

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพและทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพและทางจุลินทรีย์

ปริมาณ total recovery

$$\text{total recovery (\%)} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งในน้ำตาลสดผง (กรัม)} \times 100}{[\text{ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำตาลสด (กรัม)} + \text{ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน DE 10 (กรัม)}]}$$

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solids) ในน้ำตาลสด

ให้หลอดหยดดูดน้ำตาลสดหยดลงบน prism ของเครื่อง hand refractometer ปิดกระจกบน prism ทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที อ่านค่าที่วัดได้ในระดับสายตาในหน่วยของศาบริกซ์ (°Brix)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids)

ชั่งน้ำหนักน้ำตาลสดผงจำนวน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และ ปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร วัดค่าด้วย hand refractometer

ค่าพีเอชในน้ำตาลสด

ทำการ calibrate เครื่อง pH meter ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน นำ probe ของเครื่องจุ่มลงในน้ำตาลสดให้ปลาย probe สัมผัสกับน้ำตาลสด อ่านค่าพีเอชที่วัดได้จากเครื่อง

ค่าพีเอชในน้ำตาลสดผง

ชั่งน้ำหนักน้ำตาลสดผงจำนวน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร วัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส

ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (total acidity) ของน้ำตาลสด

ชั่งน้ำตาลสด 10 กรัม ลงในฟาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นต้มที่เย็นแล้ว 100 มิลลิลิตร ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH จนกระทั่ง พีเอช 8.0 วัดด้วย pH meter จดปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณหาความเป็นกรดทั้งหมด (เทียบกรดซิดริก)

$$\text{ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไป (มล.)} \times 0.1 \text{ N NaOH} \times 70 \text{ g/mol} \times 0.1}{\text{ปริมาตรของน้ำตาลสด (มล.)}} \quad (\text{เทียบกรดซิตริก})$$

ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (total acidity) ในน้ำตาลสดผง [93]

ชั่งน้ำหนักน้ำตาลสดผงจำนวน 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร แบ่งสารละลายที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ (flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนสีจางลง และทำการไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะได้สีชมพูอ่อน โดยค่าความเป็นกรด (เทียบกรดซิตริก) เท่ากับ

$$\text{ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ไป (มล.)} \times 0.1 \text{ N NaOH} \times 70 \text{ g/mol} \times 100}{1000 \times \text{น้ำหนักน้ำตาลสดผง (กรัม)}}$$

ปริมาณความชื้น [93]

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบในตู้อบตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก ทดลองซ้ำอีกประมาณ 1 ชั่วโมง หรือ จนได้น้ำหนักคงที่

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

ปริมาณโปรตีน [92]

ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 มิลลิลิตร (0.5-1 กรัม) ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ลงในขวด kjeldahl (digestion flask) โดยไม่ให้เปื้อนคอขวด เติมอะตอมิลิสม (โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 96%, คอปเปอร์ซัลเฟต 3.5% และ ซีเลเนียมไดออกไซด์ 0.5%) 10 กรัม แล้วเติมกรดซัลฟูริก 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยในตู้ดูดควันจนได้สารละลายใสไม่มีสี ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปกลั่นโดยเครื่อง kjeldahl ตั้งค่าการเติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 50 ลงไปประมาณ 20 มิลลิลิตร รองรับลิ้งกลั่นด้วยสารละลายกรดบอริก ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร โดยให้ปลายเครื่องควบแน่นจุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริก ซึ่งมีอินดิเคเตอร์ผสมเมธิลเรดและเมธิลีนบลู 2-3 หยด กลั่นจนได้ลิ้งกลั่นประมาณ 50

มิลลิลิตร นำสิ่งกลั่นที่ได้ไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีส้ม ทำแบบลงค์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

$$\text{โปรตีน (\%)} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times F \times 1400 \times CF}{(\text{Emg})}$$

V_1 = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริก 0.1 N ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริก 0.1 N ที่ใช้ไตเตรตแบบลงค์

$N = 0.1 \text{ N}$

$F = 1$ (ระดับความเจือจาง)

$\text{Emg} = \text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 1000$ เป็นมิลลิกรัม

$1400 = \text{ปริมาณไนโตรเจน}$

$CF = \text{ค่าตัวแปรสำหรับเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นโปรตีน (6.25)}$

ปริมาณไขมัน [93]

ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้วประมาณ 2 กรัม ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักใส่ลงในทิมเบลที่อบแห้งแล้ว ปิดด้วยจุกกลาสี สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส ปริมาตร 150-200 มิลลิลิตร ในชุดสกัดไขมัน (soxhlet extraction apparatus) ใช้เวลาสกัดราว 16 ชั่วโมง แล้วนำทิมเบลออก อบกระดาษกรองที่ห่อตัวอย่างไว้ ที่ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณไขมันโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{(a - b)}{w} \times 100$$

$a = \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง และกระดาษกรองที่ยังไม่ได้สกัดไขมันเป็นกรัม}$

$b = \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งและกระดาษกรองที่สกัดไขมันเป็นกรัม}$

$w = \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเป็นกรัม}$

ปริมาณเถ้า [93]

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ใน crucible ที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน แล้วนำตัวอย่างไปเผาจนกระทั่งตัวอย่างไม่มีควัน นำไปเผาต่อใน muffle furnace ที่ 550 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือ จนกระทั่งได้แก๊สที่มีสีขาว ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก ทดลองซ้ำอีกประมาณครึ่งชั่วโมงหรือจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณแก๊สโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณแก๊ส (\%)} = \frac{(a - b)}{w} \times 100$$

a = น้ำหนักครุชิล และตัวอย่างก่อนเผา เป็นกรัม

b = น้ำหนักครุชิล และตัวอย่างหลังเผา เป็นกรัม

w = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย [93]

นำตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วไปต้มในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ จำนวน 200 มิลลิลิตร นาน 30 นาที เพื่อสลายคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน กรองสารละลายผ่าน Buchner funnel ล้างกากด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งไม่มีกรดเหลืออยู่ในกาก เทกากกลับไปในฟลาสก์โบเดม ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.313 นอร์มัล จำนวน 200 มิลลิลิตร ล้างกากออกจากกระดาษกรอง นำไปต้มเดือดนาน 30 นาที กรองสารละลายอีกครั้ง แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนแน่ใจว่าไม่มีด่างเหลืออยู่ ล้างกากด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง และไดเอทิลอีเทอร์อีก 3 ครั้ง นำกากที่เหลือทั้งหมดใส่ลงในกระดาษกรองที่ปราศจากเถ้า หรือจานกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วล้างส่วนที่ติดกระดาษกรองด้วยน้ำร้อนเล็กน้อย นำไประเหยให้แห้ง แล้วอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งหาน้ำหนักของกากแห้งที่เหลือ นำกากไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้แก๊สสีขาว ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งหาน้ำหนักแก๊สที่ได้ คำนวณหาปริมาณเส้นใยเป็นร้อยละ

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักแห้งของกาก} - \text{น้ำหนักเถ้า})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ} = 100 - (\text{ปริมาณความชื้น} + \text{ปริมาณโปรตีน} + \text{ปริมาณไขมัน} + \text{ปริมาณเถ้า} + \text{ปริมาณเส้นใย})$$

Solubility [51]

อบกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน นานประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักกระดาษกรองและอบต่อจนกว่าน้ำหนักที่ได้คงที่ บันทึกผลเป็นน้ำหนักเริ่มต้น เก็บกระดาษกรองไว้ใน desiccator ซึ่งน้ำหนักตัวอย่าง 3.5 ± 0.2 กรัม ละลายในน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส ปริมาณ 50 มิลลิลิตร โดยใช้ magnetic stirrer ของ P-Selecta รุ่น AGIMATIC-N ที่ความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที นาน 0.5 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง โดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศช่วย นำกระดาษกรองพร้อมส่วนที่ไม่ละลายอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ บันทึกเป็นน้ำหนักสุดท้าย คำนวณค่าการละลายในรูปค่าร้อยละของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำหรือร้อยละของตะกอนที่เหลือ โดยค่าร้อยละของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำหรือร้อยละของตะกอนที่เหลือ = $[(\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}) / \text{น้ำหนักเริ่มต้น}] \times 100$

Bulk density ของน้ำตาลสดผง

ชั่งน้ำหนักน้ำตาลสดผง 20 กรัม บรรจุลงในกระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งยึดติดบนเครื่องสั่น เปิดเครื่องสั่นที่ระดับ 90 เป็นเวลา 5 นาที ทำการบันทึกค่าปริมาตรของผงจากการสั่นแล้ว ค่าของความหนาแน่น เท่ากับ อัตราส่วนของน้ำหนักผงน้ำตาลสดต่อปริมาตรของผงน้ำตาลสด ที่ปรากฏหลังจากการสั่นแล้ว (กรัม/มิลลิลิตร)

การวัดค่า water activity (A_w)

ก่อนใช้เครื่องต้องเปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง จนอุณหภูมิของเครื่องคงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส นำน้ำตาลสดผงมาใส่ในตลับพลาสติกที่แห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 1.2 เซนติเมตร โดยใส่ลงไปประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของความจุตลับ นำตลับวางใน chamber ของเครื่อง ตั้งทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมงจนอุณหภูมิภายใน chamber คงที่ ที่ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ภาวะสมดุลย์ (%RH) แล้วเปลี่ยนเป็นค่า A_w จากสูตร

$$\text{ค่า } A_w = \%RH / 100$$

การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter lab

1. กดเปิดเครื่อง warm up เครื่องประมาณ 45 นาที
2. กดปุ่ม CAL เพื่อ standardize เครื่องโดยวางแผ่นมาตรฐานสีดำ บนที่วางกด read key วางแผ่นสีขาวกด read key

3. จาก read mode กด set up key เพื่อเข้าสู่ setup mode
4. กดลูกศรไปทางซ้ายหรือขวาเพื่อเลือกตัวเลข 0-999
5. กดลูกศรลง เข้าสู่ mode name เพื่อตั้งชื่อ
6. กดลูกศรทางขวา เพื่อเลือกค่า L เป็นค่าแรกที่ต้องการทดสอบกด ready key เพื่อ accept ค่า L

7. กดลูกศรไปยัง display mode เลือกปุ่ม difference
8. กดลูกศรเพื่อเลือกค่าที่ต้องการ

Read internal : Single

Sample D : ON

Average : A

Color index : L* a* b

Color difference scale $\Delta L^* a^* b$

Color difference index $y(D 1925)$

9. กดลูกศรเลื่อนมายัง standard mode กดลูกศรทางซ้ายหรือทางขวามือเพื่อเลือก physical
10. กดลูกศรเพื่อเลือก 1st target value
11. ใส่ตัวอย่างมาตรฐาน (สีที่คล้ายกับตัวอย่างที่ต้องการวัด) บนที่วางกด ready key เพื่อวัดค่าสีของตัวอย่างมาตรฐาน

12. กดลูกศรเลื่อนลงมายัง first tolerance value , ΔL^* เลือกค่า tolerance :

$$\Delta L^* \pm 0.5 \quad \Delta b^* \pm 0.5 \quad \Delta a^* \pm 0.5 \quad \Delta y(D \pm 0.5)$$

13. กด set up key อีกครั้งเพื่อเข้าสู่ read mode ค่า Standard value จะแสดงผลที่หน้าจอ

14. นำน้ำตาลสดผง 30 กรัม ใส่ในกระบอกแก้วสำหรับใส่ตัวอย่างของเครื่องวางบนที่วางแล้วกด read key สามารถอ่านค่าสีของตัวอย่างและสีมาตรฐานในค่า $L^* a^* b^*$ ถ้าความแตกต่างน้อยกว่า 0.5 ค่า pass จะปรากฏขึ้นที่ difference ถ้าค่ามากกว่า 0.5 จะแสดงตัวอักษร fail

ปริมาณจุลินทรีย์ [93]

สุ่มตัวอย่างน้ำตาลสดผงตัวอย่างละ 2 ถัง แต่ละถังนำมาเตรียมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลสด 3 ระดับ จำนวน 2 ขั้ว โดยวิธีปลอดเชื้อ (Aseptic technique) ซึ่งตัวอย่าง 11 กรัม

ผสม 0.1% peptone water 99 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 2 นาที จะได้สารละลาย dilution 10^{-1} แล้วทำเจือจางให้ได้ dilution 10^{-2} และ 10^{-3} นำไปวิเคราะห์ ดังนี้

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) โดยปิเปตสารละลาย dilution 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3} มา 1 มิลลิลิตร ลงใน sterile plate โดยปิเปต dilution ละ 2 plate แล้วจึง pour plate ด้วย plate count agar บ่มเชื้อที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับ plate ที่มีจำนวนโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี คำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมของตัวอย่าง

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด} = \text{จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้} \times \text{Factor of dilution}$$

วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา โดยปิเปตตัวอย่างที่เตรียมไว้ 0.1 มิลลิลิตร บนอาหารเลี้ยงเชื้อ rose-bengal chloramphenical agar โดยใช้วิธี spread plate technique บ่มเชื้อที่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Lane & Eynon [93]

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก 1 กรัม เติมสารละลาย carez I&II 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตร ให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ในขวดปรับปริมาตร ที่ใส่ไว้สักระยะหนึ่งด้วย กระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บตัวอย่างที่กรองได้ไปไทเตรตกับสารละลาย fehling I&II 10 มิลลิลิตร โดยใส่ glass bead 2-3 เม็ด ต้มให้เดือดบน hot plate ขณะไทเตรต ไทเตรตกับสารละลายตัวอย่างจนสีน้ำเงินเริ่มจางลง หยด methylene blue 1 หยด ไทเตรตต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป เหลือตะกอนสีส้มแดง (แดงอิฐ) จดปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) คำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จากตาราง invert sugar ที่ fehling solution 10 มิลลิลิตร และคิดเทียบกลับเป็น % reducing sugar (D1)

วิเคราะห์ปริมาณ Non-reducing sugar

ชั่งตัวอย่างมา 1 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตร ทำการ hydrolysed ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2.5% โดยปริมาตร ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำมาตั้งบน water bath 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปรับให้เป็นกลางด้วย 5M โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ litmus paper เป็น indicator ปรับปริมาตรสารละลายตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นครบ 100 มิลลิลิตร กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้ไปไทเตรตกับสารละลาย fehling I&II 25

มิลลิลิตร ทำการไตเตรตเหมือนกับ reducing sugar จดปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้
 คำนวณหาปริมาณน้ำตาล non-reducing จากตาราง invert sugar ที่ fehling solution 25
 มิลลิลิตร และ คิดเทียบกลับเป็น % reducing sugar (D2)

การคำนวณหาปริมาณ non-reducing sugar ได้จาก

$$\% \text{ sucrose} = \% \text{ Total invert sugar} \times 0.95$$

$$= (D2 - D1) \times 0.95$$

เมื่อ $D1 = \% \text{ Invert sugar before inversion}$

$$D2 = \% \text{ Invert sugar after inversion}$$

$$\text{Total sugar} = D1 + \% \text{ sucrose}$$

ภาคผนวก ข

สูตรผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลสดผงเป็นสารให้ความหวาน

ภาคผนวก ข

สูตรผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลสดผงเป็นสารให้ความหวาน

ลวดช่องน้ำกะทิ [108]

ส่วนผสม

น้ำกะทิ	2 ถ้วยตวง
เกลือป่น	1/2 ช้อนชา
น้ำตาลปีก	1 ถ้วยตวง

วิธีทำ

นำน้ำกะทิ น้ำตาลปีก เกลือป่น ผสมให้เข้ากัน ต้มให้เดือด กรองด้วยผ้าขาวบาง

วิธีรับประทาน ใส่ตัวลวดช่องแล้วตามด้วยน้ำกะทิลดลงไป

ขนมถ้วย [109]

ส่วนผสมตัวขนม

แป้งข้าวเจ้าชนิดละเอียด	1 ถ้วย
น้ำตาลปีก	1 ถ้วย
น้ำ	2 ถ้วย

ส่วนผสมหน้าขนม

แป้งข้าวเจ้า	1 ถ้วย
น้ำกะทิชนิดข้น	2 ถ้วย
เกลือป่น	1 ช้อนชา

วิธีทำ

นวดแป้งข้าวเจ้ากับหัวกะทิ และเกลือป่น เติมน้ำกะทิ กรองด้วยผ้าขาวบาง ชิมให้มีรสเค็มจะทำให้อร่อยขึ้น ตักแป้งหยอดลงในถ้วยที่ร้อน (ต้องนั่งถ้วยให้ร้อนก่อน) พอหยอดแป้งหมด ปิดฝาหลังถึงกะพอแป้งสุก หยอดหน้าขนม ปิดฝา พอสุกตักถ้วยใส่ถาดพอเย็นใช้ไม้ไผ่เหลาเหมือนพายอันเล็ก ๆ ตักออกจากถ้วย จะตักต้องชุบน้ำ

ขนมถ้วยตะไลจะมีเนื้อกันถ้วยเป็นสีน้ำตาลอ่อน ผิวหน้าเป็นสีขาวขรุขระ เพราะมีกะทิ รสหวานมันเค็มกะทิและหวานน้ำตาลปีก

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (hedonic scale scoring test preference)

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (hedonic scale scoring test preference)

ชื่อ..... วันที่..... ชุดที่.....
ผลิตภัณฑ์..น้ำตาลสดผง, กะทิสดช่อง, ขนมหั้วย เวลา.....

คำชี้แจง ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบทำมาจากน้ำตาลสดผง โปรดทดสอบลักษณะของตัวอย่าง และให้ระดับความชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในแต่ละลักษณะที่ใช้ทดสอบ โดยใส่คะแนนที่เหมาะสมลงในช่อง เพื่อแสดงให้เห็นว่า ท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด โปรดให้เหตุผลในการอธิบายความรู้สึกของท่าน การแสดงความรู้สึกของท่านอย่างแท้จริงจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทดลองครั้งนี้

9 คะแนน = ชอบมากที่สุด

5 คะแนน = เฉยๆ

8 คะแนน = ชอบมาก

4 คะแนน = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 คะแนน = ชอบปานกลาง

3 คะแนน = ไม่ชอบปานกลาง

6 คะแนน = ชอบเล็กน้อย

2 คะแนน = ไม่ชอบมาก

1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะที่ใช้ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง			
สี				
กลิ่น				
รส				
การละลาย				
การยอมรับรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....

ขอขอบคุณ

ภาคผนวก ง

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)

ภาคผนวก ง

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer)

ในงานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย Model L-8 ซึ่งผลิตโดยบริษัท Okawara Kakohki จำกัด ประเทศญี่ปุ่น ความสามารถในการอบแห้ง (drying capacity) คิดจากปริมาณน้ำที่ระเหยต่อชั่วโมงอยู่ระหว่าง 3 กิโลกรัม/ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการอบแห้ง ลักษณะการไหลของอากาศร้อนกับสารละลายเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (co-current flow) ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้ง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.1 เครื่องทำอากาศร้อนชนิดขดลวดความร้อน (electric heater) แบบ U sheath ขนาดมอเตอร์ 8.5 กิโลวัตต์ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุด 250 องศาเซลเซียส

3.6.2 ปั๊มป้อนของเหลว (feed pump) ชนิด tubing pump ยี่ห้อ Isowateg รุ่น MHRE/150) ขนาดมอเตอร์ 0.025 กิโลวัตต์ ความสามารถในการป้อนของเหลวสูงสุด 6 ลิตร/ชั่วโมง

3.6.3 หัวฉีด (atomizer) แบบ Rotary disc atomizer รุ่น OCA-008B (Disc รุ่น MC-50 Patent No.1666076 in Japan) ขนาดมอเตอร์ 0.4 กิโลวัตต์ ความเร็วในการหมุน 5,000-40,000 รอบ/นาที เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร

3.6.4 ห้องอบแห้ง (drying chamber) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มิลลิเมตร Cylindrical สูง 560 มิลลิเมตร Conical สูง 650 มิลลิเมตร ผนังทรงกรวยทำมุมเท่ากับ 60 องศา ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) SUS 304

3.6.5 ไส้โคลน (cyclone) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร x สูง 450 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304

3.6.6 พัดลมดูดอากาศ (exhaust fan) ชนิด turbo fan ขนาดมอเตอร์ 0.4 กิโลวัตต์ ความสามารถเท่ากับ 3.5 ลูกบาศก์เมตร/นาที

3.6.7 ตู้ควบคุมการทำงาน (control panel) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ electric control panel สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องทำให้อากาศร้อน หัวฉีด พัดลมดูดอากาศ หลังคาห้องอบแห้ง และ ไฟส่องสว่างภายในห้องอบแห้ง อีกส่วนหนึ่ง คือ pneumatic control panel สำหรับควบคุมความดันหัวฉีด

3.6.8 อุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่ พ้อส่งตัวอย่าง (transport) ชุดกรองอากาศก่อนเข้าเครื่อง
ทำความร้อน ภาชนะเก็บผลิตภัณฑ์ สายยางป้อนของเหลว เป็นต้น

ภาคผนวก จ

คุณสมบัติของมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก จ

คุณสมบัติของมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้ในการวิจัย

มอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้ในการทดลองยี่ห้อ Maltodex 100 จากบริษัท Abbra จำกัด
มีคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ ดังนี้

ปริมาณความชื้น	ร้อยละ 6 (max.)
ค่าสมมูลย์เดกซ์โตรส	10-13
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	
กลูโคส	ร้อยละ 1 โดยประมาณ
ไดแซคคาไรด์	ร้อยละ 2 โดยประมาณ
โพลีแซคคาไรด์	ร้อยละ 97 โดยประมาณ
คุณสมบัติทางจุลินทรีย์	
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	1,000 โคโลนี/กรัม (max.)
เชื้อรา	50 โคโลนี/กรัม (max.)
ยีสต์	50 โคโลนี/กรัม (max.)
Salmonella	neg.
E.coli	neg.
C-S-R spores	50/10 กรัม (max.)

ที่มา : บริษัท Abbra จำกัด

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตอน 2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลสดผงบ่อยโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ในการทดลองศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลสดผงบ่อยโดยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ได้จัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial experiment) ซึ่งสามารถศึกษาผลของปัจจัยได้หลาย ๆ ปัจจัยในการทดลองเดียวกัน รวมทั้งผลของปัจจัยร่วม (interaction effects) ซึ่งปัจจัย และ ระดับของปัจจัยที่เลือกศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ อุณหภูมิลมร้อนเข้า ที่ 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน ที่ 9.6, 17.4 และ 25.2 มล./นาที่ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน ที่ 40, 45 และ 50 องศาบริกซ์ นำน้ำตาลสดผงบ่อยที่ผลิตได้มาวัดคุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณ total recovery ปริมาณความชื้น ค่า A_w ค่า L^* ค่า a^* ค่า b^* ค่า bulk density และ ค่า solubility แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ได้ผลดังตาราง 21-24 ดังนี้

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ total recovery ของน้ำตาลสดผงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 100-120 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 9.6, 17.4 และ 25.2 มล./นาที และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน 40-50 องศาบริกซ์

SOV	df	P-value
อุณหภูมิลมร้อนเข้า (A)	2	0.000 *
อัตราการป้อน (B)	2	0.003 *
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน (C)	2	0.000 *
AB	4	0.545
AC	4	0.687
BC	4	0.653
ABC	8	0.171
Block	1	0.197
Error	26	
Total	54	

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้น และ ค่า A_w ของน้ำตาลสดผงที่
ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 100-120 องศาเซลเซียส
อัตราการป้อน 9.6, 17.4 และ 25.2 มล./นาที่ และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน
40-50 องศาปริกซ์

SOV	df	P-value	
		ปริมาณความชื้น	ค่า A_w
อุณหภูมิลมร้อนเข้า (A)	2	0.000*	0.000*
อัตราการป้อน (B)	2	0.000*	0.000*
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน (C)	2	0.000*	0.000*
AB	4	0.000*	0.000*
AC	4	0.125	0.079
BC	4	0.000*	0.481
ABC	8	0.000*	0.000*
Block	1	0.118	0.028*
Error	134		
Total	162		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ค่า a^* ค่า b^* ของน้ำตาลสดผงที่ผ่านการ
 ทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 100-120 องศาเซลเซียส
 อัตราการป้อน 9.6, 17.4 และ 25.2 มล./นาที่ และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน
 40-50 องศาบริกซ์

SOV	df	P-value		
		L^*	a^*	b^*
อุณหภูมิลมร้อนเข้า (A)	2	0.000*	0.000*	0.000*
อัตราการป้อน (B)	2	0.000*	0.000*	0.000*
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน (C)	2	0.000*	0.000*	0.000*
AB	4	0.000*	0.000*	0.000*
AC	4	0.000*	0.000*	0.352
BC	4	0.000*	0.000*	0.000*
ABC	8	0.000*	0.000*	0.000*
Block	1	0.000*	0.610	0.020*
Error	134			
Total	162			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า bulk density และ ค่า solubility ของ
 น้ำตาลสดผงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 100-120 องศา
 เซลเซียส อัตราการป้อน 9.6, 17.4 และ 25.2 มล./นาที่ และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของ
 สารป้อน 40-50 องศาบริกซ์

SOV	df	P-value	
		Bulk density	solubility
อุณหภูมิลมร้อนเข้า (A)	2	0.000*	0.142
อัตราการป้อน (B)	2	0.000*	0.173
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน (C)	2	0.000*	0.121
AB	4	0.000*	0.933
AC	4	0.000*	0.913
BC	4	0.000*	0.160
ABC	8	0.000*	0.318
Block	1	1.000	0.000*
Error	134		
Total	162		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้น และ ค่า A_w ของน้ำตาลสดผงที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในน้ำตาลสด เท่ากับ 30 : 70, 40 : 60 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

SOV	df	P-value	
		ปริมาณความชื้น	ค่า A_w
ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10	2	0.002*	0.006*
Error	24		
Total	27		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า L^* ค่า a^* ค่า b^* ของน้ำตาลสดผงที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในน้ำตาลสด เท่ากับ 30 : 70, 40 : 60 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

SOV	df	P-value		
		L^*	a^*	b^*
ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10	2	0.000*	0.000*	0.000*
Error	24			
Total	27			

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า bulk density และ ค่า solubility ของ น้ำตาลสดผงที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 ต่อ ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในน้ำตาลสด เท่ากับ 30 : 70, 40 :60 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

SOV	df	P-value	
		Bulk density	Solubility
ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10	2	0.000*	0.000*
Error	24		
Total	27		

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ น้ำตาลสดผงที่เตรียมจากอัตราส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 ต่อ ปริมาณ ของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ในน้ำตาลสด เท่ากับ 30 : 70, 40 :60 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

SOV	df	P-value						
		สี	กลิ่น	รสชาติ	การละลาย	การกระจายตัว	ลักษณะปรากฏ	การยอมรับรวม
ปริมาณมอลโต-เด็กซ์ตริน DE 10	2	0.000*	0.343	0.000*	0.041*	0.014*	0.001*	0.184
Block	14	0.082	0.243	0.092	0.006*	0.276	0.361	0.211
Error	73							
Total	90							

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตอน 5 ศึกษาการนำน้ำตาลสดผงที่ผลิตได้ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ผลิตภัณฑ์

นำน้ำตาลสดผงที่ผลิตได้ไปประยุกต์ใช้เป็นสารให้ความหวานในการทำขนมลอดช่องน้ำกะทิ และ ขนมถ้วย เปรียบเทียบกับการใช้น้ำตาลปึกเป็นสารให้ความหวาน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมถ้วย และขนมลอดช่องน้ำกะทิ แสดงดังตาราง 30-31

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมถ้วยที่ใช้น้ำตาลสดผงเป็นสารให้ความหวาน เปรียบเทียบกับขนมถ้วยที่ใช้น้ำตาลปึกเป็นสารให้ความหวาน

SOV	df	P-value			
		สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
ขนมถ้วย	1	0.819	0.543	0.117	0.722
Block	14	0.073	0.709	0.030*	0.047*
Error	44				
Total	60				

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมลอดช่องน้ำกะทิที่ใช้น้ำตาลสดผงเป็นสารให้ความหวาน เปรียบเทียบกับขนมลอดช่องน้ำกะทิที่ใช้น้ำตาลปึกเป็นสารให้ความหวาน

SOV	df	P-value			
		สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับรวม
ขนมลอดช่องน้ำกะทิ	1	0.707	0.005*	0.000*	0.000*
Block	14	0.179	0.006*	0.223	0.008*
Error	44				
Total	60				

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตาราง 32 ปริมาณ total recovery ของน้ำตาลสดผงที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้
อุณหภูมิลมร้อนเข้า 100-120 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 9.6, 17.4 และ 25.2
มล./นาที่ และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน 40-50 องศาบริกซ์

อุณหภูมิลมร้อนเข้า (°C)	อัตราการป้อน (ml/min)	ความเข้มข้นเริ่มต้น (°Brix)	total recovery (%)
100	9.6	40	93.98 ^{abcd} ± 1.29
		45	94.16 ^{abcd} ± 0.5
		50	89.45 ^{defg} ± 3
	17.4	40	93.82 ^{abcd} ± 1.46
		45	94.05 ^{abcd} ± 1.93
		50	86.99 ^g ± 5.87
	25.2	40	91.09 ^{cdefg} ± 0.19
		45	87.16 ^{fg} ± 1.73
		50	88.12 ^{efg} ± 1.79
110	9.6	40	96.51 ^{ab} ± 0.77
		45	95.51 ^{abc} ± 0.51
		50	92.1 ^{abcde} ± 1.68
	17.4	40	96.52 ^{ab} ± 3.35
		45	93.48 ^{abcd} ± 2.21
		50	91.44 ^{cdefg} ± 0.28
	25.2	40	92.87 ^{abcde} ± 1.81
		45	95.4 ^{abc} ± 0.24
		50	91.18 ^{cdefg} ± 0.54
120	9.6	40	95.99 ^{abc} ± 2.39
		45	96.81 ^a ± 1.3
		50	91.83 ^{bcd} ± 0.03
	17.4	40	93.7 ^{abcd} ± 0.81
		45	93.47 ^{abcd} ± 1.87
		50	91.84 ^{bcd} ± 0.27
	25.2	40	92.49 ^{abcde} ± 3.6
		45	94.99 ^{abc} ± 2.19
		50	89.78 ^{defg} ± 0.92

a,b,...,m ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ภาคผนวก ข

การคำนวณต้นทุนการผลิต

ภาคผนวก ช

การคำนวณต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนราคาของน้ำตาลสดผงที่ผลิตได้

การคำนวณต้นทุนราคาของน้ำตาลสดผงที่ผลิตได้ใช้การคำนวณตามการคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานในอุตสาหกรรมเกษตรของ จีรพรรณ กุลดิลก และคณะ [95] ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนทั้งหมด} &= \text{ต้นทุนค่าวัตถุดิบ} + \text{ต้นทุนค่าแรงงาน} + \text{ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ โดยที่} \\ \text{ต้นทุนค่าวัตถุดิบ} &= 0.52 \times \text{ต้นทุนรวม} \\ \text{ต้นทุนค่าแรงงาน} &= 0.32 \times \text{ต้นทุนรวม} \\ \text{ต้นทุนอื่น ๆ} &= 0.16 \times \text{ต้นทุนรวม}\end{aligned}$$

ตาราง 20 ราคาค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลสดผง 100 กรัม โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย

วัตถุดิบ	ราคา (บาทต่อ 1000 กรัม)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ราคา (บาท)
น้ำตาลสด (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 15 °Brix)	6	454.497	2.726
มอลโตเดกซ์ตริน DE 10	25	41.19	1.029
ต้นทุนวัตถุดิบ			3.755

ต้นทุนค่าวัตถุดิบ 3.755 บาท

$$\text{ต้นทุนค่าวัตถุดิบ} = 0.52 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

$$\text{ต้นทุนรวม} = \text{ต้นทุนค่าวัตถุดิบ} / 0.52$$

$$= 3.755 / 0.52$$

$$= 7.22 \text{ บาท}$$

$$\text{ต้นทุนค่าแรงงาน} = 0.32 \times \text{ต้นทุนรวม}$$

$$= 0.32 \times 7.22$$

$$= 2.31 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ต้นทุนอื่น ๆ} &= 0.16 \times \text{ต้นทุนรวม} \\
 &= 0.16 \times 7.22 \\
 &= 1.15 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ต้นทุนทั้งหมด} &= \text{ต้นทุนค่าวัตถุดิบ} + \text{ต้นทุนค่าแรงงาน} + \text{ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ} \\
 &= 3.755 + 2.31 + 1.15 \\
 &= 7.215 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้นทุนทั้งหมดในการผลิตน้ำตาลสดผง 100 กรัม โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย เท่ากับ 7.22 บาท

การคำนวณต้นทุนการผลิตโดยสมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป [96] พบว่า โครงสร้างต้นทุนการผลิตผลไม้อบแห้งของประเทศไทย มีดังนี้ ค่าวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละ 30 ค่าภาชนะบรรจุและหีบห่อซึ่งรวมค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรด้วยคิดเป็นร้อยละ 15 ค่าจ้างแรงงานรวมดอกเบี๋ยและค่าใช้จ่ายทางการบริหารคิดเป็นร้อยละ 10 และ ค่าพลังงานคิดเป็นร้อยละ 45 ดังนั้น ต้นทุนการผลิตน้ำตาลสดผง 100 กรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ 3.76 บาท จะมีต้นทุนรวมเท่ากับ $(100 \times 3.76) / 30$ เท่ากับ 12.51 บาท

ภาคผนวก ช

การกำหนดปัจจัยการทดลอง

ภาคผนวก ช

การกำหนดปัจจัยการทดลอง

ตาราง 33 การกำหนดปัจจัยในการทดลองแบบแฟคทอเรียลของการหาภาวะที่เหมาะสมในการ
อบแห้งแบบพ่นฝอยน้ำตาลสดผง

หน่วยการทดลอง	ปัจจัยในการอบแห้งแบบพ่นฝอย		
	อุณหภูมิลมร้อนเข้า (องศาเซลเซียส)	อัตราการป้อนของเหลว (มล./นาที)	ปริมาณของแข็งที่ละลายในสารป้อน (องศาบริกซ์)
1	100	9.6	40
2	100	17.4	40
3	100	25.2	40
4	100	9.6	45
5	100	17.4	45
6	100	25.2	45
7	100	9.6	50
8	100	17.4	50
9	100	25.2	50
10	110	9.6	40
11	110	17.4	40
12	110	25.2	40
13	110	9.6	45
14	110	17.4	45
15	110	25.2	45
16	110	9.6	50
17	110	17.4	50
18	110	25.2	50
19	120	9.6	40
20	120	17.4	40
21	120	25.2	40
22	120	9.6	45
23	120	17.4	45
24	120	25.2	45
25	120	9.6	50
26	120	17.4	50
27	120	25.2	50

ภาคผนวก ฅ

การทดลองเบื้องต้น (preliminary)

ภาคผนวก ฅ

การทดลองเบื้องต้น (preliminary)

การวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและทำการทดลองเบื้องต้น (preliminary) ในการผลิตน้ำตาลสดผงบ่อยโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกช่วงระดับของแต่ ละปัจจัยที่ใช้ในการวิจัย ในตอนแรกทดลองนำน้ำตาลสดผ่านเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า ผงที่ได้มีลักษณะเป็นยางเหนียวไม่แห้ง เกาะติดผนังภายในห้องอบแห้ง เนื่องจากน้ำตาลสดมี น้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งน้ำตาลมีคุณสมบัติเป็นสารดูดความชื้น (hygroscopic) ทำให้ แห้งยาก จึงจำเป็นต้องใช้สารช่วยในการอบแห้งเพื่อห่อหุ้มอนุภาคต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำตาลสด ซึ่งจะช่วยลดคุณสมบัติการดูดความชื้นเข้าหาตัวได้ และจากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ เกี่ยวกับ สารช่วยในการอบแห้ง พบว่า มอลโตเด็คซ์ตริน DE 10 มีคุณสมบัติเหมาะที่จะใช้เป็นสารช่วยใน การอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ (รายละเอียดในบทที่ 2) ดังนั้น ในการทดลอง นี้จึงเลือกใช้มอลโตเด็คซ์ตริน DE 10 เป็นสารช่วยในการอบแห้ง

จากนั้นจึงได้ทำการทดลองเบื้องต้น เพื่อทดลองศึกษาหาช่วงระดับของปัจจัยที่สามารถ อบแห้งได้น้ำตาลสดผงบ่อย เพื่อเลือกใช้ในการวิจัยต่อไป เตรียมสารป้อนโดยมีอัตราส่วนผสมของ มอลโตเด็คซ์ตริน DE 10 ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำตาลสด เท่ากับ 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก นำไปทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องทำระเหยระบบสูญญากาศ จนได้ความเข้มข้นเท่ากับ 40 °Brix แล้วนำไปทดลองทำแห้งแบบพ่นฝอย ใช้หัวฉีดพ่นฝอยแบบจานหมุนเนื่องจากเป็นหัวฉีดพ่นฝอยที่ เหมาะสำหรับอาหารที่มีความหนืด ใช้ง่าย ไม่ต้องใช้ปั๊มความดัน นอกจากนี้จากการทดลอง พ่นฝอยน้ำตาลสดโดยใช้หัวฉีดพ่นแบบแรงดัน แล้วพบว่า เกิดการอุดตันที่รูออริฟิซ ดังนั้นจึงเลือก ใช้หัวฉีดพ่นแบบหมุนเหวี่ยง และทำการทดลองเบื้องต้น ดังนี้

1. ทดลองหาอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่สามารถอบแห้งได้น้ำตาลสดผงบ่อย โดยทดลองที่ 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 60-90 องศาเซลเซียส น้ำตาลสดผงบ่อยไม่ค่อยแห้ง มีการเกาะติดตามท่อและผนังของห้องอบแห้งมาก และ ผงที่ได้ออกมา มีการดูดความชื้นกลับอย่างรวดเร็ว ส่วนช่วงอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 130-140 องศาเซลเซียส น้ำตาลสดผงบ่อยมีสีเหลืองเข้มมาก และ มีกลิ่นไหม้ และ ช่วงอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ 100-120 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ผงที่แห้งและสีขาวนวล ดังนั้น จึงเลือกศึกษาที่อุณหภูมิ ลมร้อนเข้าช่วงนี้

2. ทดลองหาช่วงระดับของอัตราการป้อนที่สามารถอบแห้งได้น้ำตาลสดผง โดยปรับอัตราการป้อนด้วยเครื่องป้อนแบบ tubing pump หน่วยเป็นรอบต่อนาที (rpm) โดยทดลองอัตราการป้อนสารที่ 10, 15, 20, 25 และ 30 rpm พบว่า ที่อัตราการป้อน 30 rpm น้ำตาลสดผงที่ได้ไม่แห้ง มีการเกาะติดผนังห้องอบแห้งมาก และพบว่าที่ 10-25 rpm นั้น น้ำตาลสดผงที่ได้แห้ง และมีสีขาวนวล แต่ที่อัตราการป้อน 10 rpm พบว่า อัตราการไหลช้าทำให้ใช้เวลาในการผลิตนาน ซึ่งจะมีผลต่อต้นทุนการผลิต ดังนั้น จึงเลือกผลิตน้ำตาลสดผงที่ 15, 20 และ 25 rpm โดยคำนวณเป็นหน่วยมิลลิลิตรต่อนาที ได้เท่ากับ 9.6, 17.4 และ 25.2 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ

3. ทดลองหาความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อนที่สามารถอบแห้งได้น้ำตาลสดผง โดยทดลองศึกษาที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 และ 65 องศาบริกซ์ พบว่า ที่ 65 องศาบริกซ์ น้ำตาลสดผงที่ได้ไม่แห้ง เนื่องจากอนุภาคมีขนาดใหญ่ ความร้อนไม่สามารถอบแห้งอนุภาคได้ดี จะเกิดเปลือกแข็งที่รอบ ๆ อนุภาค ทำให้ความชื้นภายในไม่สามารถออกมาได้ ส่วนที่ 20-50 องศาบริกซ์ อนุภาคผงที่ได้แห้ง แต่เพื่อลดต้นทุนการผลิตมากที่สุด จึงเลือกช่วง 40-50 องศาบริกซ์ มาศึกษาในงานวิจัยนี้

การอบแห้งแบบพ่นฝอยนั้น มีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ผง ซึ่งแต่ละปัจจัยอาจมีความสัมพันธ์กัน ในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนเข้า ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารป้อน อัตราการป้อน โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ factorial in RCBD เพื่อศึกษาถึงปฏิริยาสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยด้วย

ภาคผนวก ญ

สมุดลงนามของผลิตภัณฑ์น้ำตาลสดผง

ภาคผนวก ญ

สมดุลมวลของผลิตภัณฑ์น้ำตาลสดผง

ภาวะการผลิตน้ำตาลสดผงแบบพ่นฝอยที่ดีที่สุด คือ ภาวะการผลิตที่ใช้อุณหภูมิความร้อน
เข้า 110 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนสารป้อน 17.4 มล./นาที โดยสารป้อนเตรียมจากอัตราส่วน
ผสมของมอลโตเด็กซ์ตริน DE 10 ต่อ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำตาลสด เท่ากับ 40 : 60 โดย
น้ำหนัก และ ระเหยความชื้นด้วยเครื่องระเหยระบบสุญญากาศจนมีความเข้มข้นของสารป้อน
เท่ากับ 45 องศาบริกซ์ ซึ่งสามารถคำนวณสมดุลมวลของการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำตาลสดผงได้
ดังตาราง 34

ตาราง 34 สมดุลมวลของผลิตภัณฑ์น้ำตาลสดผงโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอย

INPUT	WEIGHT (g)	PROCESSING	OUTPUT	WEIGHT (g)
น้ำตาลสด	4,494.00	กรอง วัด TSS ได้ 15 °Brix	น้ำตาลสด เศษไม้เคี่ยมและแมลง	4,484.00 10.00
รวม	4,494.00		รวม	4,494.00
น้ำตาลสดที่ผ่านการ กรองแล้ว	4,484.00	ต้มฆ่าเชื้อและระเหยน้ำ ออก	น้ำตาลสด 20 °Brix น้ำระเหย	3,059.00 1,425.00
รวม	4,484.00		รวม	4,484.00
น้ำตาลสด มอลโตเด็กซ์ตริน DE10	3,059.00 407.87	ผสมให้เข้ากัน	น้ำตาลสดผสมมอลโต เด็กซ์ตริน DE 10 วัดค่า TSS ได้ 30 °Brix	3,466.87
รวม	3,466.87		รวม	3,466.87
น้ำตาลสดผสม มี TSS 30 °Brix	3,466.87	ระเหยน้ำออกด้วย เครื่องระเหยระบบ สุญญากาศ	น้ำตาลสดผสม 45 °Brix น้ำระเหย	2,370.00 1,096.87
รวม	3,466.87		รวม	3,466.87
น้ำตาลสดผสม 45 °Brix	2,370.00	อบแห้งแบบพ่นฝอย 110 °C อัตราการป้อน 17.4 ml/min	น้ำตาลสดผง น้ำระเหย	990.11 1,379.89
รวม	2,370.00		รวม	2,370.00