บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

- ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยซื้อในช่วงของเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2551 (ตลาดเมืองใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่)
- น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (บริษัท น้ำตาลทรายมิตรผล จำกัด)
- มอลโตเดกตริน (Maltrin M150; ค่า D.E. 10±2, บริษัท เอส ดับเบิ้ลยู เกรท จำกัด)
- ซอร์บิทอล (Sorbitol 70%, บริษัท ไทยฟู้ดแอนด์เคมิคอล จำกัด)
- เดกโตรสโมโนไฮเดรท (Dextrose monohydrate, บริษัท ฟู้ดอีคิว จำกัด)
- คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (Carboxy methyl cellulose, บริษัท ไทยฟู้ดแอนด์เคมิคอล จำกัด)
- กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (Glycerol mobostearate, บริษัท ไทยฟู้ดแอนด์เคมิคอล จำกัด)
- ถุงลามิเนทฟอยล์ ขนาด 6 x 9 (บริษัท ลีดเดอร์แพค จำกัด)
- ถุงโพลีโพรพิลีน ขนาด 6 x 9 (บริษัท ลีดเดอร์แพค จำกัด)
- กรดซัลฟูริค (Sulfuric acid: Merck, Germany)
- กรดฟอร์มิค (Formic acid AR grade; Fisher Science, UK)
- กรดไฮโดรคลอริค (Hydrochloric acid; Merck, Germany)
- โพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรต (Potassium sodium (+) tartrate; Ajex, Australia)
- โพแทสเซียมไฮโดรเจนพธาเลต (Potassium hydrogen phthalate; Fluka, Germany)
- เมทานอล (Methanol HPLC grade; Fisher Science, UK)
- เอทานอล (Ethanol; Chemical & Lab Supplies, Thailand)
- Peptone water (Merck, Germany)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- Plate count agar (Merck, Germany)
- Potato dextrose agar (Merck, Germany)
- กรดแอสคอร์บิค (*L*-ascorbic acid; Asia Pacific Specialty Chemicals, Australia)
- กรดทาร์ทาริค (Tartaric acid; Merck, Germany)
- กรดมาลิค (Malic acid; Merck, Germany)
- กรดซิตริค (Citric acid; Merck, Germany)
- กรดซัคซินิค (Succinic acid; Merck, Germany)
- กรดอะมิโนไลซีน (Lysine; Merck, Germany)
- กรด 3,5–ไดไนโตรซาลิคไซลิค (3,5-Dinitrosalicylic acid; Fluka, China)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องอบแห้งด้วยการระเหยระบบอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Infrared Vacuum Dryer, USA)
- เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (Vacuum Sealer: Audiovac; VM2010, USA)
- เครื่องวัดสี (Colorimeter: Minolta camera; Model CR-300, Japan)
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer; Rotina 46R, Germany)
- เครื่อง HPLC (High permanence liquid chromatography; RF-10AXL, USA)
- เครื่อง HPLC (High permanence liquid chromatography; S1100, USA)
- เครื่อง GC (Gas chromatography; 6890N, USA)
- เครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifuge: Model Rotina 46R, Germany)
- เครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Water Activity Meter: AquaLab; Model Series 3, USA)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Microprocessor pH meter WTW; pH 537, Germany)
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Hand Refractometer; ATAGO, Japan)
- เทอร์โมมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared Thermometer; Oakton, Italy)
- เครื่องวัดความหนืด (Programmable Viscometer LVDV-II+, USA)

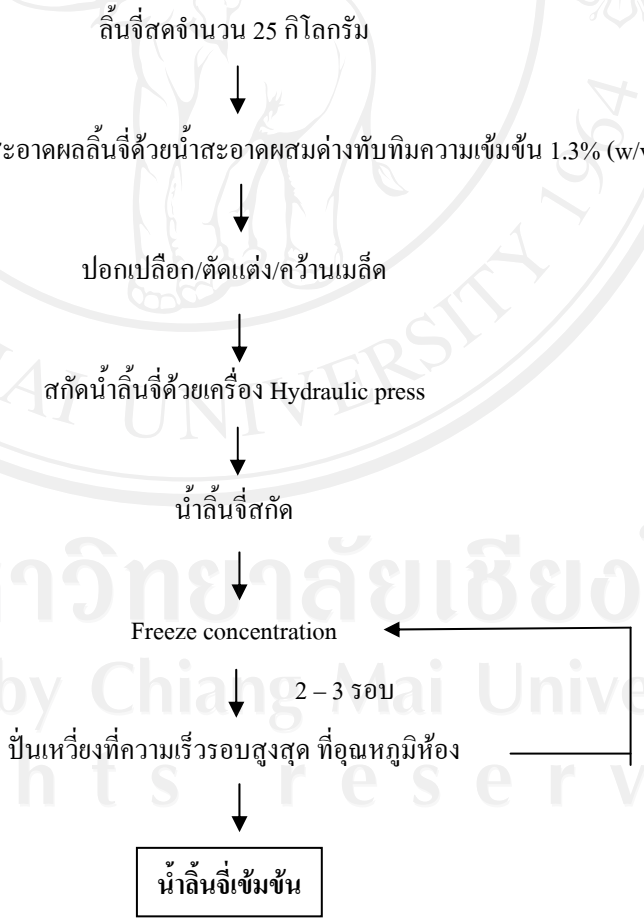
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM): JEOL; JFM-5410LV, Japan)

3.3 วิธีการทดลอง

1. วิธีการผลิต และศึกษาคุณภาพของน้ำลิ้นจี่เข้มข้น

1.1 ผลิตน้ำลิ้นจี่เข้มข้นโดยใช้กระบวนการทำให้เข้มข้นแบบแช่เยือกแข็ง (freeze concentration) ด้วยเครื่องปั่นไอศครีม (Ice Star: Model Turn Pro 1; Marchcool, Thailand) โดยทำให้ส่วนที่เป็นน้ำในน้ำลิ้นจี่เกิดเป็นผลึกน้ำแข็งใช้อุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของใบพัดที่ระดับสูงสุด เป็นระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการแยกเอาผลึกน้ำแข็งออกจากน้ำลิ้นจี่เข้มข้นโดยการปั่นเหวี่ยง (Marchcool, Thailand) ความเร็วรอบระดับสูงสุด ที่อุณหภูมิห้อง รูป 3.1 แสดงขั้นตอนการผลิตน้ำลิ้นจี่เข้มข้นด้วยเทคนิคแช่เยือกแข็ง



รูป 3.1 การผลิตน้ำลิ้นจี่เข้มข้นด้วยเทคนิคแช่เยือกแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 วิเคราะห์คุณภาพของน้ำลิ้นจี่เข้มข้น ดังนี้

1.2.1 คุณภาพทางด้านเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณกรดทั้งหมดโดยวิธีไตเตรทตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณกรดอินทรีย์ (กรดมาลิค กรดซิตริค และกรดซัคซินิค) โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีของ Ball (2008)
- ปริมาณกรดแอสคอร์บิค โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีของ Rodriguez-Comesana *et al*. (2002)
- ปริมาณกรดอะมิโนไลซีนโดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีของ Easton (2009)
- สารให้กลิ่นรส (flavor) ด้วยเครื่อง GC ตามวิธีของ Sriseadka *et al*. (2006)

1.2.2 คุณภาพทางด้านกายภาพ

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Minolta Camera Colorimeter
- ความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield) ตามวิธีของ Ahmed *et al*. (2000)

1.2.3 คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา

- Total plate count ตามวิธีของ AOAC (2000)
- Yeasts and moulds ตามวิธีของ AOAC (2000)
- Coliform bacteria และ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และสารเพิ่มความคงตัว

2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส (binders) ระหว่างมอลโต-เดกตริน (maltodextrin) เดกโตรส (dextrose) และซอร์บิทอล (sorbitol)

นำน้ำลิ้นจี่เข้มข้นที่ได้จากข้อ 1 มาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design (ตาราง 3.1) และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Design Expert วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ค่ากิจกรรมของน้ำโดยใช้เครื่อง Water activity meter

ตาราง 3.1 แผนการทดลองแบบ Mixture design เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส

สูตร	Maltodextrin (%)	Sorbitol (%)	Dextrose monohydrate (%)
1	1.0	0.0	0.0
2	0.0	1.0	0.0
3	0.0	0.0	1.0
4	0.5	0.5	0.0
5	0.5	0.0	0.5
6	0.0	0.5	0.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ศึกษาปริมาณสารเพิ่มความคงตัว (stabilizers) ที่เหมาะสมต่อการเกิดโฟมของส่วนผสมก่อนทำการอบแห้งนำส่วนผสมที่เหมาะสมจากข้อ 2.1 มาเติมปริมาณสารเพิ่มความคงตัว คือ สารผสมระหว่างคาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (carboxy methyl cellulose, CMC) และ กลีเซอรอลโมโน-สเตียเรท (glycerol monostearate, GMS) อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยผันแปรปริมาณของสารผสม 3 ระดับ

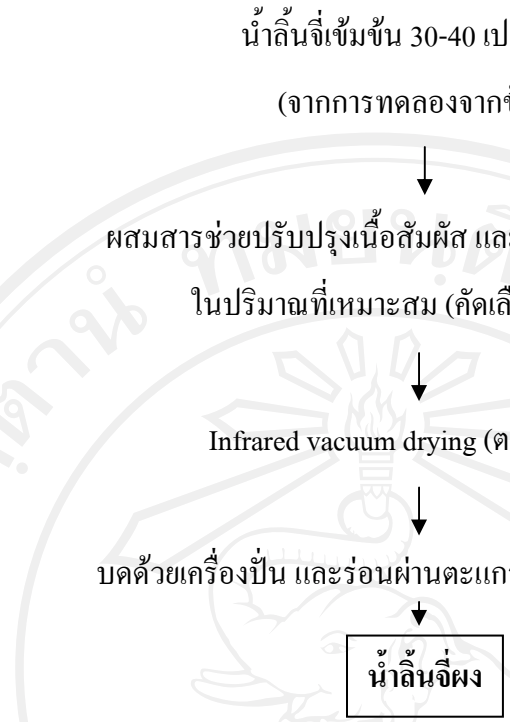
คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน (% overrun) ตามวิธีของสมชาย (2548) และความหนาแน่นของโฟม (Akintoye and Oguntunde, 1991) โดยการหาค่ามวลต่อปริมาตร จากนั้นทำการคัดเลือกคุณภาพที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาตอนต่อไป

3. กระบวนการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

นำน้ำลิ้นจี่เข้มข้นที่ผสมสารช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และสารเพิ่มความคงตัวในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 2 มาระเหยน้ำด้วยเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดภายใต้สภาวะสุญญากาศตามขั้นตอนการผลิตในรูป 3.2 ศึกษากราฟการทำแห้ง (drying curve) ของการระเหยน้ำ โดยตรวจสอบค่ากิจกรรมของน้ำ และปริมาณความชื้น โดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส โดยลดความดันจาก 900 มิลลิบาร์ไปจนถึง 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปรับอุณหภูมิเป็น 45 องศาเซลเซียส ความดันคงที่ที่ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่ผงดังต่อไปนี้

- ค่าสี ด้วยเครื่อง Minolta Camera Colorimeter
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)
- ปริมาณกรดอินทรีย์ (กรดมาลิค กรดซิตริค และกรดซัคซินิค) โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีของ Ball (2008)
- ปริมาณกรดแอสคอร์บิค โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีของ Rodriguez-Comesana *et al*. (2002)
- ปริมาณกรดอะมิโนไลซีน โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีของ Easton (2009)
- สารให้กลิ่นรส (flavor) ด้วยเครื่อง GC-MS ตามวิธีของ Sriseadka *et al*. (2006)
- Total plate count ตามวิธีของ AOAC (2000)
- Yeasts and moulds ตามวิธีของ AOAC (2000)
- Coliform bacteria และ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.2 การทำแห้งน้ำลิ้นจี่ด้วยเทคนิค Infrared vacuum drying

4. ศึกษาความสามารถในการละลาย และโครงสร้างระดับจุลภาคของน้ำลิ้นจี่ผง

4.1 นำลิ้นจี่ผงที่ผลิตได้จากข้อที่ 3 มาทดสอบความสามารถในการละลายของลิ้นจี่ผง ในน้ำอุณหภูมิ 4, อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส) และ 100 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ Al–Kahtani and Hassan (1990) จากนั้นทำการหาอัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมระหว่างน้ำ และลิ้นจี่ผงที่ผู้บริโภคยอมรับด้วยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 5-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน โดยพิจารณาจากคุณลักษณะทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหวาน ความเค็ม ความข้นหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความชอบโดยรวม ซึ่งคะแนนเท่ากับ 5 คือ ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 คือ ชอบน้อยที่สุด

4.2 ตรวจวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาค (microstructure) ของลิ้นจี่ผง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) เพื่อศึกษาโครงสร้างความพรุน และรอยแตกของลิ้นจี่ผง ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการละลายของลิ้นจี่ผง โดยผงลิ้นจี่ที่มีรอยแตกมากจะมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับน้ำมากขึ้นจะละลายน้ำได้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ศึกษาเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำลิ้นจี่ผงในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเก็บน้ำลิ้นจี่ผงในถุงชนิดลามิเนทฟอยล์ภายใต้สภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน โดยทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 1 เดือน และทำการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของน้ำลิ้นจี่ผงตามข้อ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved