บทที่ 3
อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

1. กระบอกตวง (PYREX®, Germany)
2. ขวดพิคโนมิเตอร์ (Union Science Co., Ltd., Thailand)
3. ขาตั้งและกรวยพลาสติก
4. เครื่องชั่ง (CP224S Sartorius, Scientific Promotion Co., Ltd., Thailand)
5. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (AP-104, Sila Research Co., Ltd., Thailand)
6. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) (AquaLab รุ่น TE3, Decagon Devices, Inc Pullman, USA)
7. เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (N-10E, Atago Co., Ltd., Japan)
8. เครื่องวิเคราะห์จุดหลอมเหลว (DSC) (Diamon DSC, Perkin Elmer, USA)
9. เครื่องวัดค่าสี (Chroma Meter CR 300 Series, Minolta: CR-300, Japan)
10. เครื่องเหวี่ยง (Heraeus : Megafuge 1.0R, Germany)
11. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (APV Anhydro As, Denmark) และหัวฉีดพ่นด้วยระบบความดัน (pressure nozzle)
12. ตู้ดูดควัน (Toplab, Toplab Design & Technology Co., Ltd., Thailand)
13. ตู้บ่ม (IB-01E, Jeio Tech Co., Ltd., Korea)
14. ตู้อบลมร้อน (Memmert, USA)
15. ถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับการวิเคราะห์หาความชื้น
16. บีกเกอร์ (PYREX®, Germany)
17. หลอดเหวี่ยง (Union Science Co., Ltd., Thailand)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 สารเคมี

1. Gum arabic (Starlight products, France)
2. Lithium chloride (LiCl) (Ajax Finechem, Australia)
3. Magnesium chloride ($MgCl_2.6H_2O$) (Ajax Finechem, Australia)
4. Magnesium nitrate ($Mg(NO_3)_2.6H_2O$) (Ajax Finechem, Australia)
5. Maltodextrin DE 11 (Biochemika grade: Fluka, Germany)
6. Modified Tapioca Starch FA1604 (Siam modified starch, Thailand)
7. Petroleum ether (Labscan, Thailand)
8. Phosphorus pentoxide (P_2O_5) (Ajax Finechem, Australia)
9. Potassium acetate (CH_3COOK) (Ajax Finechem, Australia)
10. Potassium carbonate (K_2CO_3) (Ajax Finechem, Australia)
11. Potassium iodide (KI) (Ajax Finechem, Australia)
12. Sodium chloride (NaCl) (Ajax Finechem, Australia)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมน้ำลำไย

นำลำไยสดพันธุ์ดอมาล้างน้ำให้สะอาด คว้านเมล็ดออก แกะเปลือก และปั่นเนื้อลำไยให้ละเอียด แล้วนำไปสลัดเหวี่ยงผ่านถุงกรองแบบละเอียด เพื่อแยกน้ำลำไย และกากออกจากกัน จากนั้นนำน้ำลำไยไปต้มทันที เพื่อทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ และเคี่ยวที่ระดับไฟอ่อนให้เข้มข้นถึง 30 องศาบริกซ์ การเคี่ยวไฟอ่อนประมาณ 2 ชั่วโมง จะทำให้ได้น้ำลำไยสีเหลือง และมีกลิ่นหอมของลำไย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคคุ้นเคย นำน้ำลำไยเข้มข้นบรรจุในถุงพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม และเก็บแช่เยือกแข็งเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.2 การหาชนิดและความเข้มข้นของสารช่วยทำแห้งที่เหมาะสม

สารช่วยทำแห้ง 3 ชนิด ได้แก่ มอลโตเดกซ์ตริน สตาร์ชดัดแปร และกัมอะราบิก มาผสมกัน เป็นสูตรการทดลอง เพื่อช่วยในการทำแห้งน้ำลำไย โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ได้สูตรทดลอง ดังตารางที่ 3.1

ปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน สตาร์ชดัดแปร และกัมอะราบิก (ร้อยละ)

ระดับ	ต่ำ	สูง
มอลโตเดกซ์ตริน (ร้อยละ)	55	85
สตาร์ชดัดแปร (ร้อยละ)	10	30
กัมอะราบิก (ร้อยละ)	5	15

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองแบบ Mixture Design

สิ่งทดลองที่	มอลโตเดกซ์ตริน	สตาร์ชดัดแปร	กัมอะราบิก
1	65	20	15
2	75	10	15
3	65	30	5
4	70	20	10
5	75	10	15
6	85	10	5
7	55	30	15
8	65	30	5
9	80	10	10
10	55	30	15
11	85	10	5
12	65	25	10
13	75	15	10
14	75	20	5

จากนั้นนำสารผสมช่วยทำแห้งแต่ละอัตราส่วนไปผสมกับน้ำลำไย โดยใช้ปริมาณสารผสมช่วยทำแห้ง 0.6 กรัม/กรัมของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำลำไย ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 40 องศาบริกซ์ (ธัญนิชา, 2552) นำส่วนผสมที่ได้ทั้งหมดไปอบแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 175 องศาเซลเซียส ขาออก 75±2 องศาเซลเซียส (ธัญนิชา, 2552) โดยใช้เวลาการอบแห้งตัวอย่างละ 1 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างอาหารผง บรรจุในถุงพลาสติกเคลือบอะลูมิเนียม เก็บในที่แห้งและเย็น วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต และคุณภาพของเครื่องดื่มลำไยผง ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.2.1 การคำนวณหาร้อยละผลผลิต

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักของแข็งเริ่มต้น}} \times 100$$

3.3.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

(1) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ภาคผนวก ก-6)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละของน้ำหนัก) = 100 – ปริมาณความชื้นทั้งหมด

(2) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี

เครื่องดื่มลำไยผงวิเคราะห์ค่า a_w โดยนำเครื่องดื่มลำไยผงใส่ในตลับให้มีปริมาณของเครื่องดื่มลำไยผง 1 ส่วน 3 ของตลับ จากนั้นนำเข้าไปวัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส Chirife *et al*. (2006)

(3) ปริมาณความชื้น

เครื่องดื่มลำไยผงวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยดัดแปลงวิธีวิเคราะห์จากวิธีของ AOAC (2000) คือ ใช้เครื่องดื่มลำไยผงปริมาณประมาณ 2-5 กรัม ใส่ในถ้วยหาความชื้นพร้อมฝาที่อบ และชั่งน้ำหนักก่อนอบ นำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยอบเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30-45 นาที ชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้น (ภาคผนวก ก-7)

3.3.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

(1) การวัดค่าสี โดยใช้ระบบ CIE L* a* b*

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

(2) การวัดอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน ด้วยวิธี DSC ตามวิธีของ Boonyai (2007) (ภาคผนวก ก-1)

(3) ความสามารถในการละลาย

เครื่องดื่มลำไยผงวิเคราะห์ความสามารถในการละลายโดยใช้วิธีของ Shittu and Lawal (2007) ใช้เครื่องดื่มลำไยผงปริมาณประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยง เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้ละลายที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วนำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเหลวส่วนที่ใส (supernatant) ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณหาความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) (ภาคผนวก ก-2)

(4) ความสามารถในการไหล โดยใช้วิธีวัดมุมกอง

เครื่องดื่มลำไยผงวิเคราะห์ความสามารถในการไหลด้วยวิธีวัดมุมกอง โดยดัดแปลงวิธีของ Shittu and Lawal (2007) ใช้กรวยขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปแขวนไว้ที่ชุดขาตั้ง ที่กำหนดความสูงให้ส่วนปลายกรวยอยู่ห่างสูงจากพื้น 15 เซนติเมตร ใส่ตัวอย่างลงไปในกรวย โดยใช้ตัวอย่าง 30 กรัม เทให้ตัวอย่างไหลตกตามแรงโน้มถ่วงจนหมด นำภาพมุมกองที่ได้จากการบันทึกไปวัดขนาดมุมกอง (ภาคผนวก ก-3)

(5) ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นของอนุภาค

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม

เครื่องดื่มลำไยผงวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมโดยใช้วิธีของ Jinapong *et al.* (2008) นำตัวอย่างเครื่องดื่มลำไยผงใส่ลงไปในกระบอกตวง ขนาด 25 มิลลิลิตร โดยให้ตัวอย่างมีปริมาณ 10 มิลลิลิตร ทำเครื่องหมาย และชั่งน้ำหนัก ปริมาตรของตัวอย่างจะอ่านจากกระบอกตวง จากนั้นนำมาคำนวณค่าความหนาแน่นของผง (ρ_{bulk}) โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมวล/ปริมาตร นำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นรวม (ภาคผนวก ก-4)

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาค

เครื่องดื่มลำไยผงวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาคโดยใช้วิธีของ Barbosa-Canovas *et al.* (2005) โดยชั่งน้ำหนักของขวดพิคโนมิเตอร์ น้ำหนักของขวดพิคโนมิเตอร์ที่เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงไป จากนั้นเติมตัวอย่างลงในขวดพิคโนมิเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงไปจนเต็มขวดพิคโนมิเตอร์ เขย่าจนอนุภาคแขวนลอย แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณความหนาแน่นของอนุภาค (ภาคผนวก ก-5)

3.3.2.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เครื่องดื่มลำไยผงทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9 points Hedonic scoring test (ไพโรจน์, 2535) เพื่อประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ การชงละลาย และความชอบโดยรวม โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนการชงของเครื่องดื่มลำไยผงต่อน้ำเท่ากับ 4:10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.2.5 คัดเลือกสูตรสารที่เหมาะสม

คัดเลือกสูตรสารที่เหมาะสมจากสมบัติกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสข้างต้น โดยใช้โปรแกรม design expert ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.3.3 การหาสภาวะการอบแห้งลำไยผงที่เหมาะสม

สูตรเครื่องดื่มลำไยผงที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 3.3.2 มาทดลองหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสม โดยแปรระดับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 3 ระดับ (165-185 องศาเซลเซียส) (พิพัฒน์ และคณะ, 2548) ควบคุมอัตราการป้อนให้คงที่ทุกการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการอบแห้งตัวอย่างละ 1 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างอาหารผง บรรจุในถุงพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม เก็บในที่แห้ง และเย็น คำนวณปริมาณผลผลิต และประสิทธิภาพการอบแห้งของเครื่องดื่มลำไยผงดังนี้

3.3.3.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิต

(1) Thermal efficiency

- Overall thermal efficiency (ภาคผนวก ก-8)

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

- Evaporative efficiency (ภาคผนวก ก-9)

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

เมื่อ T_1 = อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า

T_2 = อุณหภูมิลมร้อนขาออก

T_0 = อุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม

T_{sat} = adiabatic saturation temperature

3.3.3.2 การคำนวณหาร้อยละผลผลิต (ภาคผนวก ก-10)

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักของแข็งเริ่มต้น}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

(1) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี เช่นเดียวกันกับตอนที่ 3.3.2.2

(2) ปริมาณความชื้น (ภาคผนวก ก-7)

3.3.3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลำไยผง

(1) การวัดค่าสี โดยใช้ระบบ CIE L* a* b* เช่นเดียวกันกับตอนที่ 3.3.2.3

(2) การวัดอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน ด้วยวิธี DSC ตามวิธีของ Boonyai (2007) (ภาคผนวก ก-1)

(3) ความสามารถในการละลาย (ภาคผนวก ก-2)

(4) ความสามารถในการไหล โดยใช้วิธีวัดมุมกอง (ภาคผนวก ก-3)

(5) ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นของอนุภาค

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (ภาคผนวก ก-4)
- การวิเคราะห์ความหนาแน่นของอนุภาค (ภาคผนวก ก-5)

3.3.3.5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

เครื่องดื่มลำไยผงทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9 points Hedonic scoring test (ไพโรจน์, 2535) เพื่อประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ การชงละลาย และความชอบโดยรวม โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนของเครื่องดื่มลำไยผงต่อน้ำเท่ากับ 4:10 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

3.3.3.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติ และการคัดเลือกสภาวะการอบแห้ง

วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (ไพโรจน์, 2535) คัดเลือกสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมจากสมบัติด้านต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3.4 การศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของเครื่องดื่มลำไยผง

ศึกษาลักษณะซอร์ปชันไอโซเทอร์มของเครื่องดื่มลำไยผง โดยใช้วิธี Gravimetric method ตาม Bell and Labuza (2000) โดยการเก็บตัวอย่างลำไยผงที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน 8 ระดับ (ร้อยละ 0-75) ที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างเข้าสู่สภาวะสมดุล

จากนั้นนำตัวอย่างเครื่องดื่มลำไยผงมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น และสร้างซอร์ปชันไอโซเทอร์มของตัวอย่าง วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการทำนายซอร์ปชันไอโซเทอร์มที่อุณหภูมิอื่นๆ ในช่วง 20 - 40 องศาเซลเซียส

3.3.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

เครื่องดื่มลำไยผงเก็บรักษาในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่ไม่ก่อให้เกิดการเหนียวเกาะติดกันที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ดังนี้

- สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี และปริมาณความชื้น เช่นเดียวกันกับตอนที่ 3.3.2.2

- สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี โดยใช้ระบบ CIE L* a* b* ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการไหล โดยใช้วิธีวัดมุมกอง ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นของอนุภาค เช่นเดียวกันกับตอนที่ 3.3.2.3

- วิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา (ภาคผนวก ก-11)

- การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกันกับตอนที่ 3.3.3.5

- วิเคราะห์ผลทางสถิติ และการคัดเลือกสภาวะการเก็บรักษา เช่นเดียวกันกับตอนที่ 3.3.3.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved