

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น(Moisture content)(AOAC,2000)

โดยทำการอบ Moisture Can พร้อมฝาในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที นำมาใส่ Desiccators ให้เย็นลงซึ่งจานและฝาโดยใช้เครื่องชั่งชนิดละเอียดนำตัวอย่างอาหารใส่ Moisture Can ประมาณ 3-5 กรัม แล้วปิดฝานำไปชั่งหาน้ำหนักจากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่ประมาณ 102 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่จากนั้นนำ Moisture Can ที่อบจนน้ำหนักคงที่ไปใส่ใน Desiccators ให้เย็นลงจากนั้นชั่งน้ำหนักและนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Dry ashing) (AOAC,2000)

เผาด้วย Crucible เพล่าในเตา Muffle Furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำด้วย Crucible ออกมาทำให้เย็นใน Desiccators ประมาณ 1 ชั่วโมงจนเย็นถึงอุณหภูมิห้องซึ่งด้วย Crucible ในหน่วยมิลลิกรัม จากนั้นชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ลงในด้วย Crucible จากนั้นนำไปเผาให้ความร้อนบน Hot plate จนตัวอย่างอาหารเปลี่ยนเป็นถ่านสีดำ จากนั้นนำไปเผาต่อในเครื่องเผาถ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ชั่วโมงจะได้เถ้าที่เป็นสีขาว จากนั้นนำไปทำให้เย็นด้วย Desiccators และนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกผลและคำนวณปริมาณเถ้าต่อไป

$$\% \text{เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

3. การวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธีเจลดาลท์ (AOAC,2000)

การวิเคราะห์โดยใส่วัสดุควบคุมการเดือด 2-3 ชิ้น (เศษกระเบื้องเผา) ในหลอดเจลดาลท์ (Kjeldahl Flask) และเติม K_2SO_4 ลงไป 3.0 กรัม แล้วชั่งตัวอย่างถั่วพุ่มแต่ละประเภทที่บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน (0.3-0.4 กรัม) ใส่ในหลอดเจลดาลท์ จากนั้นจึงเติมสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 6 มิลลิลิตร ลงในหลอดเขย่าเบาๆ เพื่อผสมให้เข้ากัน ติดตั้งหลอดเจลดาลท์ลงในช่องของเครื่องย่อยโปรตีน ซึ่งมีเตาไฟฟ้าและฝาครอบหลอดดูดแก๊สพิษเปิดน้ำเพื่อดูดแก๊สพิษเปิดฝาครอบแล้วเติม $CuSO_4$ ลงไป 0.13 กรัม ปิดฝาครอบให้สนิท ตั้งหน้าปัดควบคุมความร้อนหมายเลข 3 (อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที ปรับหน้าปัดควบคุมความร้อนไปที่หมายเลข 7-8 (อุณหภูมิ 370 องศาเซลเซียส) แล้วทำการย่อยต่ออีก 45-60 นาที จนได้สารละลายใส แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดเจลดาลท์ที่ย่อยแล้วใส่ในช่องสำหรับกลั่นของเครื่องกลั่นอัตโนมัติ กดปุ่ม H_2O ให้น้ำไหลลง

ผสมกับสารที่ถูกย่อยในปริมาณ 3 เท่าของ H_2SO_4 ที่ใช้อยู่ยกดปั๊มสารละลาย NaOH เข้มข้น 35%(w/v) ให้ไหลลงผสมกับสารในหลอดเจลาตลท์ในปริมาณต่าง 5 เท่าของ H_2SO_4 ที่ใช้อยู่ยกดปั๊มควบคุมเวลาในตำแหน่งที่ 4 นาน 3 นาทีตวงสารละลาย H_3BO_3 อิมตัวประมาณ 10 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเติม mixindicator ผสมลงไป 2-4 หยดนำไปวางที่ตำแหน่งรับสิ่งที่กลั่นได้เมื่อเครื่องพร้อมทำงานจะมีไฟเขียวสว่างที่ตำแหน่ง ready กดปุ่ม start distillation เมื่อเครื่องกลั่นเสร็จจะมีไฟแดงที่ตำแหน่ง aspirating สว่างเครื่องดูดของเหลวทิ้งน้ำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสิ่งที่กลั่นได้ไปไต่เตรทกับสารละลาย HCl เข้มข้น 0.2 โมลจนถึงจุดสมบูรณ์แล้วบันทึกผล

$$\% \text{Nitrogen} = \frac{(\text{มล. HCl} - \text{มล. Blank}) \times (\text{Normality ของ HCl} \times 14.007) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (mg)}}$$

$$\% \text{Protein} = \% \text{Nitrogen} \times \text{conversion factor (6.25)}$$

4. การวิเคราะห์ไขมันด้วยวิธีซอกท์เลท(AOAC,2000)

โดยนำตัวอย่างแต่ละประเภทที่บดไว้แล้วมาใส่ใน Extraction Thimble เตรียมไว้จากนั้นนำบีกเกอร์มาชั่งเพื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอนและใส่ตัวทำละลายในบีกเกอร์ (Petroleum Ether) ลงในบีกเกอร์ 70 มิลลิลิตรใส่ Thimble บรรจุตัวอย่างลงในหลอดซอกท์เลทปรับอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องสกัดให้เหมาะสมกับกลั่นระบบ Reflux ด้วยระบบ Steam Bath เป็นเวลา 30 นาทีและหลังจากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายเป็นเวลา 30 นาทีโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีทิ้งให้เย็นลงใน Desiccators แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน

$$\% \text{ Fat} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์ที่มีไขมัน (กรัม)} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ที่ปราศจากไขมัน (กรัม)}}{\text{น้ำหนักอาหารก่อนทำแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยดิบ(AOAC,2000)

ชั่งตัวอย่างมา 1 กรัมใส่ในถ้วยกรอง (Crucible) ที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วจากนั้นนำถ้วยกรองใส่ชุดหาปริมาณเส้นใยดิบจากนั้นเติมสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1.25% ที่ผ่านการให้ความร้อนก่อนบนแผ่นให้ความร้อน (Hot plate) แล้วเติมในช่องย่อยจนถึงระดับ 150 มิลลิลิตรหยุดสารป้องกันการเกิดฟอง (N-Octanol) ประมาณ 3 หยดหลังจากเดือดแล้วต้มต่อไปอีก 30 นาทีเปิดลิ้นไปที่ Vacuum เพื่อระบายกรด H_2SO_4 ออกแล้วล้าง Crucible ด้วยน้ำกลั่นร้อน 30 มิลลิลิตรทำซ้ำอีก 2 ครั้งเติมสารละลาย KOH เข้มข้น 1.25% ที่ร้อนจำนวน 150 มิลลิลิตรพร้อมกับหยุด N-octanol ประมาณ 3 หยดต้มให้เดือดประมาณ 30 นาทีทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4-5 ล้าง Crucible ด้วยน้ำกลั่นเย็นอีกครั้งและอีก 3 ครั้งด้วย Acetone จำนวน 25 มิลลิลิตรอบตัวอย่างในถ้วยกรองที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสหรือ

จนกว่าได้น้ำหนักคงที่จะได้น้ำหนักของเส้นใยดิบ (Crudefiber) ที่รวมกับน้ำหนักของเถ้าเผาตัวอย่างใน ถ้วยกรองที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วทำให้เย็นลงใน desiccator แล้วชั่ง น้ำหนักตัวอย่างที่ได้เป็นน้ำหนักถ้วยกรองที่ตัวอย่างซึ่งเป็นเถ้า

6. การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลส (Juliano, 1971)

ชั่งตัวอย่างแบ่ง 0.001 กรัม ใส่ในขวดแก้ววัดปริมาตรพร้อมจุกยาง ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่แห้งสนิท นำแบ่งมาเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 1 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เพื่อให้แบ่งกระจายตัวออก อย่าเขย่าแรงจะทำให้แบ่งขึ้นมาเกาะตามผนังขวดแก้ว เติมน้ำกลั่นละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 นอร์มัล 9 มิลลิลิตร ใส่แท่งแม่เหล็ก ลงไปในขวดแก้ว ทำการปั่นตัวอย่างบน Magnetic Stirrer นาน 10 นาที นำแท่งแม่เหล็กออก เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าขวดแก้ว ดูดน้ำแบ่งมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วเปล่า ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่าขวดแก้ว และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ทำแบลนด์ (Blank) โดยเตรียมขวดแก้วเปล่า ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่าขวดแก้ว และตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดความเข้มของสีสารละลาย ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่นแสง 620 นาโนเมตร อ่านค่าเป็นแอบซอร์เบ้นซ์ (Absorbance) โดยปรับค่าของแบลนด์ให้เป็นศูนย์

7. การวิเคราะห์ปริมาณแป้งทั้งหมด (Megazyme International Ireland, 2009)

ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh มา 100 มิลลิกรัม เติมน้ำ ethanol ความเข้มข้น 80% 5 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 80-85°C ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 5 นาที ผสมให้เข้ากัน และเติมน้ำ ethanol ความเข้มข้น 80% 5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วเทส่วนใสทิ้ง ใส่ magnetic bar และเติมน้ำ KOH ความเข้มข้น 2 โมลาร์ 2 มิลลิลิตร หมุนกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 20 นาที ในกล่องที่มีน้ำแข็งบรรจุอยู่ เพื่อละลายแป้ง หลังจากนั้นจึงเติมน้ำ Sodium acetate buffer (pH 3.8) ความเข้มข้น 1.2 โมลาร์ 8 มิลลิลิตร พร้อมทั้งหมุนกวนในกล่องที่มีน้ำแข็ง แล้วเติมน้ำ thermostable α -amylase 0.1 มิลลิลิตร และ amyloglucosidase 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 30 นาที เอาออกมาเขย่าเป็นช่วงๆ 1-2 ครั้ง นำสารที่ได้เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร แล้ว ปั่นเหวี่ยงหรือตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้น ปิเปิดตัวอย่างที่ได้มา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ทำ 2 ซ้ำ เติมน้ำ glucose oxidase-peroxidase (GOPOD Reagent) 3 มิลลิลิตร แล้วทำ แบลนด์โดยนำน้ำกลั่น 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ glucose oxidase-peroxidase (GOPOD Reagent) 3 มิลลิลิตร และทำสารละลายกลูโคสมาตรฐาน โดยปิเปิด D-glucose 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับ glucose oxidase-peroxidase (GOPOD Reagent) 3 มิลลิลิตร หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่าง แบลนด์ และกลูโคสมาตรฐานมาบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50°C

เป็นเวลา 20 นาที นำมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณตามสูตรของ Megazyme

ปริมาณแป้งทั้งหมด = ปริมาณแป้งทนต่อการย่อย + ปริมาณแป้งที่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์

8. การวิเคราะห์ปริมาณแป้งทนต่อการย่อย (Megazyme International Ireland, 2009)

ชั่งตัวอย่างข้าว ที่บดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh มา 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียว เติม amyloglucosidase ที่ผสมกับ pancreatic α -amylase 4 มิลลิตร ปิดฝาให้แน่น แล้วปั่นผสมให้เข้ากันด้วย เครื่องปั่นผสม และวางหลอดให้อยู่ในแนวนอนใน อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่อุณหภูมิ 37°C ความเร็ว 200 stroke ต่อนาที เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วเติม ethanol ความเข้มข้น 99% 4 มิลลิตร และเขย่าอย่างแรงด้วย เครื่องปั่นผสมหลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบประมาณ 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวด้านบนออกแล้วเติม ethanol ความเข้มข้น 50% 2 มิลลิตร เขย่าอย่างแรงด้วย เครื่องปั่นผสมนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่ความเร็วรอบประมาณ 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วเทส่วนใส่ออกใส่ magnetic bar และเติม KOH ความเข้มข้น 2 โมลาร์ 2 มิลลิตร หมุนกวนด้วยเครื่อง magnetic stirrer 20 นาที ในกล่องที่บรรจุน้ำแข็ง เติม Sodium acetate buffer (pH 3.8) ความเข้มข้น 1.2 โมลาร์ ซึ่งหมุนกวนอยู่ และเติม amyloglucosidase 0.1 มิลลิตร ทันที เขย่าให้เข้ากัน นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 30 นาที โดยเอาออกมาเขย่าเป็นช่วงๆ ด้วยเครื่อง ปั่นผสมนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 rpm เป็นเวลา 10 นาที แล้วปิเปตมา 0.1 มิลลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติม glucose oxidase-peroxidase (GOPOD Reagent) 3 มิลลิตร ทำแบลนด์ โดยนำ Sodium acetate buffer (pH 4.5) ที่มีความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ มา 0.1 มิลลิตร ผสมกับ glucose oxidase-peroxidase (GOPOD Reagent) 3 มิลลิตร และทำ กลูโคสมาตรฐาน โดยปิเปต D-glucose 0.1 มิลลิตร ผสมกับ glucose oxidase-peroxidase (GOPOD Reagent) 3 มิลลิตร หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่าง แบลนด์ และกลูโคสมาตรฐานมาบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณตามสูตร ของ Megazyme

การคำนวณ

ปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ = $\Delta E \times F/W \times 9.27$ (g/100g sample)
(samples containing <10% RS)

ปริมาณแป้งที่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ = $DE \times F/W \times 90$ (Solubilised Starch(g/100g sample))

โดยที่ ΔE = ผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างกับblank
 F = conversion from absorbance to micrograms (the absorbance obtained for 100 μ g of glucose in the GOPOD reaction is determined and $F = 100(\mu$ g of glucose) divided by the GOPOD absorbance for this 100 μ g of glucose.
 $100/0.1$ = volume correction (0.1 mL taken from 100 mL).
 $1/1000$ = conversion from micrograms to milligrams.
 W = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง $\times (100 - \text{ความชื้นของตัวอย่าง})/100$

9. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตรวมโดยวิธีผลต่าง (difference method)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = $100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{เส้นใย} + \% \text{เถ้า})$

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี – ฟิสิกส์

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านการร้อน (thermal properties)

ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการร้อน (thermal properties) ด้วยเครื่อง Differential Scanning Colorimetry ซึ่งตัวอย่าง 10 มิลลิกรัมลงในถ้วยสแตนเลส (stainless steel pan) และเติมน้ำกลั่นลงไปในส่วนน้ำหนักแห้ง 30% จากนั้นปิดฝาให้สนิท จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติการเกิดเจลลาทีโนเซชันด้วย DSC โดยใช้ indium เป็น standard และถ้วยสแตนเลสเปล่าเป็น reference และใช้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิด้วยอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จากอุณหภูมิ 30 ถึง 200 องศาเซลเซียส ทำการวัดอุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลลาทีโนเซชัน (onset gelatinization temperature, T_o) อุณหภูมิที่จุดสูงสุดในการเกิดเจลลาทีโนเซชัน (peak gelatinization temperature, T_p) อุณหภูมิที่จุดสิ้นสุดของการเกิดเจลลาทีโนเซชัน (conclusion gelatinization temperature, T_c) ช่วงอุณหภูมิที่ของการเกิดเจลลาทีโนเซชัน ($T_c - T_o$) และค่าพลังงานเอนทาลปีของการเกิดเจลลาทีโนเซชัน (ΔH)

2. วิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาทีโนเซชัน ดัดแปลงวิธีของ Birch & Priestley (1973)

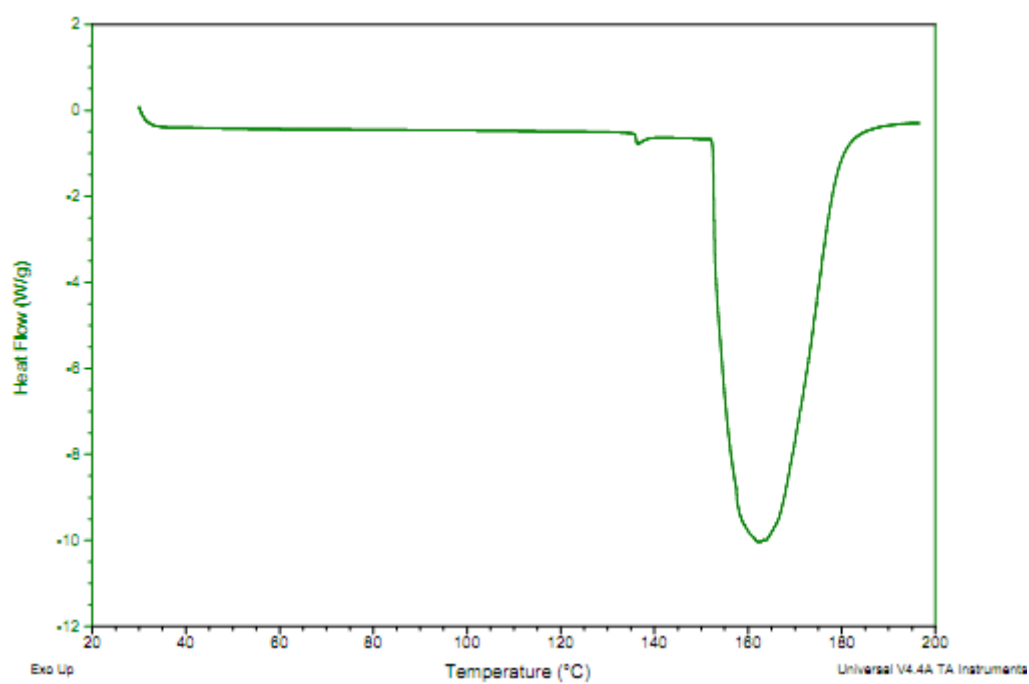
ซึ่งตัวอย่างแป้งหนัก 0.2 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask เตรียมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล โดยดูดโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 2 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเทใส่ลงใน flask ที่ใส่ตัวอย่างเตรียมไว้ คนเป็นเวลานานประมาณ 5 นาที นำสารละลายที่ได้ไปเซนติฟิวส์เพื่อแยกส่วนใส (ใช้ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) ปิเปตเฉพาะส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล ลงไป 0.4 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายไอโอดีน 0.1 มิลลิลิตร ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (ทำการวัดภายใน 15 นาที นับตั้งแต่หยดไอโอดีนลงไป) ทำซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็น 0.5 นอร์มอล ซึ่งเตรียมได้จากดูดโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 นอร์มอล มา 5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ ปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นและทำการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 นอร์มอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

การคำนวณ

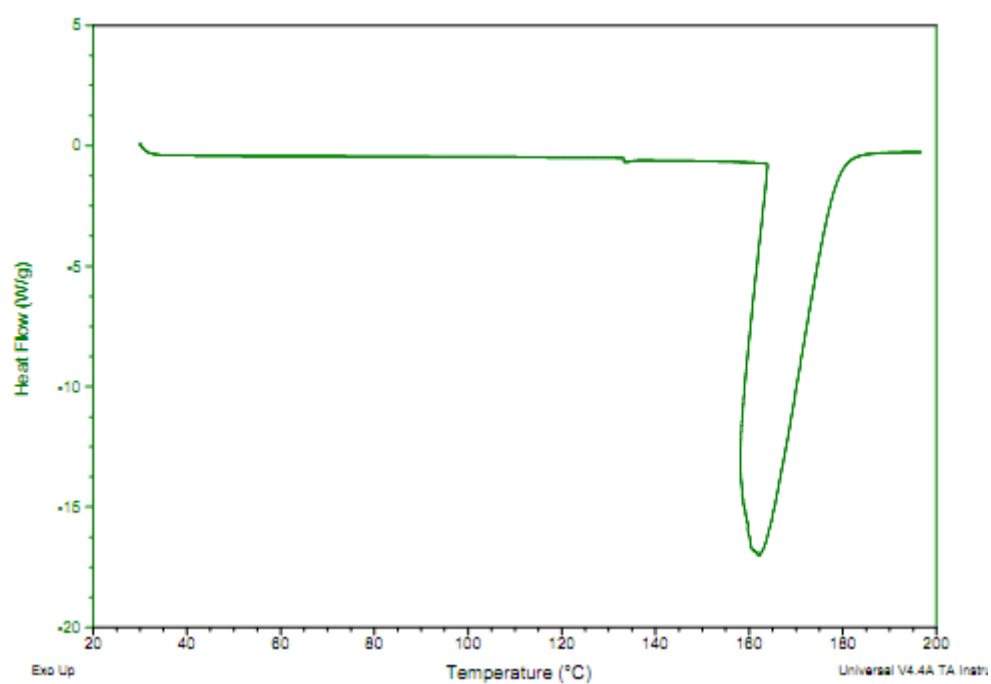
$$\text{สูตร } (A1/A2) \times 100$$

โดยที่ $A1$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ทำการวัดครั้งที่ 1
 $A2$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ทำการวัดครั้งที่ 2

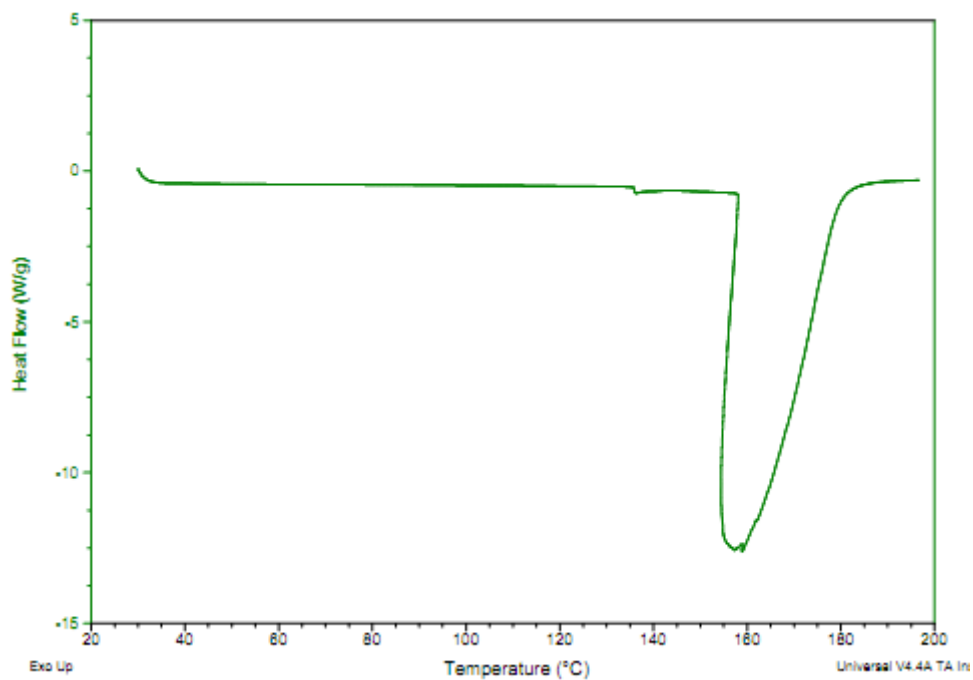
ภาคผนวก ค
เทอร์โมแกรมของคุณสมบัติด้านความร้อน



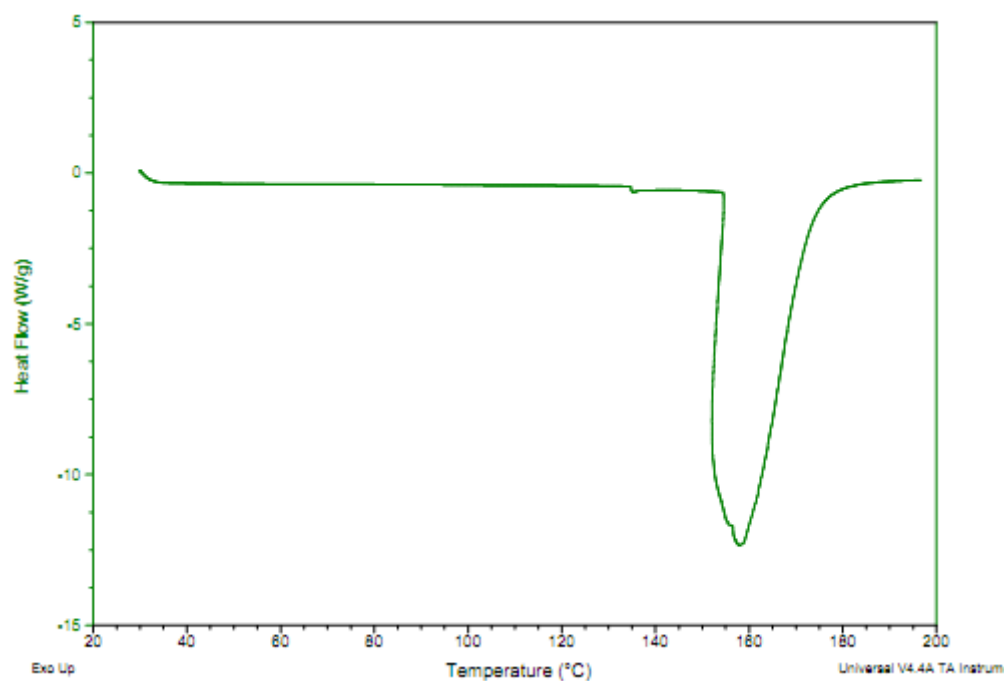
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-1 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายน้ำ ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมง



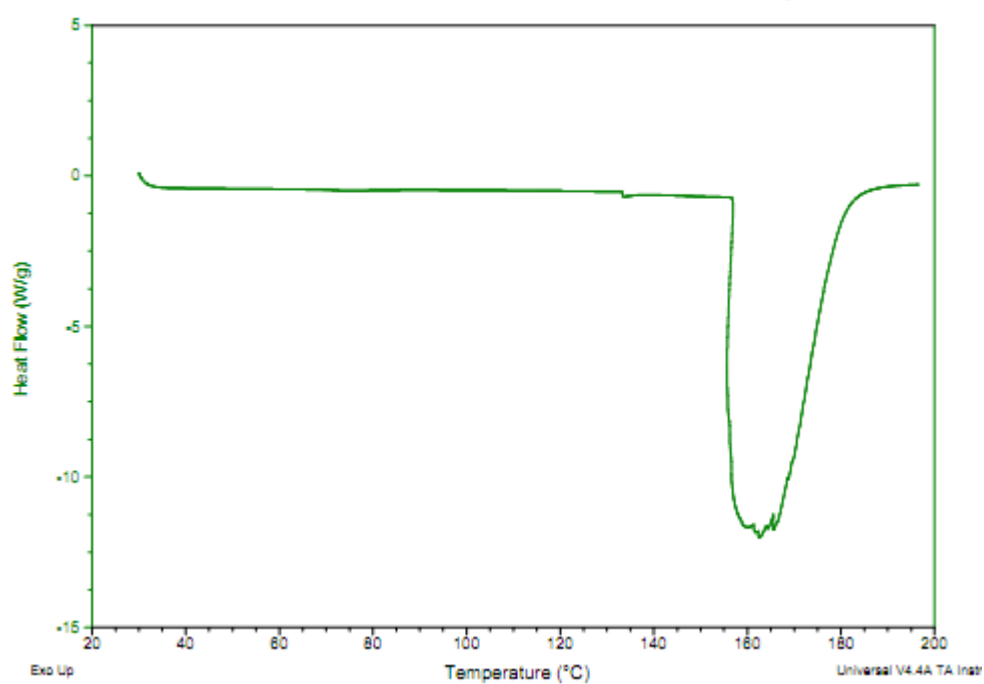
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-2 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายน้ำ ระยะเวลาในการบ่ม 24 ชั่วโมง



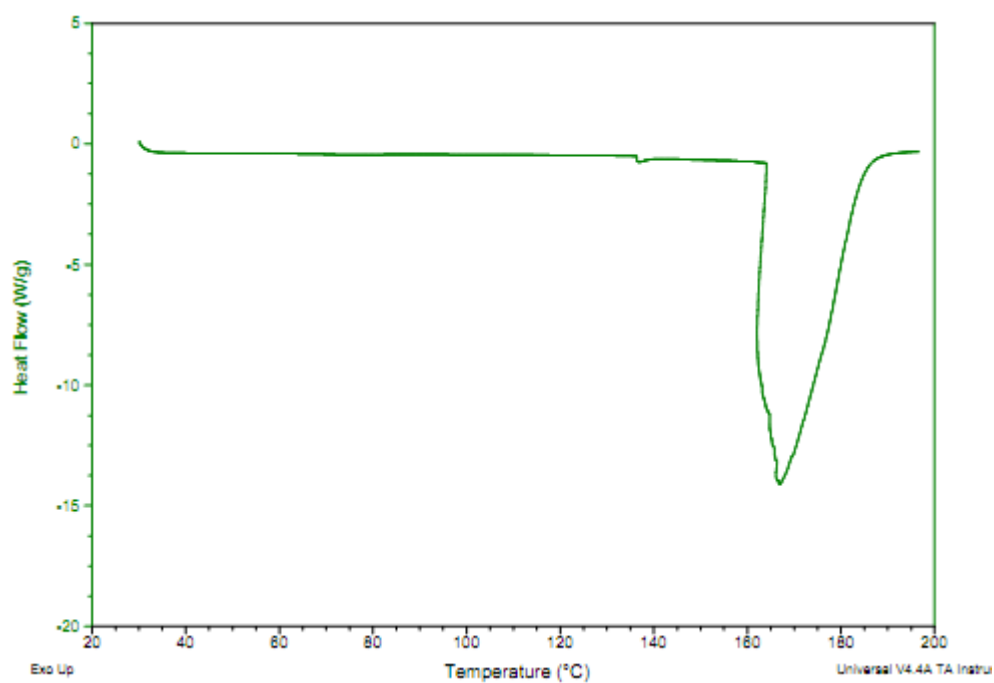
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-3 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายน้ำ ระยะเวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง



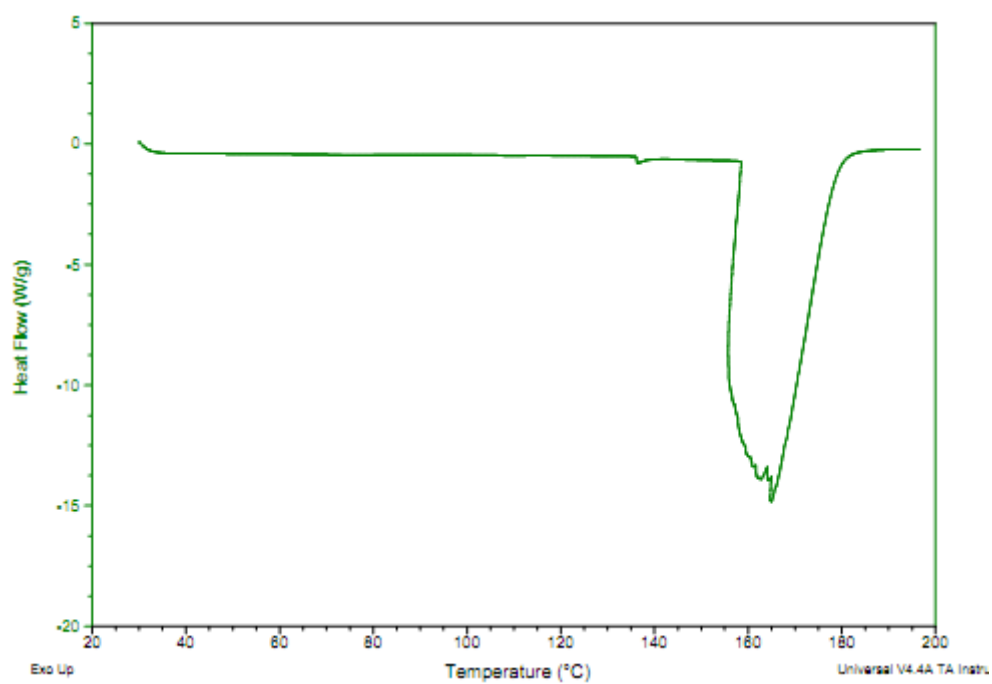
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-4 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายน้ำ ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง



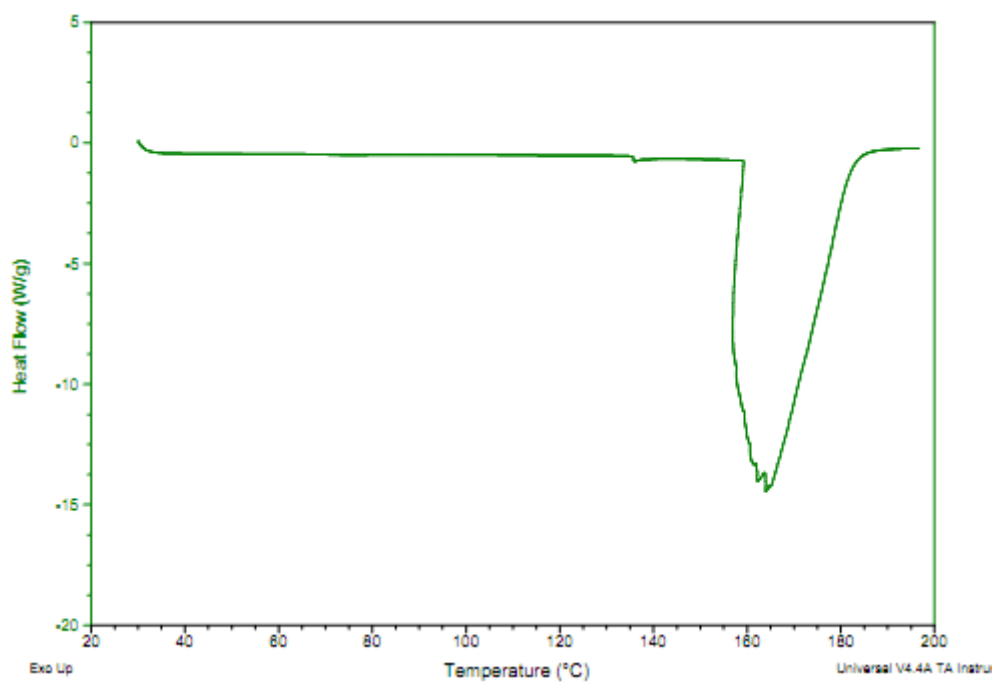
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-5 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายเอทานอล ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมง



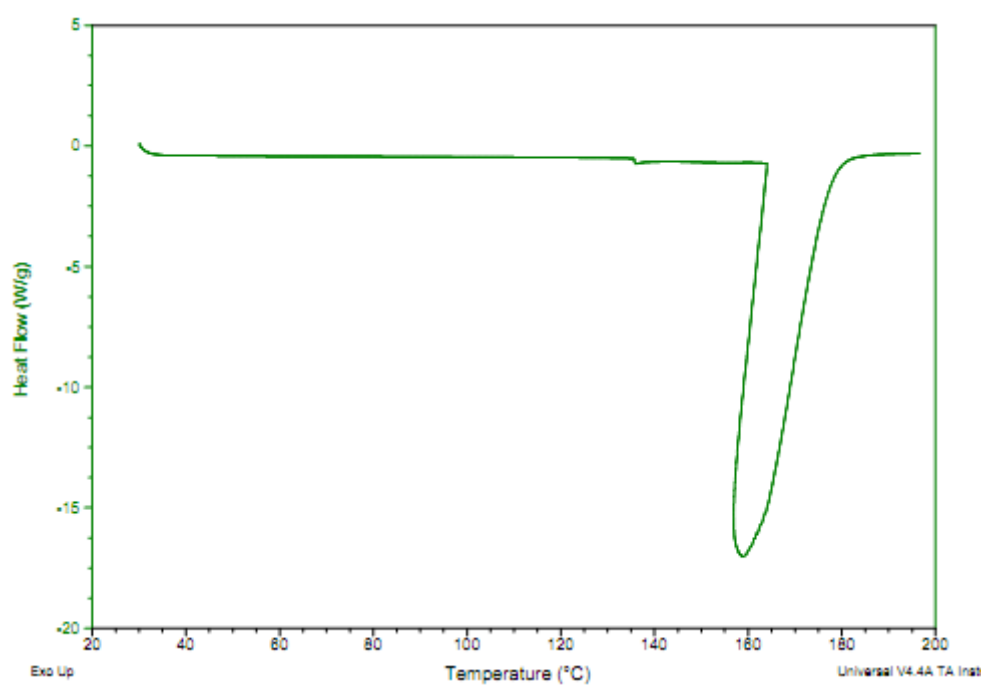
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-6 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายเอทานอล ระยะเวลาในการบ่ม 24 ชั่วโมง



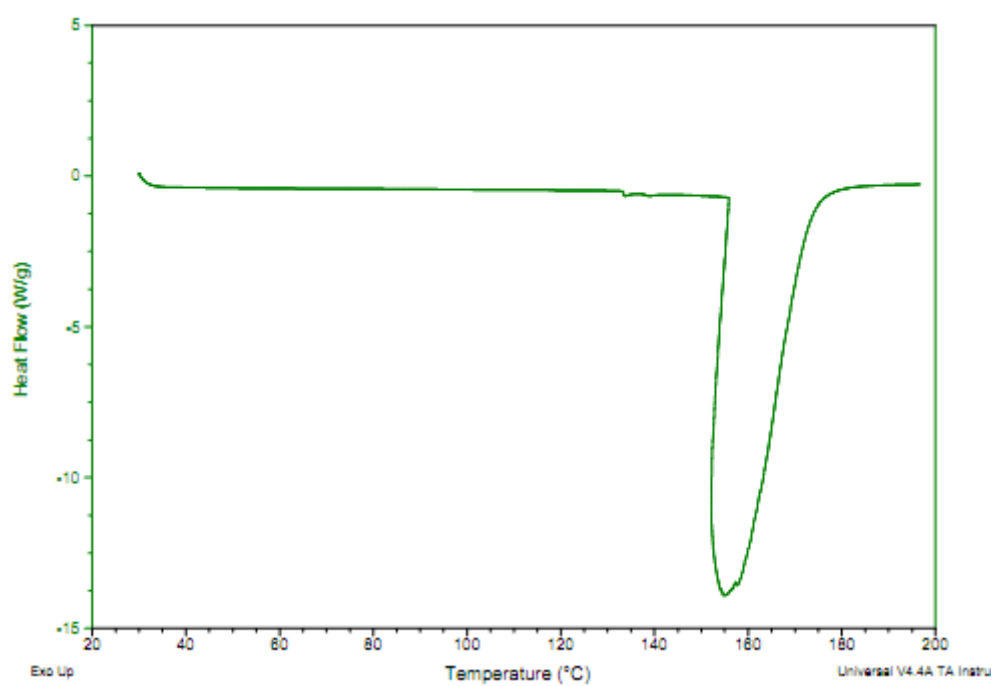
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-7 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายเอทานอล ระยะเวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง



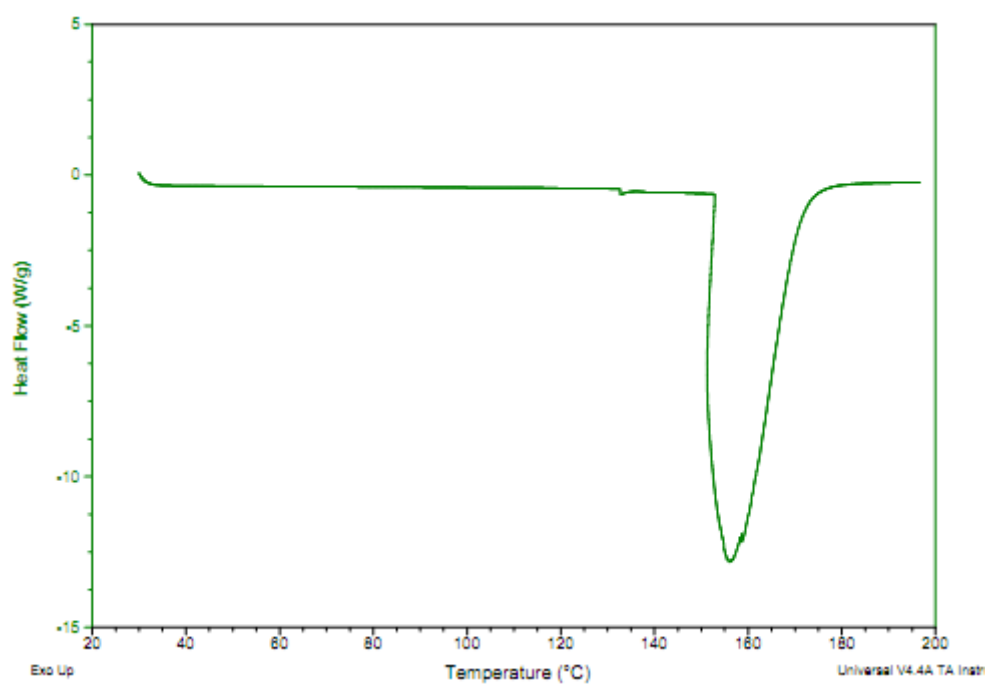
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-8 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายเอทานอล ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง



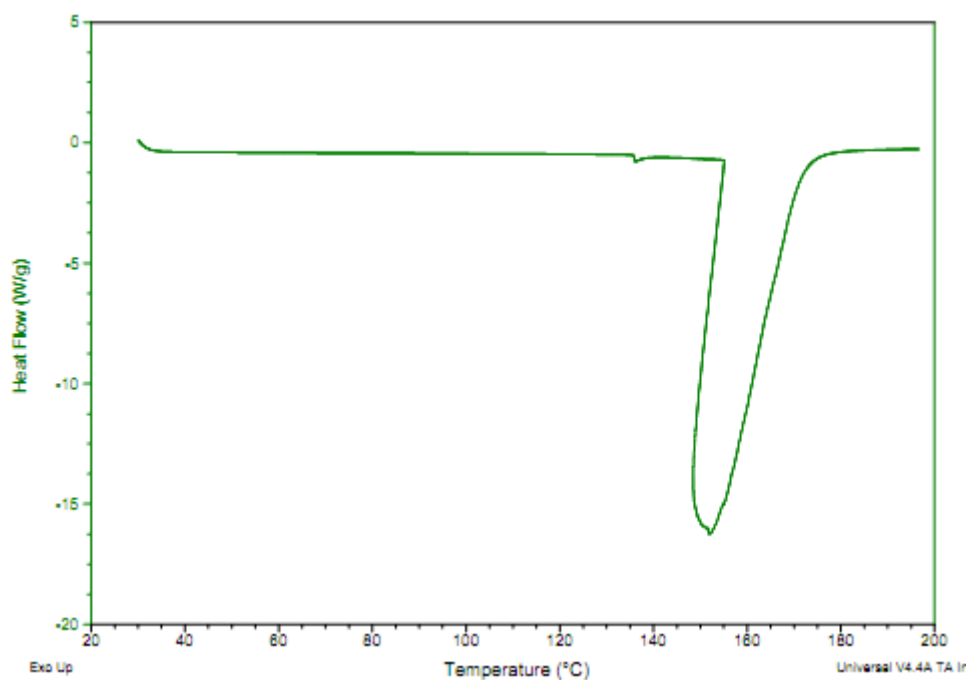
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-9 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติก ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมง



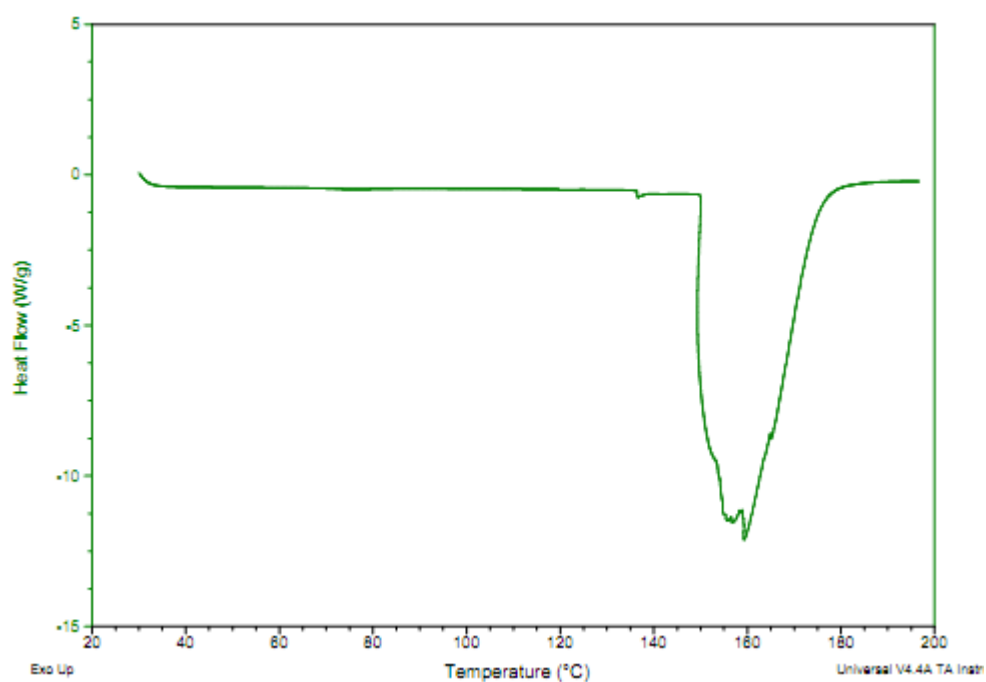
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-10 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติก ระยะเวลาในการบ่ม 24 ชั่วโมง



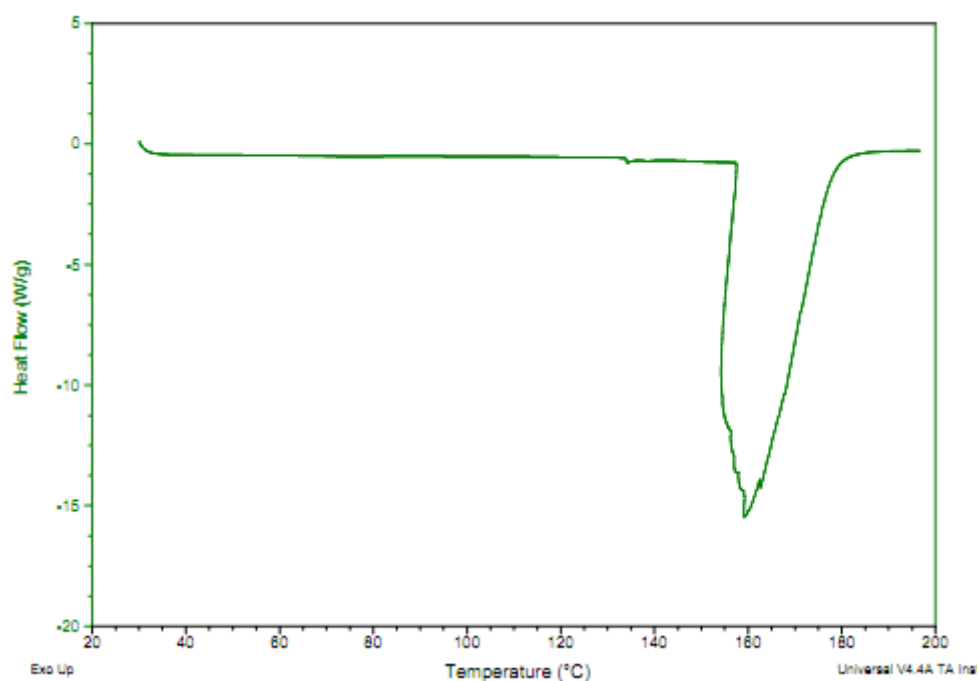
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-11 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติก ระยะเวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง



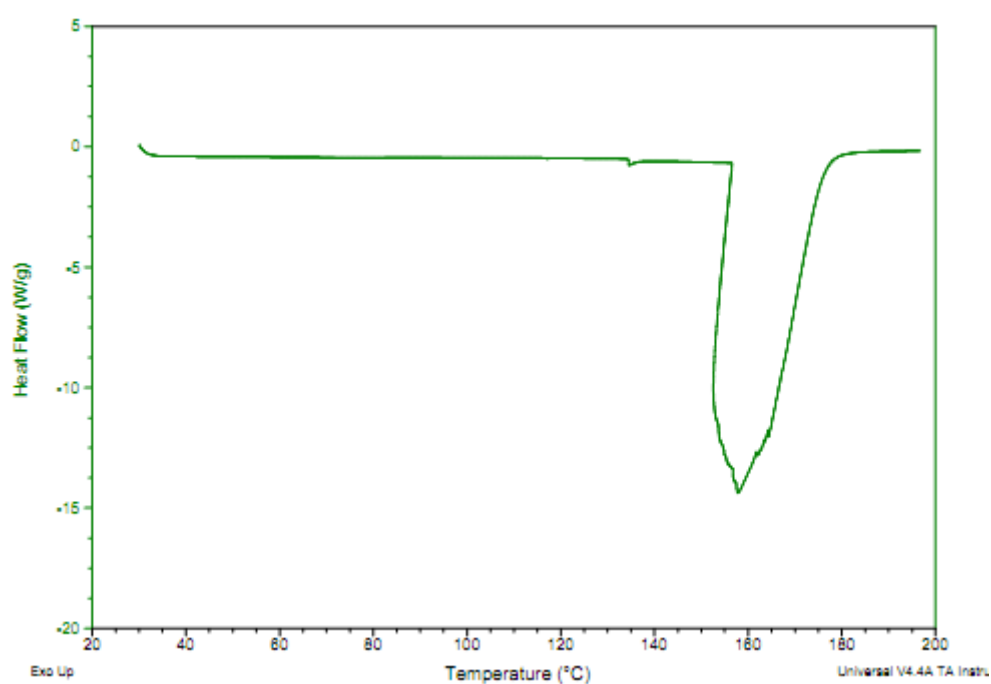
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-12 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติก ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง



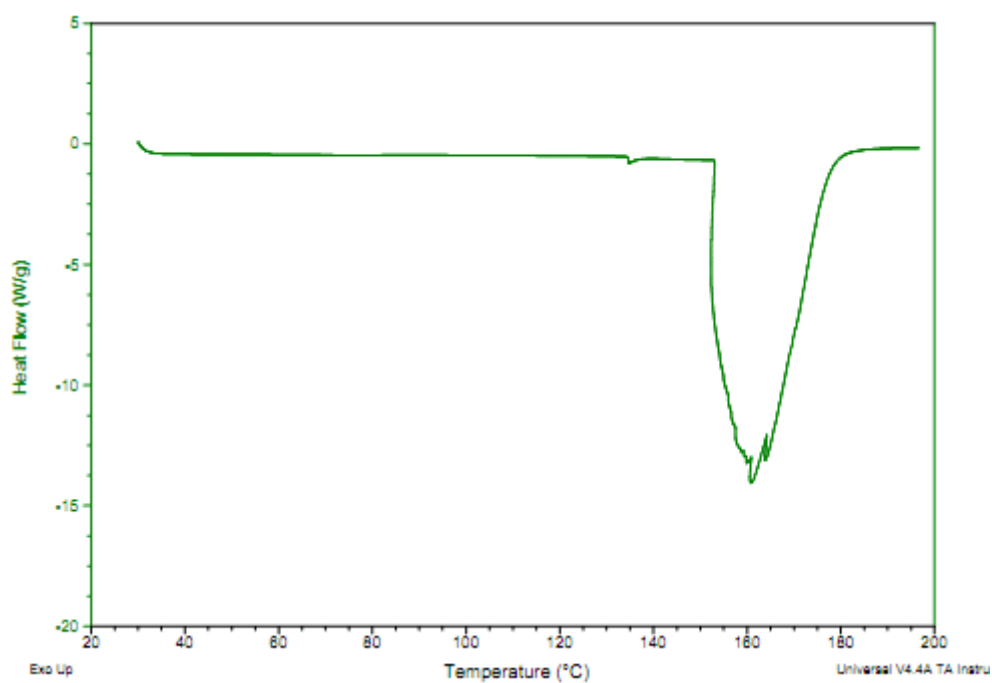
ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-13 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติกร่วมกับเอทานอล
ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมง



ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-14 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติกร่วมกับเอทานอล
ระยะเวลาในการบ่ม 24 ชั่วโมง



ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-15 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติกร่วมกับเอทานอล
ระยะเวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง



ภาพประกอบ ภาคผนวก ค-16 เทอร์โมแกรมของแป้งที่ใช้สารละลายกรดแลคติกร่วมกับเอทานอล
ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง

ภาคผนวก ง
ภาพวัตถุดิบ



ภาพประกอบ ภาคผนวก ง-1 แป้งที่ใช้สารละลายน้ำ กรดแลคติก และกรดซิตริก



ภาพประกอบ ภาคผนวก ง-2 แป้งที่ใช้สารละลายเอทานอล กรดแลคติกในเอทานอล และกรดซิตริกในเอทานอล

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตาราง ภาคผนวก ง-1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ไม่ได้เหนียวนำด้วยความร้อนและ
ได้เหนียวนำด้วยความร้อน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1.ความชื้น					
ชนิดของแป้ง	1.180	1	1.180	1.402	.302
ความคลาดเคลื่อน	3.368	4	.842		
2.โปรตีน					
ชนิดของแป้ง	.136	1	.136	.091	.779
ความคลาดเคลื่อน	6.001	4	1.500		
3.ไขมัน					
ชนิดของแป้ง	.002	1	.002	.496	.520
ความคลาดเคลื่อน	.019	4	.005		
4.เถ้า					
ชนิดของแป้ง	.018	1	.018	4.464	.102
ความคลาดเคลื่อน	.016	4	.004		
5.เส้นใย					
ชนิดของแป้ง	.000	1	.000	.007	.936
ความคลาดเคลื่อน	.054	4	.014		
6.แป้งทนต่อการย่อย					
ชนิดของแป้ง	126.113	1	126.113	148.290	.007*
ความคลาดเคลื่อน	1.701	4	.850		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ภาคผนวก ง-2 การเปรียบเทียบปริมาณแบ่งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 ของแป้งข้าวที่ใช้สารละลาย และระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ชนิดของแป้ง	342.843	39	8.791	16.282	.000*
ความคลาดเคลื่อน	21.597	40	.540		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ภาคผนวก ง-3 การเปรียบเทียบปริมาณแบ่งที่ย่อยได้ของแป้งข้าวที่ใช้สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ชนิดของแป้ง	441.700	39	11.326	36.751	.000*
ความคลาดเคลื่อน	12.327	40	.308		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ภาคผนวก ง-4 การเปรียบเทียบปริมาณแบ่งทั้งหมดของแป้งข้าวที่ใช้สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ชนิดของแป้ง	91.869	39	2.356	2.494	.22
ความคลาดเคลื่อน	37.782	40	.945		

ตาราง ภาคผนวก ง-5 การเปรียบเทียบระดับการเกิดเจลาทีไนซ์ของแป้งข้าวที่ใช้สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ชนิดของแป้ง	16339.076	15	1089.272	912.179	.000*
ความคลาดเคลื่อน	19.106	16	1.194		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ภาคผนวก ง-6 คุณสมบัติทางด้านความร้อนของแป้งข้าวที่ใช้สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1.อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลง					
ชนิดของแป้ง	1.058	7	.151	1.198	.399
ความคลาดเคลื่อน	1.010	8	.126		
2.อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด					
ชนิดของแป้ง	1.720	7	.246	9.238	.303
ความคลาดเคลื่อน	.213	8	.027		
3.อุณหภูมิสุดท้ายการเปลี่ยนแปลง					
ชนิดของแป้ง	33.682	7	4.812	3.231	.061
ความคลาดเคลื่อน	11.914	8	1.489		
4.พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป					
ชนิดของแป้ง	.412	7	.059	2.123	.157
ความคลาดเคลื่อน	.222	8	.028		

ตาราง ภาคผนวก ง-7 คุณสมบัติทางด้านความร้อนส่วนอะไมโลส – ลิพิดของแป้งข้าวที่ใช้สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1.อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลง					
ชนิดของแป้ง	6.304	15	.420	2.054	.082
ความคลาดเคลื่อน	3.274	16	.205		
2.อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด					
ชนิดของแป้ง	11.318	15	.755	2.169	.068
ความคลาดเคลื่อน	5.565	16	.348		
3.อุณหภูมิสุดท้ายการเปลี่ยนแปลง					
ชนิดของแป้ง	35.105	15	2.340	6.297	.000
ความคลาดเคลื่อน	5.946	16	.372		
4.พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป					
ชนิดของแป้ง	.412	15	.059	2.123	.157
ความคลาดเคลื่อน	.222	16	.028		

ตาราง ภาคผนวก ง-8 คุณสมบัติทางด้านความร้อนส่วนแบ่งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 ของแป้งข้าวที่ใช้
สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1.อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลง					
ชนิดของแป้ง	224.739	15	14.983	9.647	.000*
ความคลาดเคลื่อน	24.850	16	1.553		
2.อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด					
ชนิดของแป้ง	543.217	15	36.214	1.911	.105
ความคลาดเคลื่อน	303.276	16	18.955		
3.อุณหภูมิสุดท้ายการเปลี่ยนแปลง					
ชนิดของแป้ง	668.553	15	44.570	2.721	.028*
ความคลาดเคลื่อน	262.069	16	16.379		
4.พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป					
ชนิดของแป้ง	256844.000	15	17122.933	10.952	.000*
ความคลาดเคลื่อน	25016.160	16	1563.510		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ภาคผนวก ง-9 ความคงตัวต่อความร้อนของแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิดที่ 3

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1.อุณหภูมิ 100 °C					
ชนิดของแป้ง	.495	6	.082	26.130	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.022	7	.003		
2.อุณหภูมิ 120 °C					
ชนิดของแป้ง	.080	6	.013	13.453	.002*
ความคลาดเคลื่อน	.007	7	.001		
3.อุณหภูมิ 140 °C					
ชนิดของแป้ง	.213	6	.036	35.031	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.007	7	.001		
4.อุณหภูมิ 160 °C					
ชนิดของแป้ง	76.026	6	12.671	1651.713	.000*
ความคลาดเคลื่อน	.054	7	.008		

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)