

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC 1999)

1.1 อุปกรณ์

- 1.1.1 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 1.1.2 ขาตั้งยึดหลอดทดลอง (Tube Stand)
- 1.1.3 เตาให้ความร้อน (Hot plate)
- 1.1.4 หลอดย่อย (Digester Tube)
- 1.1.5 หน่วยกลั่นเจล์เทค (Kjeltec 1002 Distilling Unit)
- 1.1.6 อุปกรณ์ย่อย (Digester)
- 1.1.7 Exhaust Manifold และ aspirator

1.2 สารเคมี

- 1.2.1 สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. Sulfuric acid; H_2SO_4)
- 1.2.2 ค่ะตะลิสต์ เตรียมโดยผสมคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 8:1
- 1.2.3 สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 (boric acid) ผสมกับอินดิเคเตอร์: ละลายกรด บอริก 400 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 6 ลิตร นำไปตั้งบนเตาให้ความร้อนต้มจนสารละลายหมด จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนจนได้ปริมาตร 9 ลิตร ทิ้งให้เย็น เมื่อสารละลายเย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ให้เติมสารละลายโบรโมครีซอลกรีน (bromocresol green) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร (ละลายโบรโมครีซอลกรีนน้ำหนัก 100 มิลลิกรัม ในเอทานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร) และเติมสารเมทิลเรด (methyl red) 70 มิลลิลิตร (ละลายเมทิลเรดน้ำหนัก 100 มิลลิกรัม ในเอทานอล 10 มิลลิลิตร) เจือจางให้ได้ปริมาตร 10 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าสารละลายให้เข้ากันดี จากนั้นดูดสารละลายบอริกปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่และเติม น้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ถ้าสารละลายยังคงเป็นสีแดงให้ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งเป็นกลาง (สีเทา) คำนวณจำนวนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่จำเป็นต้องเติมลงในสารละลายกรดบอริกปริมาตร 10 ลิตร
- 1.2.4 สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 (sodium hydroxide; NaOH): โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์น้ำหนัก 400 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร
- 1.2.5 สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (hydrochloric acid; HCl): เตรียมสารละลายกรดมาตรฐานโดยการเจือจางไฮโดรคลอริกเข้มข้น 12 นอร์มัล ด้วยน้ำกลั่น

ความเข้มข้นของกรดมาตรฐานจะต้องตรวจสอบโดยการ Standardizes กับโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate): Standard substance

1.2.5.1 ซิงโซเดียมคาร์บอเนต (anhydrous sodium carbonate; Na_2CO_3) ประมาณ 10 กรัม บดให้เป็นผงละเอียดอบไว้ที่อุณหภูมิ 265 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วย้ายมาใส่ในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

1.2.5.2 สารละลายอินดิเคเตอร์: ละลายเมทิลเรดน้ำหนัก 0.1 กรัม ในเอธานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.2.5.3 วิธีการเตรียม: ซิงโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) น้ำหนัก 0.2 กรัม (W1) ใส่ในขวดรูปชมพู่และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 40 มิลลิลิตร เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ 3 หยดไทเทรตจนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของ titrant (HCl) ที่ใช้ (A1) ต้มสารละลายนี้ให้เดือดเป็นเวลา 2-3 นาที ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องอย่างรวดเร็ว จากนั้นไทเทรตต่อจนกระทั่งสีเปลี่ยนเป็นสีชมพูอีกครั้ง บันทึกปริมาตร (A2) คำนวณหาโมลาริตี

$$\text{Molarity (M)} = \frac{18.868 \times W1}{A1 + A2}$$

1.3 วิธีทดลอง

1.3.1 ซิงตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย และใส่ตะลิสต์ประมาณ 7 กรัม ใส่เม็ด Glass beads ลงไป 2-3 เม็ด หยดแอนติโฟม (antifoam) 10 หยด จากนั้นเติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นประมาณ 10-12 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

1.3.2 ตั้งหลอดย่อยบน Stand ปิด heat shield สวม EXHAUST Manifold ลงบนส่วนบนของหลอดย่อยเปิดการทำงาน (power) ของ EXHAUST ตั้ง Stand หลอด และ EXHAUST ลงในเครื่องย่อยที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 420 องศาเซลเซียส

1.3.3 ย่อยเป็นเวลา 5 นาที พร้อมกับตั้งอัตราการไหลของอากาศของ EXHAUST Manifold เต็มที่ จากนั้นลดอัตราการไหลของอากาศลง เพื่อให้ไอกรดไหลวนเวียนอยู่ในระบบ

1.3.4 ย่อยต่อเป็นเวลา 30-45 นาที จนได้สารละลายใส ย้าย Stand พร้อมหลอดและ EXHAUST มาตั้งไว้ข้างๆ เครื่องย่อย ทิ้งไว้ให้เย็น

1.3.5 เปิดก๊อกน้ำหล่อเย็นที่เครื่องกลั่น และเปิดการทำงานของเครื่องกลั่น (Kjeltec) ใส่หลอดเปล่าที่ตำแหน่งกลั่น โยกคั่นโยกของต่างลงมาประมาณ 2-3 ครั้ง จนแน่ใจว่าในท่อต่างไม่มีฟองอากาศหลงเหลืออยู่

1.3.6 อุ่นเครื่องโดยใช้ขวดรูปชมพู่เปล่ารองรับ และหลอดที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งหลอด โดยเปิดไอน้ำ กลั่นเป็นเวลาประมาณ 5 นาที แล้วปิดไอน้ำ นำหลอดและขวดรูปชมพู่ออกจากเครื่องกลั่น

1.3.7 นำขวดรูปชมพู่ที่บรรจุสารละลายบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ไปตั้งไว้ที่ตำแหน่งรองรับของเครื่องกลั่นและเลื่อนฐานขึ้นให้ปลายแท่งแก้วจุ่มอยู่ใต้สารละลาย โดยกรดบอริกจะทำหน้าที่เป็นตัวจับก๊าซแอมโมเนีย (receiver)

1.3.8 นำหลอดย่อยที่เตรียมไว้มาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่ในเครื่องกลั่น ปิดหน้าต่างป้องกันลงมาโยกคันโยกต่างลงมา เปิดไอน้ำโดยเลื่อนคันโยกของ Steam ไปที่ตำแหน่งเปิด (open)

1.3.9 ตั้งเวลาที่ใช้ในการกลั่น 4 นาที หรือกลั่นจนได้ปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร

1.3.10 เมื่อกลั่นเสร็จแล้วเลื่อนคันโยกของ Steam ไปอยู่ที่ตำแหน่งปิด (closed) เลื่อนหน้าต่างป้องกันขึ้นถอดหลอดย่อยออก และนำขวดรูปชมพู่มาไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้สารละลายสีเทา (ถึงจุดยุติ)

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} = \frac{1.401 \times (A - B) \times C}{W}$$

เมื่อ A = ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรกรดที่ใช้ไทเทรตกับแบงค์ (มิลลิลิตร)

C = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มัล)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = 5.95 (\text{ร้อยละไนโตรเจน})$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC 1999)

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 เครื่องชั่งอย่างละเอียด (Analytical balance)

2.1.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

2.1.3 ถ้วยสกัด (Extraction cup)

2.1.4 โถดูดความชื้น (Desiccator)

2.1.5 ทิมเบิล (Thimble) ขนาด 26x60 มิลลิเมตร

2.1.6 Soxtec system HT 1045-001

2.2 สารเคมี

2.1.1 ปีโตรเลียมอีเธอร์ (Petroleum ether)

2.1.2 กระดาษกรองเบอร์ 1

2.3 วิธีทดลอง

2.3.1 ปิดสวิทช์เครื่อง Service Unit และเครื่อง Cooling

2.3.2 บดตัวอย่างที่ต้องการจะวิเคราะห์ให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 3 กรัม บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด จากนั้นนำมาใส่ลงในทิมเบล อุดสำลีบนทิมเบลเพื่อป้องกันมิให้ตัวทำละลายหยดถูกตัวอย่างโดยตรง

2.3.3 นำทิมเบลใส่ใน Soxtec system HT โดยใช้ adaptor สวม

2.3.4 นำถ้วยสกัดไปอบและชั่งน้ำหนัก จากนั้นเติมปีโตรเลียมอีเธอร์ในถ้วยสกัดประมาณ 50-75 มิลลิลิตร จากนั้นนำถ้วยสกัดถ้วยสกัดเข้าไปใน Soxtec system HT

2.3.5 เลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง boiling และสกัดเป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing ทำการ rinsing เป็นเวลา 30-45 นาที (เวลาการ boiling และ rinsing ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง)

2.3.6 ระบายตัวทำละลาย พร้อมกับปิด condenser valve และปิดสวิทช์ของอากาศ

2.3.7 นำถ้วยสกัดถ้วยสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทั้งถ้วยสกัดถ้วยสกัดให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและคำนวณปริมาณไขมันที่ได้คิดเป็นร้อยละตามสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วยสกัดพร้อมไขมัน} - \text{น้ำหนักถ้วยสกัด}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC 1999)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องชั่งอย่างละเอียด (Analytical balance)

3.1.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.1.3 ถ้วยหาความชื้นพร้อมฝา (Moisture can)

3.1.4 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2 วิธีทดลอง

3.2.1 อบชุดถ้วยหาความชื้นที่ล้างสะอาดแล้วในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 ชั่วโมง หรือในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำชุดถ้วยหาความชื้นออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.2.2 ชั่งน้ำหนักถ้วยหาความชื้นพร้อมฝาที่ผ่านการอบแห้งจนมีน้ำหนักคงที่แล้ว บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

3.2.3 ตักตัวอย่างใส่ลงในถ้วยหาความชื้นประมาณ 2 กรัม เกลี่ยให้ตัวอย่างให้กระจายตัวสม่ำเสมอ ในถ้วยหาความชื้น ปิดฝา บันทึกน้ำหนัก

3.2.4 นำชุดถ้วยหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักถ้วยและตัวอย่าง ใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำการอบแห้งตัวอย่างจนมีน้ำหนักคงที่ (2-4 ชั่วโมง)

3.2.5 เมื่อครบเวลาปิดฝาด้วย แล้วนำตัวอย่างใส่ลงในโถที่มีสารดูดความชื้น ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง (ใช้เวลาประมาณ 45 นาที)

3.2.6 นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (ประมาณ 30 นาที)

3.2.7 ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแห้ง บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้

3.2.8 นำตัวอย่างเข้าอบอีกครั้ง (ประมาณ 30 นาที) หลังจากนั้นตั้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ทำซ้ำจนตัวอย่างแห้ง มีน้ำหนักคงที่ (ถ้าน้ำหนักเปลี่ยนแปลง ± 0.002 กรัม ให้ยุติการอบ) บันทึกน้ำหนักสุดท้าย

3.2.9 คำนวณหาปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป

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

4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยโดยวิธีการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง นำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบ และเผาเพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเส้นใย หรือสิ่งที่หายไปหลังจากการเผาส่วนอบแห้งที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง

4.1 วิธีทดลอง

4.1.1 นำตัวอย่างอาหารที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วไปบดลดขนาดด้วย Blender

4.1.2 ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในปิកเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร

4.1.3 เติมสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

4.1.4 นำไปต้มให้เดือดเบาๆ นาน 30 นาที โดยพยายามรักษาระดับของเหลวในปิกเกอร์ให้คงที่โดยการเติมน้ำกลั่นที่ร้อน และคนเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างเกาะติดกับผนังปิกเกอร์

4.1.5 กรองอย่างรวดเร็วผ่านกระดาษกรองบน Buchner ล้างปิกเกอร์ และกากบนกระดาษกรองหลายๆรอบด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน จนกระทั่งน้ำที่ผ่านกระดาษกรองลงมาเป็นกลาง

4.16 เติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 5% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในปิกเกอร์ที่มีกากจากข้อ 5 ปรับปริมาตรของเหลวในปิกเกอร์เป็น 200 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น (จะได้สารละลาย NaOH เข้มข้น 1.25%)

4.17 นำไปต้มให้เดือดเบาๆ นาน 30 นาที โดยพยายามรักษาระดับของเหลวในปิกเกอร์ให้คงที่โดยการเติมน้ำกลั่นที่ร้อน และคนเป็นระยะๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างเกาะติดกับผนังปิกเกอร์

4.18 กรองอย่างรวดเร็วผ่านกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนบน Buchner ล้างปิกเกอร์ และกากบนกระดาษกรองหลายๆรอบด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนหลายๆรอบ และล้างตะกอนด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 1% จากนั้นล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนหลายๆรอบจนกระทั่งน้ำที่ผ่านกระดาษกรองลงมาเป็นกลาง

4.19 ล้างตะกอนด้วยเอทานอล 95% ปริมาณเล็กน้อย 2 รอบ

4.20 นำตะกอนมาระเหยเอาเอทานอลออก และนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 100°C จนน้ำหนักคงที่

4.21 นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนักกากที่ได้

4.22 นำกากที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (ash) บันทึกรูปผล และคำนวณหาปริมาณเส้นใยในอาหารจากสูตร

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\% wet basis)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของกาก} - \text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\% dry basis)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของกาก} - \text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นปราศจากน้ำ}} \times 100$$

หมายเหตุ: รายงานผลการทดลองในรูปของ % dry basis เปรียบเทียบกับ % wet basis

ภาคผนวก ข

เครื่องมือ วัสดุดิบ และขั้นตอนการผลิตเส้นบะหมี่ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

1. เครื่องมือที่ใช้ในโครงการวิจัย



ภาพที่ ข-1 เอกซ์ทรูเดอร์ Poly drive with rheomex R252



ภาพที่ ข-2 เครื่องบดแป้งแบบละเอียด



ภาพที่ ข-3 เครื่องผสมวัตถุดิบ

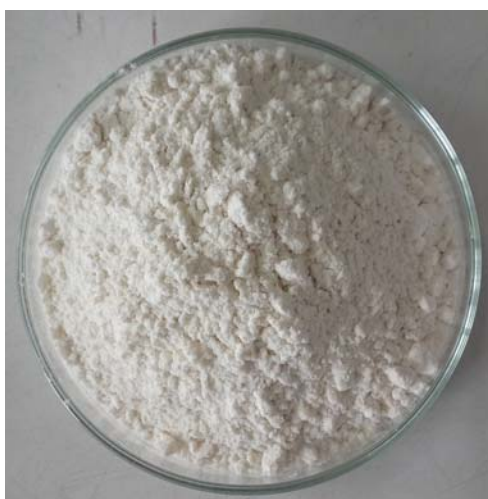


ภาพที่ ข-4 ตู้อบแห้ง

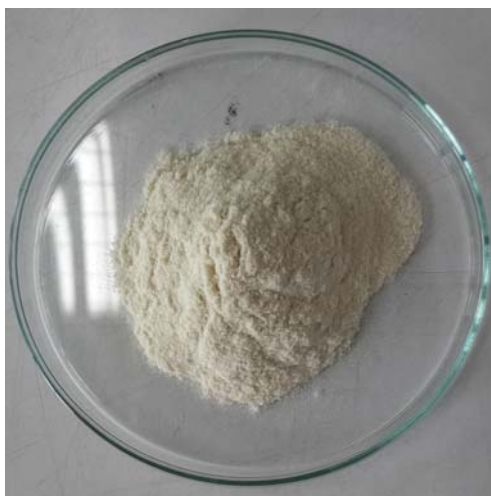
2. วัตถุดิบ



ภาพที่ ข-5 แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง



ภาพที่ ข-6 แป้งข้าวเจ้า



ภาพที่ ข-7 กั้วร็กั้ม

3. ขั้นตอนการผลิต

3.1 ร่อนส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน





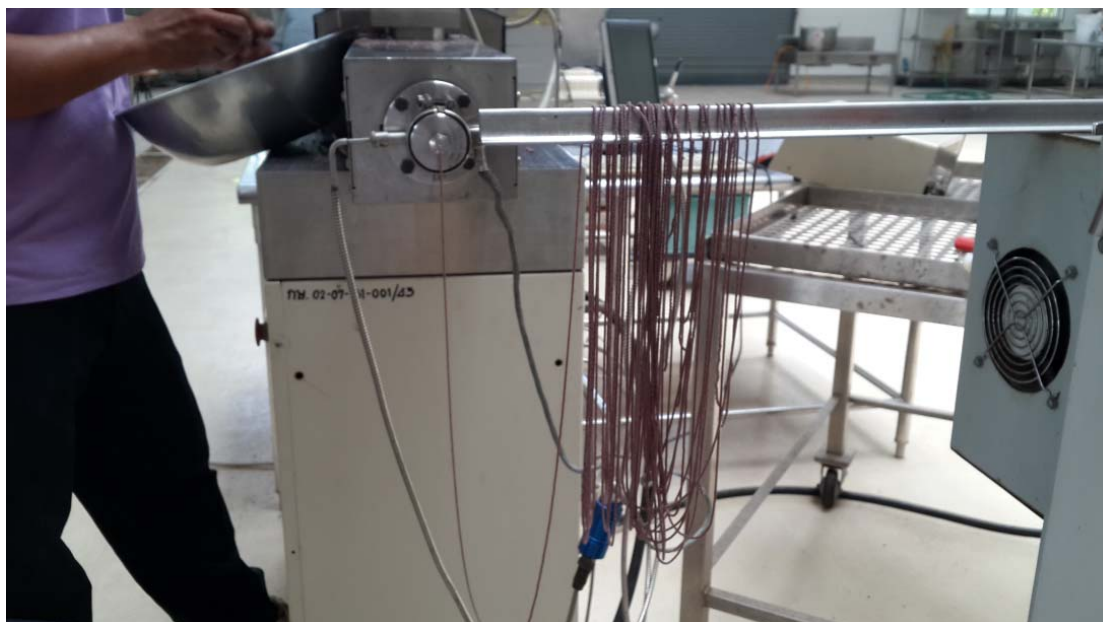
3.2 ตีส่วนผสมให้เข้ากัน





ภาพที่ 14 โดคุกี้ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

3.3 ขึ้นรูปด้วยเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์





3.4 นำเข้าตู้อบแห้ง

