บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

มะม่วงมหาชนก (*Mangifera indica* L.)

3.2 สารเคมี

1. Maltodextrin DE 11 (Biochemika grade: Fluka, Germany)
2. Potassium penta oxide (KO_5) (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)
3. Lithium chloride (LiCl) (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)
4. Potassium acetate (CH_3COOK) (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)
5. Magnesium chloride ($MgCl_2$) (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)
6. Potassium carbonate (K_2CO_3) (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)
7. Magnesium nitrate ($Mg(NO_3)_2$ (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)
8. Potassium iodide (KI) (Laboratory: Ajax Finechem, Australia)

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) และหัวฉีดพ่น แบบจานเหวี่ยง (rotary atomizer) (รุ่น 20 – SD + บริษัท PAMALYNE, Thailand)

2. เครื่องวัดความหนืด โดยใช้ Brookfield viscometer (รุ่น LVDV-II+ บริษัท Brookfield Engeneering Laboratories, Inc., Germary)

3. เครื่องวิเคราะห์จุดหลอมเหลว ใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) (Diamon DSC, Perkin Elmer, USA)

4. เครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ใช้เครื่อง Water Activity Meter (AquaLab รุ่น TE3, Decagon Devices, Inc Pullman, USA)

5. เครื่องวิเคราะห์สีใช้ Color Quest II Colorimeter (Chroma Meter CR 300 Seies, Minolta: CR-300, Japan)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ใช้ Hand Refractometer (N-10E, Atago Co., Ltd., Japan)

7. ตู้อบลมร้อน (Memmert, USA)

8. ตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 และ 40ºC

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 วิเคราะห์สมบัติของน้ำมะม่วงก่อนการอบแห้ง

โดยเตรียมน้ำมะม่วงจากเนื้อมะม่วงสุก ทำการบดด้วยเครื่องบด และกรองด้วยผ้าขาวบาง ทำการตรวจวัดค่าต่างๆ คือ

(1) วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยใช้ Hand Refractometer

(2) วัดค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer

(3) ค่าสีโดยใช้ระบบ CIE L* a* b*

นำน้ำมะม่วงไปวัดค่าสีระบบ CIE L* a* b* (Commission International de I' Eclairage) โดยดัดแปลงวิธีของ Fernandez (2003) โดยนำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Color Quest II Colorimeter ระบบ CIE L* a* b*

(4) วัดปริมาณของแข็งทั้งหมด ตามวิธี AOAC (2000)

3.4.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำมะม่วงจาก 3.4.1 ไปผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:1.5 ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดให้ได้ 15, 17.5, 20, 22.5 และ 25% โดยการเติมมอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE 11 นำไปอบแห้งให้เป็นผงโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 135±2ºC และอุณหภูมิลมร้อนขาออก 65±2ºC (พัชรี, 2553) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ประสิทธิภาพการอบแห้งและสมบัติของน้ำมะม่วงผงดังนี้

(1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิต (Masters, 1985)

(1.1) Thermal Efficiency

- Overall thermal efficiency

$$\eta_{overall} = \left[\frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0}\right] \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- Evaporative efficiency

$$\eta_{overall} = \left[\frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{sat}} \right] \times 100$$

T_1 = อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

T_2 = อุณหภูมิลมร้อนขาออก

T_0 = อุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม

T_{sat} = adiabatic saturation temperature

(1.2) เปอร์เซ็นต์ผลผลิต

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักของแข็งเริ่มต้น}} \times 100$$

(2) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของน้ำมะม่วงผง

(2.1) ค่าสีโดยใช้ระบบ CIE L* a* b*

นำน้ำมะม่วงผงไปวัดค่าสีระบบ CIE L* a* b* (Commission International de I' Eclairage) โดยดัดแปลงวิธีของ Fernandez (2003) โดยนำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Color Quest II Colorimeter ระบบ CIE L* a* b*

(2.2) ความสามารถในการละลาย

นำน้ำมะม่วงผงไปวิเคราะห์ความสามารถในการละลายโดยใช้วิธีของ Shittu and Lawal (2007) ใช้ปริมาณผงประมาณ 1 g ใส่ในหลอดเหวี่ยง เติมน้ำ 10 mL ผสมให้ละลายที่อุณหภูมิ 30ºC แล้วนำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 rpm นาน 10 นาที เทของเหลวส่วนที่ใสใส่ใน กระป๋องอะลูมิเนียม อบที่อุณหภูมิ 105ºC นาน 24 ชั่วโมง คำนวณหาความสามารถในการละลาย (%) ดังสมการตามภาคผนวก ข-2

(2.3) ความสามารถในการไหล โดยใช้วิธีวัดมุมกอง

นำน้ำมะม่วงผงไปวิเคราะห์ความสามารถในการไหลด้วยวิธีวัดมุมกองตามวิธีของ Shittu and Lawal (2007) โดยเทน้ำมะม่วงผงปริมาณ 200 g ใส่ลงไปใน cylinder ขนาด 250 mL ปิดฝาให้สนิท นำไปแขวนไว้ที่ชุดขาตั้ง หมุนคว่ำ cylinder ให้ส่วนปลาย cylinder อยู่ห่าง สูงจากพื้น 20 cm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปิดฝาออกปล่อยให้ตัวอย่างไหลตกตามแรงโน้มถ่วงจนหมด คำนวณหาค่ามุมกอง (°) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

(2.4) ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นของอนุภาค

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม

นำน้ำมะม่วงผงไปวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมของผงโดยใช้วิธีของ Jinapong *et al.* (2008) นำตัวอย่างน้ำมะม่วงผงใส่ลงไปใน cylinder ขนาด 25 mL โดยให้ตัวอย่างมีปริมาณ 10 mL ทำเครื่องหมายและชั่งน้ำหนัก ปริมาตรของตัวอย่างจะอ่านจาก cylinder จากนั้นนำมาคำควณค่าความหนาแน่นของผง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวล /ปริมาตร นำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวมของผง

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาค

นำน้ำมะม่วงผงมาวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของอนุภาคโดยใช้วิธีของ Barbosa-Canovas *et al*. (2005) โดยชั่งน้ำหนักของ pycnometer น้ำหนักของ pycnometer ที่เติม petroleum ether ลงไป จากนั้นเติมตัวอย่างลงใน pycnometer แล้วชั่งน้ำหนัก เติม petroleum ether ลงไปจนเต็ม pycnometer เขย่าจนอนุภาคแขวนลอย แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณความหนาแน่นของอนุภาค

(3) วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำมะม่วงผง

(3.1) ค่า water activity

นำน้ำมะม่วงผงไปวัดค่า a_w โดยใช้น้ำมะม่วงผงใส่ในตลับให้มีปริมาณของน้ำ มะม่วงผง 3 ส่วน 4 ของตลับ จากนั้นนำเข้าไปวัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ที่อุณหภูมิ 25ºC (Chirife *et al*., 2006)

(3.2) ปริมาณความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นน้ำมะม่วงผง โดยดัดแปลงวิธีวิเคราะห์จากวิธีของ AOAC (2000) คือ ชั่งน้ำหนักน้ำมะม่วงผงปริมาณประมาณ 2-5 g ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียม ที่อบและชั่งน้ำหนักก่อนอบนำเข้าไปอบใน ตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100ºC โดยอบเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น เป็นเวลา 30-45 นาที ชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้น

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (ไพโรจน์, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(4) การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

นำน้ำมะม่วงผงไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน โดยใช้แบบทดสอบด้วยวิธี 9-point Hedonic scoring test (ไพโรจน์, 2535) เพื่อประเมินความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นมะม่วง การชงละลาย และความชอบรวม วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (ไพโรจน์, 2535)

คัดเลือกปริมาณการปรับของแข็งด้วยมอลโ ทเดกซ์ทริน ที่เหมาะสมจาก ประสิทธิภาพการอบแห้งและสมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส และนำตัวอย่างที่คัดเลือกได้ไปวิเคราะห์อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน และใช้สำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน

นำน้ำมะม่วงผง 7-10 mg ใส่ใน pan วิเคราะห์อุณหภูมิ กลาสทรานซิชัน ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ด้วยวิธี DSC ตามวิธีของ Boonyai (2007)

3.4.3 การศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงผง

(1) การศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของน้ำมะม่วงผง

ศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์ม ของตัวอย่างน้ำมะม่วงผงด้วยวิธี gravimetric method (Labuza, 2000 และ Boonyai, 2007) เก็บตัวอย่างน้ำมะม่วงผงที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน 8 ระดับ (0-75%) ซึ่งให้ค่า a_w ในช่วง 0-0.75 ในสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40ºC จนตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุล ความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับต่างๆ ถูกควบคุมโดยการใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวชนิดต่างๆ ทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมะม่วงผงไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น และสร้าง moisture sorption isotherm

ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

1. เตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว บรรจุในขวดโหลที่เป็นแก้วและปิดสนิทได้ ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสภาวะอิ่มตัว และมีผลึกของเกลือหลงเหลืออยู่ในสารละลาย ให้ปริมาณของเหลวเหนือชั้นของผลึกเกลือหนาประมาณ 2 mm

2. นำตัวอย่าง น้ำมะม่วงผง มาเก็บในขวดโหล เพื่อให้เกิดการปรับสภาพสมมูลระหว่างตัวอย่างและสารละลายเกลือ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40ºC จนตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่งค่า a_w จะมีค่าเท่ากับ ความชื้นสัมพัทธ์หารด้วย 100

3. นำตัวอย่างน้ำมะม่วงผงวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. สร้างกราฟ moisture adsorption isotherm ของตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ

5. วิเคราะห์หาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนาย ซอร์ปชันไอโซเทอร์ม ของน้ำมะม่วงผงในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา

(2) การ ศึกษา อิทธิพล ของ ระดับ ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ที่มีต่อ สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ของน้ำมะม่วงผง

นำน้ำมะม่วงผง ไปเก็บรักษาที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน และเก็บที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40ºC เป็นเวลา 2 สัปดาห์ วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของตัวอย่างดังนี้

(2.1) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Color Quest II Colorimeter ระบบ CIE L* a* b*
- ความสามารถใน การไหล (flowability) โดยวัดค่ามุมกอง (Barbosa-Canavas *et al*., 2005)
- ความสามารถในการละลาย (solubility) (Shittu and Lawal, 2007)
- อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน ด้วยเครื่อง Differentail Scanning Calorimeter (DSC) (Boonyai, 2007)

(2.2) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)
- ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w)
- ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

(2.3) การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)
- จำนวนยีสต์และรา (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (ไพโรจน์, 2535)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved