บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (APV Anhydro As, Denmark) และหัวฉีดพ่นด้วยระบบความดัน (pressure nozzle)

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

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

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

5. เครื่องวิเคราะห์สี ใช้ Color Quest II Colorimeter (Chroma Meter CR 300 Series, (Minolta: CR-300, Japan)

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

7 ตู้อบลมร้อน (Memmert, USA)

8. เครื่องร่อนคัดขนาด (Laboratory Sieving Machines)

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)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 วิเคราะห์สมบัติของน้ำลำไยก่อนการอบแห้ง

โดยเตรียมน้ำลำไยจากลำไยสด ผสมมอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE 11 ปริมาณสัดส่วนมอลโทเดกซ์ทริน 0.6 กรัม/กรัมของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 40 องศาบริกซ์ (พิพัฒน์และคณะ, 2548) จากนั้นวิเคราะห์สมบัติของน้ำลำไยก่อนการอบแห้งดังนี้

(1) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยใช้ Hand Refractometer

(2) ค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer (ภาคผนวก ข-1)

(3) ค่าสีวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้ระบบ CIE L *a* b*

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE L* a* b* (Commission International de I' Eclairage) โดยอ้างอิง และดัดแปลงเล็กน้อยจากวิธีของ Fernandez (2003) โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าสี Color Quest II Colorimeter ระบบ CIE L* a* b*

(4) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ภาคผนวก ข-2)

3.3.2 การทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำลำไยจากหัวข้อ 3.3.1 ไปอบแห้งให้เป็นผงโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 175±2°C ขาออก 70±2°C วิเคราะห์ประสิทธิภาพการอบแห้งและสมบัติของน้ำลำไยผงดังนี้

(1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิต

(1.1) Thermal Efficiency

- Overall thermal efficiency (ภาคผนวก ข-3)

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

- Evaporative efficiency (ภาคผนวก ข-4)

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

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ T_1 = อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

T_2 = อุณหภูมิลมร้อนขาออก

T_0 = อุณหภูมิอากาศ

T_{sat} = adiabatic saturation temperature

(1.2) % yield (ภาคผนวก ข-5)

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

(2) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของน้ำลำไยผง

(2.1) ค่าสีวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้ระบบ CIE L* a* b*

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE L* a* b* (Commission International de I' Eclairage) โดยอ้างอิง และดัดแปลงจากวิธีของ Fernandez (2003) โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าสี Color Quest II Colorimeter ระบบ CIE L* a* b*

(2.2) ค่า glass transition temperature ด้วยวิธี DSC ตามวิธีของ Boonyai (2007) (ภาคผนวก ข-6)

(2.3) ค่าความสามารถในการละลาย

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่าความสามารถในการละลายโดยใช้วิธีของ Shittu and Lawal (2007) ใช้ปริมาณประมาณ 1 g ใส่ใน centrifuge tube เติมน้ำ 10 mL ผสมให้ละลายที่อุณหภูมิ 30°C แล้วนำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 rpm นาน 10 นาที เทของเหลวส่วนที่ใส (supernatant) ใส่ใน aluminium can อบที่อุณหภูมิ 105°C เวลานาน 24 ชั่วโมง คำนวณหาความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) (ภาคผนวก ข-7)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(2.4) ค่าความสามารถในการไหล โดยใช้วิธีวัดมุมกอง

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่าความสามารถในการไหลด้วยวิธีวัดมุมกองตามวิธีของ Shittu and Lawal (2007) โดยใส่ลงไปใน cylinder ขนาด 250 mL โดยให้ตัวอย่างมีปริมาณอยู่ที่จุด 200 mL ปิดฝาให้สนิท นำไปแขวนไว้ที่ชุดขาตั้ง หมุนคว่ำ cylinder ให้ส่วนปลาย cylinder อยู่ห่าง

สูงจากพื้น 20 cm เปิดฝาออกปล่อยให้ตัวอย่างไหลตกตามแรงโน้มถ่วงจนหมด คำนวณหาค่ามุมกอง(θ) ดังแสดงในภาคผนวก ข-8 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

(2.5) การกระจายตัวของขนาดอนุภาค โดยวิธี sieve analysis

1) เตรียมชุดตะแกรงประกอบด้วยขนาด 75, 106, 150, 212, 300, 425, 600 และ 1700 ไมโครเมตร การจัดเรียงลำดับตามขนาดช่องบนตะแกรง โดยตะแกรงส่วนบนสุดมีขนาดช่องใหญ่สุดและตะแกรงล่างสุดมีช่องเล็กสุดและมีถาดรองลำไยผง (bottom pan) อยู่ถัดจากตะแกรงล่างสุด

2) ชั่งลำไยผง 50 กรัม และใส่ในตะแกรงบนสุดปิดฝา และวางแถวตะแกรงบนเครื่อง sieving machine เปิดเครื่องเป็นเวลา 10 นาที เอาตะแกรงออกจากเครื่อง และชั่งน้ำหนักลำไยผงในแต่ละตะแกรง และในถาดรองที่อยู่ด้านล่างสุดและบันทึกผลลงตารางดังแสดงในภาคผนวก (ภาคผนวก ข-9)

(2.6) ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นของอนุภาค

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นรวมของผงโดยใช้วิธีของ Jinapong *et al* (2008) นำตัวอย่างน้ำลำไยผงใส่ลงไปใน cylinder ขนาด 25 ml โดยให้ตัวอย่างมีปริมาณ 10 ml ทำเครื่องหมายและชั่งน้ำหนัก ปริมาตรของตัวอย่างจะอ่านจาก cylinder จากนั้นนำมาคำควณค่าความหนาแน่นของผง (q_{bulk}) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวล/ปริมาตร นำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวมของผง ดังแสดงในภาคผนวก ข (ภาคผนวก ข-10)

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาค

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของอนุภาคโดยใช้วิธีของ Barbosa-Canovas *et al*. (2005) โดยชั่งน้ำหนักของ pygnometer น้ำหนักของ pygnometer ที่เติม peterleum ether ลงไป จากนั้นเติมตัวอย่างลงใน pygnometer แล้วชั่งน้ำหนัก เติม peterleum ether ลงไปจนเต็ม pygnometer เขย่าจนอนุภาคแขวนลอย (suspended) แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณความหนาแน่นของอนุภาค ดังแสดงในภาคผนวก ข (ภาคผนวก ข-11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

(3.1) ค่า Water activity

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ค่า a_w โดยใช้น้ำลำไยผงใส่ในตลับให้มีปริมาณของ น้ำลำไยผง 3 ส่วน 4 ของตลับ จากนั้นนำเข้าไปวัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ในอุณหภูมิห้อง (Chirife *et al*., 2006)

(3.2) ค่าปริมาณความชื้น

นำน้ำลำไยผงมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยดัดแปลงวิธีวิเคราะห์จากวิธีของ AOAC (2000) คือ ใช้น้ำลำไยผงปริมาณประมาณ 2-5 กรัม ใส่ใน aluminium can ที่อบและชั่งน้ำหนักก่อน อบนำเข้าไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 100°C โดยอบเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นใน dessicator เป็นเวลา 30-45 นาที ชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้น ดังแสดงในภาคผนวก ข (ภาคผนวก ข-12)

3.3.3. การศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของน้ำลำไยผง

นำตัวอย่างน้ำลำไยผงไปศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอไซเทอร์มและหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ดีที่สุด เพื่อทำนายลักษณะซอร์ปชันในสภาวะนอกเหนือจากการทดลอง และเพื่อใช้ในการทำนายคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้วิธีของ Bell and Labuza (2000) ควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์ 7 ระดับ (ร้อยละ 0-77) โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวดังนี้ potassium penta oxide, lithium chloride, potassium acetate, magnesium chloride, potassium carbonate, magnesium nitrate และ potassium iodide ที่อุณหภูมิ 5, 10, 25 และ 35°C จนตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุลโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ความชื้น สร้างกราฟซอร์ปชันไอโซเทอร์มแล้วหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุด

3.3.4 การศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพ ของน้ำลำไยผง

นำน้ำลำไยผงจากข้อ 3.3.3 ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ ดังข้อ 3.3.2

3.3.5 ศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ออุณหภูมิกลาสทรานซิชัน

โดยวิเคราะห์อุณหภูมิกลาสทรานซิชันของน้ำลำไยผงที่ผ่านการเก็บรักษาให้เข้าสู่สภาวะสมดุลที่ระดับความชื้นและอุณหภูมิต่างๆ จากข้อ 3.3.3 ไปวิเคราะห์หาอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันด้วยวิธี DSC (Silva *et al*., 2006) หาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลโดยใช้ ANOVA

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New multiple Range Test

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved