรจะใช้ชิ้นทดสอบ 10 ชิ้น วัดขนาดของชิ้นทดสอบและชั่งน้ำหนัก คำนวณหาความหนาแน่นของโฟมดังสมการที่ 1 (Shogren *et al.*, 1998; Lawton *et al.*, 1999; Glenn *et al.*, 2001; Soykeabkaew *et al.*, 2004; Salgado *et al.*, 2008)

$$\text{Density} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ m คือ น้ำหนักของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น g
 V คือ ปริมาตรของตัวอย่าง มีหน่วยเป็น cm^3

3.4.7 การทดสอบสมบัติความทนต่อแรงดัดโค้ง (flexural properties testing)

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790 ตัดโคมเป็นชิ้นทดสอบให้มีความกว้าง 30 mm และความยาว 150 mm ใช้ความเร็วในการทดสอบ 2.5 mm/min ใช้ระยะวางตัวอย่าง (support span) เท่ากับ 80 mm ตัวอย่างหนึ่งสูตรจะใช้ชิ้นทดสอบ 10 ชิ้น รายงานผลในค่ามอดุลัสดัดโค้ง (Flexural modulus, E) ค่าความเค้นแรงดัดโค้งสูงสุด (Flexural stress at maximum load, $\sigma_{\max}$) ค่าความเครียดแรงดัดโค้งสูงสุด (Flexural strain at maximum load, $\epsilon_{\max}$) และค่าความเครียดแรงดัดโค้ง ณ จุดขาด (Flexural strain at break, ϵ_b)

3.4.8 การทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทก (impact resistance testing)

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D256 แบบไอซอด (Izod) ตัดโคมเป็น ชิ้นทดสอบให้มีความกว้าง 12.7 mm ความยาว 63.5 mm ไม่มีการบากชิ้นทดสอบ ใช้ลูกตุ้ม (pendulum) ขนาด 2 J ตัวอย่างหนึ่งสูตรจะใช้ชิ้นทดสอบ 6 ชิ้น รายงานค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก (Izod impact strength) ซึ่งคำนวณค่าตามสมการที่ 2

$$\text{Izod impact strength} = \frac{E}{A} \quad (2)$$

เมื่อ E คือ พลังงานในการทำให้วัสดุแตกหัก มีหน่วยเป็น J
 A คือ พื้นที่ที่ใช้รับแรงกระแทก มีหน่วยเป็น m^2

3.4.9 การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy, SEM)

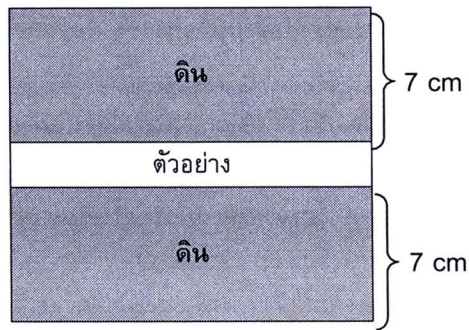
ตรวจสอบผิวหน้าของชิ้นทดสอบที่เกิดจากการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทำการเคลื่อนทองบนผิวหน้าของชิ้นทดสอบก่อนนำไปตรวจสอบ

3.4.10 การตรวจสอบหาปริมาณผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer, XRD)

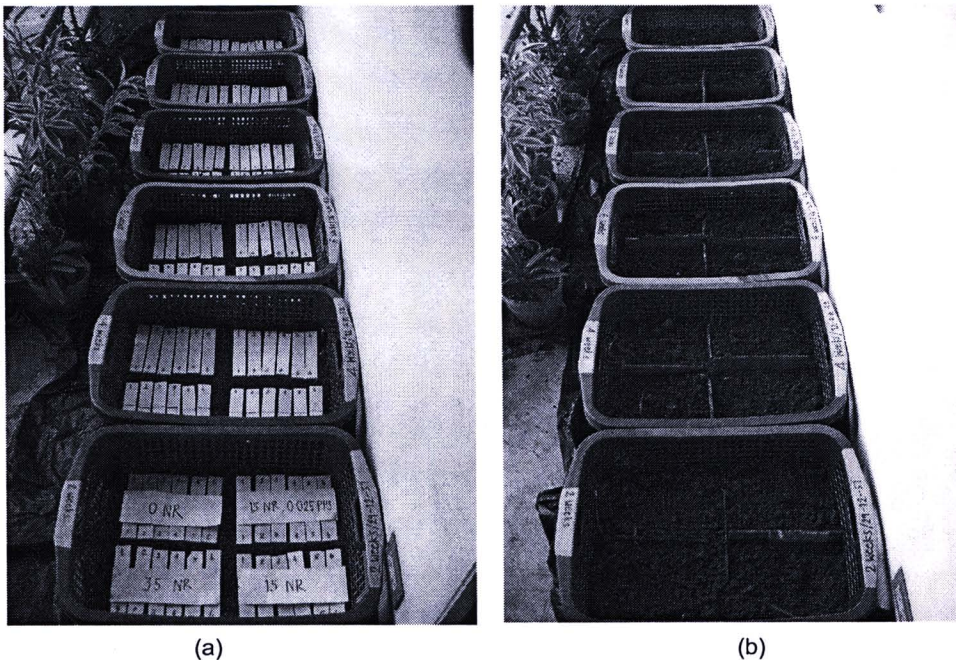
ทำการศึกษาผลึกของเม็ดแป้งในแป้งดิบ โคมแป้ง และโคมแป้งผสมยางธรรมชาติ ใช้ $\text{Cu-K}\alpha$ เป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ มีความยาวคลื่น (wave number) เท่ากับ 0.154 nm ขนาดของตัวอย่างประมาณ 1 cm x 1 cm และ 2 θ มีค่าอยู่ในช่วง 5-80° อัตราเร็วในการทดสอบเท่ากับ 0.05 $^\circ$ /sec

3.4.11 การทดสอบการเสื่อมสลายทางชีวภาพโดยการฝังดิน (Soil burial testing)

ทำการทดสอบการเสื่อมสลายของโคมแป้งและโคมแป้งผสมยางธรรมชาติด้วยวิธีการฝังดิน (soil burial testing) โดยใช้ดินตามธรรมชาติ (ในสวนยางพารา) ตัดชิ้นทดสอบให้มีขนาดเท่ากับ 30 mm x 150 mm ฝังดินที่บรรจุในตะกร้าที่มีความสูง 20 cm เติมน้ำลงในตะกร้าให้ดินสูงประมาณ 7 cm วางชิ้นทดสอบบนผิวดิน แล้วจึงกลบทับด้วยดินที่สูงอีกประมาณ 7 cm ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5



รูปที่ 3.4 ภาพจำลองชั้นการฝังดินของตัวอย่าง



(a)

(b)

รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายการวางชั้นทดสอบในตะกร้าบรรจุดิน (a) วางชั้นทดสอบบนผิวหน้าดิน (b) กลบชั้นทดสอบด้วยดินหนา 7 cm

ทำการทดสอบฝังดินเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2551 ถึงเดือนมีนาคม 2552 วางตะกร้าที่ระเบียบนอกอาคารที่มีกันสาด มีแสงแดดส่องหลังเที่ยงวันและมีฝนสาดทั่วถึงในกรณีที่ฝนตกค่อนข้างแรง ทำการรดน้ำลงดินทุกๆ 4 วัน ด้วยปริมาณที่คงที่เพื่อให้ดินไม่แห้ง เก็บชั้นทดสอบทุกๆ 2 สัปดาห์ เมื่อครบเวลาที่กำหนด เก็บชั้นทดสอบที่ฝังดินมาทำความสะอาด โดยการเป่าลมและใช้แปรงขัด เพื่อกำจัดเอาเศษดินออก (ไม่สามารถล้างชั้นทดสอบด้วยน้ำได้ เนื่องจากว่าแป้งมันสำปะหลังจะเปลี่ยนสภาพทันทีที่ล้างด้วยน้ำ) และไม่สามารถชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักที่หายไปของชั้นทดสอบได้ เพราะว่าตัวอย่างที่ขุดมาจากการฝังดินนั้นมีเศษดินที่ทำความสะอาดได้ไม่หมด ทำการถ่ายรูปเพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับชั้นทดสอบตามระยะเวลาต่างๆ

3.4.12 การวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิคเจลเพอร์มิเอชันโครมาโตกราฟี (gel permeation chromatography, GPC)

นำโพลีเมียงผสมยางธรรมชาติละลายด้วยโทลูอีนที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 12 h จากนั้นกรองด้วยตะแกรงสแตนเลสขนาด 325 mesh ตักตะกอนสารละลายที่ได้ด้วยเมทานอล อบที่ 60°C กระทั่งน้ำหนักคงที่ ละลายตะกอนด้วยเตตระไฮโดรฟูแรน เตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.5 wt% กรองตัวอย่างด้วยเยื่อกรองในลอนที่มีความละเอียด $0.45\ \mu\text{m}$ ก่อนนำไปวิเคราะห์ อัตราการไหลของสารละลายและตัวทำละลายเท่ากับ 1 ml/min ปริมาณตัวอย่างที่ทำการทดลองเท่ากับ $20\ \mu\text{l}$ ใช้เครื่องตรวจวัดสัญญาณชนิดตรวจจับหักเหของแสง (refractive index detector, RID-10A) เครื่องวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 คอลัมน์ คือ KF 803L ($7 \times 10^4\ \text{g/mol}$) และ KF806M ($2 \times 10^7\ \text{g/mol}$) วัสดุที่บรรจุในคอลัมน์ คือ สไตรีนไดไวนิลเบนซีนเจล (styrene divinylbenzene gels) และใช้พอลิสไตรีนเป็นพอลิเมอร์มาตรฐานในการทำกราฟมาตรฐาน (standard curve)