บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูป

- มะม่วงพันธุ์แก้วเขียว
- โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (Potassium Metabisulfite ;$K_2S_2O_5$,Food grade,Lab P&P,Thailand)
- โพแทสเซียมซอร์เบท (Potassium Sorbate;$C_6H_7KO_2$, Food grade,Lab P&P,Thailand)
- แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride;$CaCl_2$, Food grade,Lab P&P,Thailand)
- กลีเซอรอล (Glycerol; $C_3H_8O_3$, Food grade, Lab P&P,Thailand)
- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride; NaCl,Food grade,Lab P&P,Thailand)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป

- เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ (Solar tunnel dryer : Model of Hohenheim University, Germany)
- เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum dryer : Model of Royal Project Foundation, Chiang Mai, Thailand)
- เครื่องกวน (Agitator : ผลิตภายในประเทศ)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Mettler : Model BB120 , Switzerland)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- เครื่องวัดสี (HunterLab : ColorQuest II Colorimeter,USA(Hunter Lab, 1997))
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron Universal Testing Machine :Model 5565 (Instron , 1993))

2. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (UV/VIS Spectrophotometer : Model V-530)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath , GFL: Model D1004,Germany)
- เครื่องวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw-box, Novasina : AWC200, Switzerland)
- ตู้อบลมร้อน (Hor air oven, Memmert : Model ULM-400, USA)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge, Kubota : Model 5100 ,Japan)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Microprocessor pH-meter, Hanna Instrument : Model WB14,Germany)
- เครื่องปั่น (Blender, National: Model MX-T1PN, Taiwan)

3. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, IWAKI Glass Co.,Ltd :Model AVC-3167, Japan)
- ตู้บ่มเชื้อ (Incubator, Hereaus :Model D-6450 Hanna , Germany)
- เครื่องตีปั่น (Laboratory Blender Stomacher :Model 400,Seward Chemical.,England)

4. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบสอบถาม (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide; NaOH, J.T. Baker,USA)
- ฟีนอฟธาลีน (Phenolphthalein; $C_{20}H_{14}O_4$, Fisher Scientific, UK)
- Zinc acetate dihydrate ; $C_4H_6O_4Zn.2H_2O$, Fluka,Germany)
- โพแทสเซียมเฟอโรไซยาไนด์ (Potassium Ferro Cyanide; $K_4(Fe(CN_6)).3H_2O$, Merck, Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate; CuSO4.5H2O, Carlo Erba Reagenti, Germany)
- โซเดียมโพแทสเซียมทาร์เทรต (Sodium Potassium Tartrate; $C_4O_6H_4NaK.4H_2O$, Carlo Erba Reagenti)
- เมธีลีนบลู (Methylene Blue ; $(CH_2)_2NC_6H_3N:C_6H_3(N(CH_3)2):SCl.3H_2O$, Fisher Scientific, UK)
- โพแทสเซียมเพอริโอเดท (Potassium Perriodate; KIO4, Carlo Erba Reagenti,Germany)
- โพรพีลีนไกลคอล (Propylene glycol; $C_3H_8O_2$, Merck, Germany)
- Bromocresol purple (MAY & BAKE, UK.)
- โพแทสเซียมโครเมต (Potassiun Chromate;K_2CrO_4 , AnalaR, England)
- โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate ; $K_2Cr_2O_7$, AnalaR, England)
- เงินไนเตรท (Silver Nitrate ; $AgNO_3$, Merck, Germany)
- กรดเมตาฟอสโฟริก (Metaphosphoric Acid; $(HPO_3)_n$, Merck,Germany)
- ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether ;$(C_2H_5)_{20}$, LAB-SCAN, Ireland)
- ไดเอทธีลอีเทอร์ (Diethyl ether ; $(C_2H_2)_2O$, LAB-SCAN ,Ireland)
- Sulfite Enzymatic Bioanalysis Kit (Boehringer Mannheim UV Method)
- PCA Plate Count Agar (Difco, USA.)
- PDA Potato Dextrose Agar (Difco, USA.)
- Peptone (Difco, USA.)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid ; $C_4H_6O_6$, Merck, Germany)

- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl, Merck,Germany)

เครื่องประมวลผลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix version 4.1
- โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel
- โปรแกรมสำเร็จรูป Mathcad 7 professional
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การวางแผนการทดลอง

การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายประกอบด้วยน้ำเป็นตัวทำละลายและเป็นส่วนประกอบหลักและมีตัวถูกละลายทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ กลีเซอรอล น้ำตาลซูโครส เกลือโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซอร์เบท โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์และแคลเซียมคลอไรด์ กระบวนการเตรียมสารละลายพื้นฐานคือ ใช้น้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักกับปริมาณมะม่วงที่ต้องการแช่ เช่นใช้น้ำ 1 กิโลกรัมหรือ 1000 มิลลิลิตร เมื่อต้องการแช่มะม่วง 1 กิโลกรัม แล้วทำการละลายตัวถูกละลายทั้ง 6 ชนิด โดยชั่งน้ำหนักตัวถูกละลายแต่ละชนิดตามสัดส่วนที่ใช้ในแต่ละการทดลองคิดเทียบกับปริมาณน้ำที่ใช้ในระบบเป็นหลัก

การเตรียมมะม่วง

คัดเลือกมะม่วงแก้วเขียวผลแก่จัดที่มีขนาดพอเหมาะ นำมาบ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วน 10 กรัมต่อมะม่วง 1 กิโลกรัมที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งมะม่วงสุกจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid) ประมาณ 14-16 องศาบริกซ์ หรือใช้เวลาในการบ่มประมาณ 2 วัน หลังจากนั้นนำมะม่วงมาล้างน้ำ ปอกเปลือกและทำให้เป็นชิ้นความหนา 1 เซนติเมตร ตามความยาวของผลด้วยเครื่องสไลด์ที่สามารถปรับความกว้างได้ตามความหนาที่ต้องการ

นำชิ้นมะม่วงที่ได้มาแช่ในสารละลายเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกำจัดน้ำตาลส่วนเกินโดยการล้างผ่านน้ำเย็นที่อุณหภูมิห้อง ทิ้งให้สะเด็ดน้ำแล้วจึงนำไปอบจนกระทั่งมะม่วงมีน้ำหนักคงที่ หรือมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 15 – 18 โดยใช้เครื่องอบแห้งสุญญากาศอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและความดัน 20 มิลลิบาร์ ใช้เวลา 8-10 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเริ่มต้นและตำแหน่งของมะม่วงภายในเครื่องอบแห้ง บรรจุผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ได้ในถุงโพลีโพรพีลีนเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารที่เป็นองค์ประกอบของสารละลาย

ตอนที่ 1.1 การสำรวจเค้าโครงผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง

ก่อนทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องทราบข้อมูลเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ก่อน เพื่อทราบแนวทางในการพัฒนาที่ถูกต้อง ว่ามีลักษณะใดของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและต้องการให้พัฒนาไปในทิศทางใด โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอยู่แล้วในตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่างอ้างอิง ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน หาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค Ideal ratio profile (ไพโรจน์, 2536) ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์เพื่อดูลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน โดยใช้สเกลเส้นตรงแบบ Horizontal line scale และให้ผู้ทดสอบเป็นคนกำหนดลักษณะต่างๆด้วยตนเอง ซึ่งลักษณะที่ใช้ในการทดสอบแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ คือ ลักษณะปรากฏภายนอก ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ และการยอมโดยรับรวม จากนั้นให้ผู้ทดสอบชิมทำเครื่องหมายลงบนสเกลในตำแหน่งที่เห็นว่าเป็นความรุนแรงหรือความเข้มข้นของลักษณะนั้นที่เหมาะสมที่สุด ของผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ (Ideal) และทำอีกเครื่องหมายในตำแหน่งที่ผู้บริโภคเห็นว่าเป็นลักษณะความรุนแรงหรือความเข้มข้นจริงของตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงในการทดสอบ หาค่าสัดส่วนของระยะทางระหว่างตำแหน่งทั้งสองเพื่อเป็นข้อมูลเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาในการทดลองต่อไปตามแบบการทดสอบของวิธี Ideal ratio profile ซึ่งถ้าค่าสัดส่วนของลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าตัวอย่างมีลักษณะนั้นตามที่ผู้บริโภคต้องการจึงไม่ต้องทำการพัฒนาต่อไป แต่ถ้าค่าสัดส่วนมีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 หมายความว่าต้องพัฒนาให้ลักษณะนั้นมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงตามลำดับเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด และจะถือเอาเค้าโครงที่ได้ในขั้นตอนนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตลอดการวิจัย

ตอนที่ 1.2 การคัดเลือกปัจจัยหลักในระบบสารละลาย

ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของระบบสารละลายมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ กลีเซอรอล น้ำตาลซูโครส เกลือโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมซอร์เบท โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ และแคลเซียมคลอไรด์ เนื่องจากส่วนผสมที่เป็นปัจจัยในการศึกษามีมากจึงจำเป็นต้องกลั่นกรองเบื้องต้นให้เหลือเฉพาะปัจจัยหลัก (Main effect) หรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์เท่านั้น จึงใช้แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design (ไพโรจน์ , 2536) ซึ่งสามารถใช้คัดเลือก

ปัจจัยให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีระดับปัจจัยระดับสูง (High level ; +) และระดับต่ำ (Low level; -) ตามหลักการของ Plackett and Burman design เมื่อการทดลองต้องการกลั่นกรองปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จึงใช้การทดลองที่มีแผนการทดลอง N เท่ากับ 12 หน่วยการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยมีปัจจัยที่ต้องการกลั่นกรองทั้งหมด 6 ปัจจัยคือ A-F ส่วนที่เหลืออีก 5 ตัวจะเป็น Dummy variables คือ G-K เพื่อใช้ในการหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของการทดลอง

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman design

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ต้องการศึกษา										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
2	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+
3	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
4	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
5	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
6	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
7	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
8	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+
9	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
10	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
11	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : ปัจจัย A-F แทนปัจจัยที่ต้องการศึกษา ปัจจัย G-K แทน Dummy variables เครื่องหมาย + หมายถึง ระดับสูง เครื่องหมาย - หมายถึง ระดับต่ำ

ตารางที่ 3.2 ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษาส่วนประกอบของระบบสารละลายที่ระดับสูง (+) และระดับต่ำ (-)

ปัจจัย	ระดับต่ำ (-)(ร้อยละ)	ระดับสูง (+)(ร้อยละ)
กลีเซอรอล (A)	20	40
น้ำตาลซูโครส(B)	20	40
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์(C)	0.1	0.5
โพแทสเซียมซอร์เบท (D)	0.1	0.5
แคลเซียมคลอไรด์ (E)	0.1	0.5
โซเดียมคลอไรด์ (F)	1	2

หมายเหตุ : สัดส่วนที่ใช้คิดเทียบกับน้ำร้อยละ 100 โดยน้ำหนักของระบบ

เมื่อแช่มะม่วงแก้วในสารละลายที่เตรียมตามตารางที่ 3.1 แล้วจึงนำไปอบแห้ง ผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ได้จากการทดลองจะนำมาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

- **คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส**

ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวมตามเค้าโครงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตอนที่ 1.1 โดยใช้แบบทดสอบ Ideal ratio technique (ไพโรจน์ , 2536)

- **คุณภาพทางกายภาพ**

- ค่าสีในระบบ Hunter L a b (ColorQuest II(HunterLab,1997))

- **คุณภาพทางเคมี**

- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ โดยวิธีไตเตรท (AOAC,1995)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธีของ Lane and Eynon (AOAC,1995)
- ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity) (Aw-box , Novasina : AWC200 , Switzerland)
- ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ (Enzymatic Analysis, Boehringer, 1996)
- ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC,1995)

- **คุณภาพทางจุลชีววิทยา**

  - ตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC , 1995)

  - ยีสต์และรา (Yeast and mold) (AOAC , 1995)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบเท่านั้น

ตอนที่ 1.3 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวถูกละลายในสารละลาย

จากขั้นตอนที่ 1.2 ทำให้สามารถกลั่นกรองได้ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือเป็นปัจจัยหลักของระบบ จากนั้นจึงนำปัจจัยหลักที่กลั่นกรองได้มาศึกษารายละเอียด เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยต่อไป โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^n Factorial experiment (Central composite design) เมื่อ n เท่ากับ จำนวนปัจจัยที่ผ่านการกลั่นกรองจากขั้นตอน 1.2 และ 2 คือจำนวนระดับปัจจัยที่ต้องการศึกษา ซึ่งก็คือระดับสูง (+) และระดับต่ำ (-) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

- **คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส**

ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติและการยอมรับรวมตามเค้าโครงผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากตอนที่ 1.1 โดยใช้แบบทดสอบ Ideal ratio technique (ไพโรจน์ , 2536)

- **คุณภาพทางกายภาพ**

  - ค่าสีในระบบ Hunter L a b (ColorQuest II (HunterLab,1997))

  - ค่าแรงกด (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron , 1993))

- **คุณภาพทางเคมี**

  - ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ โดยวิธีไตเตรท (AOAC,1995)

  - ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Lane and Eynon (AOAC,1995)

  - ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity) (Aw-box,Novasina:AWC200, Switzerland)

  - ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ (Enzymatic Analysis,Boehringer, 1996)

- ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC,1995)
- ปริมาณกลีเซอรอล (AOAC,1995)
- ปริมาณเกลือ (AOAC,1995)

- **คุณภาพทางจุลชีววิทยา** ได้แก่
  - ตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 1995)
  - ยีสต์และรา (Yeast and mold) (AOAC , 1995)

  แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมต่อไป

ตอนที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบ

ศึกษาการเตรียมวัตถุดิบ เพื่อหาระดับความสุกและความหนาของมะม่วงแก้วที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points โดยผันแปรระดับความสุก 2 ระดับคือระดับต่ำและสูง ส่วนความหนาระดับต่ำเป็น 0.5 เซนติเมตร ระดับสูงเป็น 1.5 เซนติเมตร และระดับกึ่งกลาง 1.0 เซนติเมตร มีการทดลองซ้ำที่ระดับกึ่งกลาง 3 ซ้ำ นำหน่วยทดลองที่ได้ไปแช่ในสารละลาย ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วและนำไปอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ เช่นเดียวกับตอนที่ 1.3 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกระดับความสุกและความหนาของชิ้นมะม่วงที่เหมาะสมต่อไป

ตอนที่ 3 ศึกษาวิธีการแช่สารละลายที่เหมาะสม

ศึกษาวิธีการแช่สารละลายที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบการแช่สารละลายแบบสภาวะนิ่งและแบบมีการกวนสารละลายและหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่ โดยควบคุมอัตราเร็วของการกวนสารละลายให้คงที่ วางแผนการทดลองแบบ Factorial experimental design โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้ววิเคราะห์ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water loss) ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid gain) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในชิ้นมะม่วงและในสารละลายที่เวลาต่างๆ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ตอนที่ 4 ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และเครื่องอบแห้งสุญญากาศ

ตอนที่ 4.1 การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) มี ปัจจัย 1 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ แปรผันอุณหภูมิเป็น 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส และควบคุมความดันเป็น 20 มิลลิบาร์ เท่ากันทุกการทดลอง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมีและทางกายภาพเช่นเดียวกับตอนที่ 1.3 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาสภาวะการอบที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

ตอนที่ 4.2 การศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

เป็นการศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้ง เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเข้มแสง และเวลาการอบแห้ง จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมีและทางกายภาพเช่นเดียวกับตอนที่ 1.3 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาสภาวะการอบที่เหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

เมื่อทราบสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งทั้งสองแบบแล้ว ทำการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 2 แบบ ด้วยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ทั้งหมดเช่นเดียวกับตอนที่ 1.3

ตอนที่ 5 ศึกษาผลของชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

จากขั้นตอนที่ 4 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มะม่วงแก้วอบแห้งที่ผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่สุดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและการยอมรับดีที่สุด จากนั้นจะเป็นการศึกษาผลของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยชนิดของภาชนะบรรจุที่ต้องการศึกษามีสองชนิด ดังนี้

1. ถุง Oriented Polypropylene หรือ OPP
2. ถุง Aluminium foil หรือ อลูมิเนียมเปลว

สำหรับอุณหภูมิที่ศึกษา แปรผันเป็น 3 ระดับ คือ 0 , 30 และ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของสภาวะการขายที่เก็บในตู้เย็น เก็บที่อุณหภูมิห้อง และสภาวะเร่ง ตามลำดับ ดังนั้นการทดลองนี้จึงวางแผนการทดลองแบบ 2*3 Factorial experiment in completely randomized design ทำการวิเคราะห์คุณภาพของสิ่งทดลองที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ ที่เวลาการเก็บรักษาเป็น 0 , 2, 4 , 8 , 16 และ 24 สัปดาห์ คุณภาพที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ดังนี้

- **คุณภาพทางประสาทสัมผัส**

ได้แก่ ลักษณะปรากฏภายนอก เช่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง กลิ่นและรสชาติ และการยอมรับรวม ซึ่งทั้งนี้ใช้แบบทดสอบ Ideal ratio technique เช่นเดียวกับการทดสอบในตอนต้น (ไพโรจน์ , 2536)

- **คุณภาพทางกายภาพ**
  - ค่าสีระบบ Hunter (L a b) (ColorQuest II (HunterLab,1997))
  - ค่าแรงกด (Instron Universal Testing Machine Model 5565 (Instron , 1993))

- **คุณภาพทางเคมี**
  - ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC,1990)
  - ค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity) (Aw-box, Novasina : AWC200 , Switzerland)

- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธีของ Lane & Eynon (AOAC,1995)
- ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ (Enzymatic Analysis,Boehringer , 1996)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ โดยวิธีไตเตรท(AOAC,1995)
- ปริมาณกลีเซอรอล (AOAC,1995)
- ปริมาณเกลือ (AOAC,1995)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter , Orion:520A,USA (AOAC, 1995))

- **คุณภาพทางจุลชีววิทยา**
  - ตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 1995)
  - ยีสต์และรา (Yeast and mold) (AOAC , 1995)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมด มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Sx 4.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ของชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิการเก็บรักษา ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ และหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพิจารณาเพื่อการผลิตและจำหน่ายในทางอุตสาหกรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University