

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1.1 กล้วยน้ำว้า ระดับความสุกร้อยละ 90
- 3.1.1.2 กล้วยหอม ระดับความสุกร้อยละ 90
- 3.1.1.4 มะละกอฟันธุ์แขกดำ
- 3.1.1.5 น้ำตาลทราย
- 3.1.1.6 เพกตินเมทอกซิลด้า (Grindsted[®] Pectin LC710)
- 3.1.1.7 แคลเซียมคลอไรด์ (food grade)
- 3.1.1.8 แอสพาร์เทม (Aspartame powder, Helm Mahaboon Co.,Ltd)
- 3.1.1.9 ซอร์บิทอล ความเข้มข้นร้อยละ 70
- 3.1.1.10 มอลติทอล (Crystalline maltitol; MC-Towa International Sweeteners Co.,Ltd.)
- 3.1.1.11 กรดซิตริก (food grade)
- 3.1.1.12 กระจกพลาสติกพร้อมฝา

3.1.2 อุปกรณ์ในการผลิต

- 3.1.2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 3.1.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 3.1.2.3 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.1.2.4 Hand refractometer
- 3.1.2.5 pH meter
- 3.1.2.6 เครื่องบดผสม (Blender)

3.1.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

- 3.1.3.1 Hand refractometer (Atago)
- 3.1.3.2 pH meter (Schott Model CG840)
- 3.1.3.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง
- 3.1.3.4 Texture Analyzer (Model TA-XT2i)
- 3.1.3.5 a_w meter (Rotronic Model Aw2101)
- 3.1.3.5 Color reader (Minolta CR-10)
- 3.1.3.6 อุปกรณ์เครื่องแก้วเพื่อการวิเคราะห์

3.1.4 สารเคมี

- 3.1.4.1 Mixed Fehling solution
- 3.1. 4.2 Carrez reagent No. 1 & No.2
- 3.1. 4.3 Methylene blue indicator
- 3.1. 4.4 Sodium hydroxide solution
- 3.1. 4.5 phenolphthalein indicator

3.1.5 โปรแกรมประมวลผล

โปรแกรม Microsoft Excel และ โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป Statistix version 7

3.2 วิธีการและแผนการทดลอง

3.2.1 การผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอดันแบบโดยการลดน้ำตาล

การทดลองนี้จะทดลองผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอดันแบบ โดยการลดน้ำตาล โดยใช้สูตรและกระบวนการผลิตที่ดัดแปลงมาจากการผลิตแยมสับปะรด (นราพร, 2543) โดยมีส่วนผสมและกระบวนการผลิตดังนี้

ส่วนผสม

- กล้วยผสมมะละกอบั่น	ร้อยละ 51.22
- น้ำสะอาด	ร้อยละ 34.15
- น้ำตาลทราย	ร้อยละ 13.87
- เพกตินเมทอกซิลต่ำ	ร้อยละ 0.7
- แอสพาร์เทม	ร้อยละ 0.2

- แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 3 (ของเพกตินเมทอกซิลต่ำ)

- สารละลายกรดซิตริก ร้อยละ 50 ใช้ปรับให้มีความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.3-3.5

หมายเหตุ : อัตราส่วนกล้วย : มะละกอ เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก

กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม ระดับความสุกร้อยละ 90 เปลือกกล้วยจะเหลืองซีด มีสีน้ำตาลตามผิว เปลือกเล็กน้อย ผลกล้วยค่อนข้างกลม กล้วยหักจากหวีได้ง่าย (การคัดเกรดของกล้วยที่มีคุณภาพ, ออนไลน์)

มะละกอ ควบคุมให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10-12 บริกซ์

กระบวนการผลิตขนม มีดังนี้

1. ปอกเปลือกกล้วยน้ำว้า แล้วขูดเอาเฉพาะเนื้อส่วนนอกไม่ให้ติดไส้ใน
2. ปอกเปลือกมะละกอ เอาเมล็ดและผิวที่อยู่ติดเมล็ดออก หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก
3. ชั่งกล้วยน้ำว้าและมะละกอตามสูตร นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องบดผสม
4. เติมสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 ลงไปเพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 3.3-3.5
5. แบ่งน้ำจากสูตรมาส่วนหนึ่ง เพื่อใช้ในการละลายเพกติน และละลายแคลเซียมคลอไรด์
6. ผสมเพกตินกับน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 1:5 โดยน้ำหนัก เพื่อให้เพกตินละลายได้ง่าย เติมน้ำที่แบ่งไว้ นำไปให้ความร้อนจนส่วนผสมของเพกตินและน้ำตาลละลายหมด
7. ใส่กล้วยน้ำว้าและมะละกอปั่น น้ำ น้ำตาลส่วนที่เหลือลงในหม้อ ให้ความร้อนโดยใช้หม้อ 2 ชั้น (Double jacket) จนส่วนผสมมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จึงลดอุณหภูมิเหลือ 60 องศาเซลเซียส
6. เติมสารละลายเพกตินผสมน้ำตาล แอสพาร์เทม และสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ลงไป คนให้เข้ากัน แล้วบรรจุในกระปุกพลาสติกที่ผ่านการล้างน้ำคลอรีน และปิดฝาทันที จากนั้นจึงทำให้เย็น

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แยมดันแบบแสดงดังภาพที่ 3.1

การวิเคราะห์คุณภาพและการประเมินผล

1) คุณภาพทางเคมี

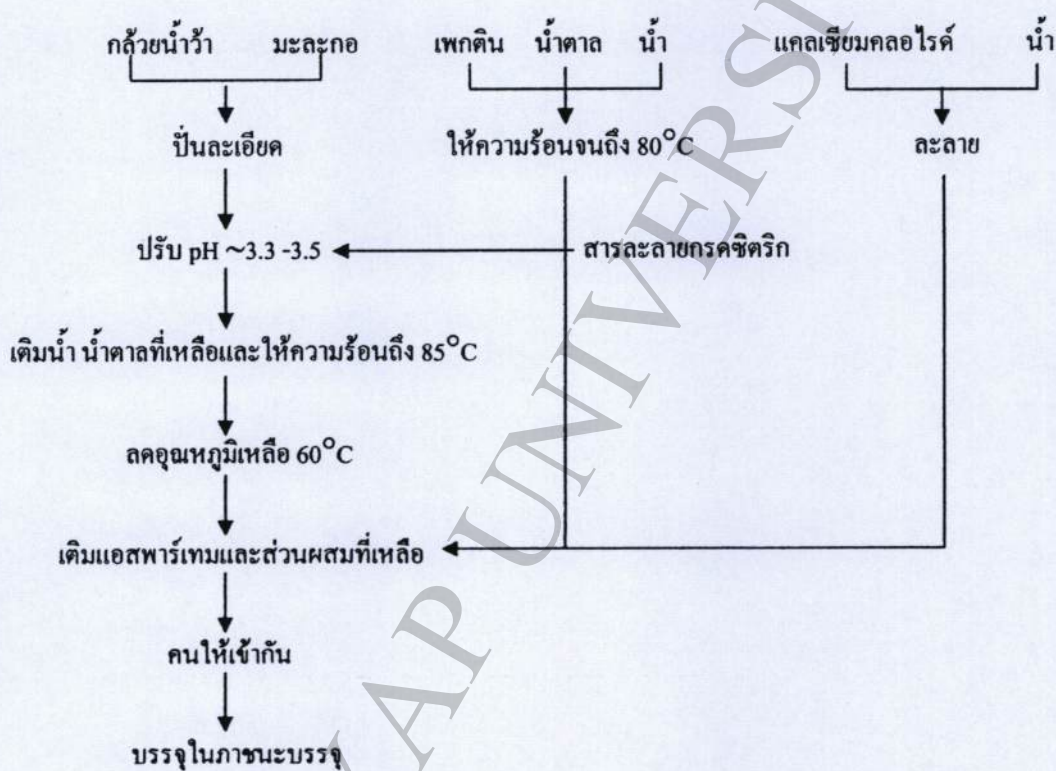
ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ด้วย pH meter และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand refractometer

2) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบมาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ร่วมกับการทดสอบความพอดี (5-Point just about right) กับผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คนที่เป็นนักศึกษาศาขานิติศาสตร์และเทคนิโณโลยีอาหาร คุณลักษณะที่ทำการทดสอบประกอบด้วย สี

ของแยม กลิ่นกล้วย กลิ่นมะละกอ ความสามารถในการแผ่กระจาย (Spreadability) ความแข็งของเจล (Gel strength) รสหวาน และรสเปรี้ยว โดยผู้ทดสอบชิมจะได้รับตัวอย่างที่มีการคิดรหัสเลขสุ่ม 3 หลัก ที่ควบคุมอุณหภูมิขณะเสิร์ฟในช่วง 4-8 องศาเซลเซียส พร้อมขนมปังและแบบสอบถาม (ดังภาพผนวก ข)

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale จะนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี 5-point just about right จะนำมาคำนวณในรูปร้อยละของจำนวนผู้ทดสอบ เพื่อหาทิศทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอดันแบบ โดยการลดน้ำตาล

แหล่งที่มา : คัดแปลงจากนราพร, 2543

3.2.2 การศึกษาปริมาณกล้วยและมะละกอที่เหมาะสมในการผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอ โดยการลดน้ำตาล

3.2.2.1 การศึกษาปริมาณกล้วยน้ำว้าและมะละกอ

การทดลองนี้จะทำการศึกษาปริมาณกล้วยและมะละกอที่จะใช้เป็นส่วนผสมในแยม โดยผันแปรปริมาณกล้วยน้ำว้าและมะละกอ 3 ระดับ ด้วยแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลองระดับละ 2 ซ้ำ โดยผันแปรปริมาณกล้วยน้ำว้าในรูปร้อยละของ

ส่วนผสมระหว่างกล้วยน้ำว้าและมะละกอ ปริมาณกล้วยน้ำว้าที่ทำการผันแปรในแต่ละสิ่งทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณกล้วยที่ผันแปรในแต่ละสิ่งทดลอง

ระดับที่ผันแปร	ปริมาณกล้วย (ร้อยละของส่วนผสมกล้วยน้ำว้าและมะละกอ)
1	40
2	50
3	60

ในการทดลองนี้จะเพิ่มส่วนผสมของกล้วยหอมในส่วนเนื้อผลไม้ เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะด้านกลิ่นกล้วย ซึ่งจะกำหนดปริมาณกล้วยหอม ในแต่ละสูตรครั้งที่ร้อยละ 15 ของส่วนผสมของผลไม้ทั้งหมด ปริมาณผลไม้ในแต่ละสิ่งทดลองแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณผลไม้แต่ละชนิดในแต่ละสิ่งทดลอง

สิ่งทดลองที่	กล้วยน้ำว้า (ร้อยละ)	มะละกอ (ร้อยละ)	กล้วยหอม (ร้อยละ)
1	34	51	15
2	42.5	42.5	15
3	51	34	15

สำหรับส่วนผสมอื่นกำหนดให้คงที่ ทำการผลิตแยมด้วยกระบวนการผลิตแยมคั้นแบบคังภาพที่ 3.1

การวิเคราะห์คุณภาพและการประเมินผล

1) คุณภาพทางเคมี

ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ด้วย pH meter และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand refractometer

2) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คนที่เป็นนักศึกษาศาखाวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คุณลักษณะที่จะทำการทดสอบประกอบด้วย สี กลิ่นกล้วย กลิ่นมะละกอ ความสามารถในการแผ่กระจาย (Spreadability)

ความแข็งของเจล (Gel strength) รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบรวม โดยผู้ทดสอบชิมจะได้รับตัวอย่างที่มีการคิดรหัสเลขสุ่ม 3 หลัก ที่ควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างขณะเสิร์ฟในช่วง 4-8 องศาเซลเซียส พร้อมขนมปังและแบบสอบถาม (ดังภาพผนวก ข)

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางเคมีและทางประสาทสัมผัสจะนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาปริมาณกล้วยและมะละกอดีที่เหมาะสมที่จะในการพัฒนาสูตรต่อไป

3.2.2.2 การขึ้นชั้นปริมาณกล้วยน้ำว้าและมะละกอ

การทดลองตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขึ้นชั้นปริมาณกล้วยน้ำว้าและมะละกอดีที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3.2.2.1 โดยทำการผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอสูตรที่มีปริมาณกล้วยน้ำว้าและมะละกอดีที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3.2.2.1

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 16 คนด้วยวิธี Paired preference เพื่อหาสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากกว่า และสรุปปริมาณกล้วยน้ำว้าและมะละกอดีที่จะใช้ในการพัฒนาแยมกล้วยผสมมะละกอ โดยการลดน้ำตาลต่อไป

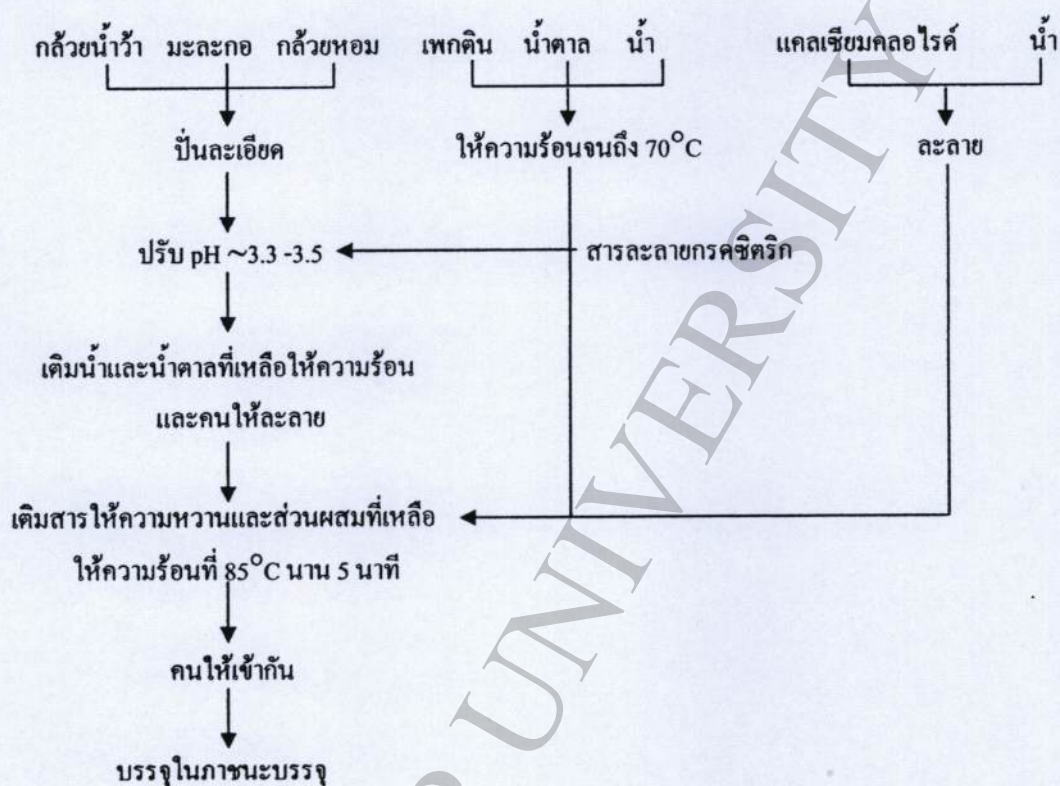
3.3.3 การศึกษาสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในแยมกล้วยผสมมะละกอ

ศึกษาสารให้ความหวานแทนน้ำตาล (Sweeteners) ในกลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ 2 ชนิด คือ ซอร์บิทอลความเข้มข้นร้อยละ 70 และมอลติทอล (Crystalline maltitol) โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2^2 Factorial experiment with 3 center points ทำการผันแปรปริมาณซอร์บิทอลในช่วง 0-360 กรัม และมอลติทอลในช่วง 0-200 กรัม สิ่งทดลองร่วมที่ได้จากการผันแปรปัจจัยทั้งสองแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สิ่งทดลองร่วมที่ได้จากการผันแปรปริมาณซอร์บิทอลและมอลติทอล

สิ่งทดลองร่วม	ปริมาณซอร์บิทอล (กรัม)	ปริมาณมอลติทอล (กรัม)
1	0	0
2	360	0
3	0	200
4	360	200
5	180	100
6	180	100
7	180	100

สำหรับส่วนผสมอื่นๆ กำหนดให้คงที่ คือ เนื้อผลไม้ 350 กรัม น้ำสะอาด 233.33 กรัม น้ำตาล 94.77 กรัม และใช้ปริมาณของซอร์บิทอลและมอลติทอลดังตารางที่ 3.3 ปริมาณเพกตินใช้ร้อยละ 0.7 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และใช้แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 3 ของเพกติน ทำการผลิตรูปภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตแยมก๊วยผสมมะละกอในการศึกษาปริมาณสารให้ความหวาน

การวิเคราะห์คุณภาพและการประเมินผล

1) คุณภาพทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์

- ค่าสีในระบบ L* a* b* (Color reader: Minolta CR-10)
- a_w (a_w meter: Rotronic)
- ความสามารถในการแผ่กระจาย (Spreadability) (Texture Analyzer: TA-XT2i)

2) คุณภาพทางเคมี ทำการวิเคราะห์

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (AOAC, 2000)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC, 2000)

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3.2.2

ข้อมูลที่ได้จะนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาการหาสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป Statistix version 7.0 โดยเลือกสมการที่มีค่า Adjusted R^2 ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป และหาปริมาณสารให้ความหวานที่เหมาะสม

3.2.4 การทดลองเพื่อยืนยันสูตรการผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอโดยการลดน้ำตาล

ทำการผลิตแยมกล้วยผสมมะละกอโดยการลดน้ำตาล โดยใช้ปริมาณผลไม้ที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3.2.2 และปริมาณสารให้ความหวานจากการทดลองตอนที่ 3.2.3 การทดลองนี้จะเติมกลิ่นกล้วยหอมสังเคราะห์ลงไป เพื่อช่วยปรับปรุงกลิ่นและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ และปรับเพิ่มปริมาณเพกตินจากร้อยละ 0.7 เป็นร้อยละ 0.85 เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแยม ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการผลิตดังภาพที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาตรวจสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์

- ค่าสีในระบบ $L^* a^* b^*$ (Minolta CR-10)
- a_w (a_w meter: Rotronic)
- ความสามารถในการแผ่กระจาย (Spreadability) (Texture Analyzer: TA-XT2i)

2) คุณภาพทางเคมี ทำการวิเคราะห์

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (AOAC, 2000)
- ปริมาณน้ำตาล (AOAC, 2000)

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 3.2.3

4) คุณภาพทางค่านจุลชีววิทยา ทำการวิเคราะห์

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (FDA BAM (2001), Ch.3)
- ปริมาณยีสต์และรา (FDA BAM (2001), Ch.18)
- ปริมาณ coliform และ *E. coli* (FDA BAM (2001), Ch.4)

5) คุณค่าทางโภชนาการ ทำการวิเคราะห์

- พลังงาน (Bomb Calorimeter: Lima AC-350)
- ไขมัน (In house method based on AOAC (2005) 992.06)
- โปรตีน (In house method based on AOAC (2000) 981.10)
- คาร์โบไฮเดรต (By difference)
- น้ำตาลทั้งหมด (Compendium of method for food analysis 2003)
- เส้นใย (AOAC, 2000)
- โขเคียม (AOAC,2000)

3.4.5 การทดสอบผู้บริโภคร

ทำการทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภครจำนวน 100 คน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยสุริฟตัวอย่างที่ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส พร้อมขนมปังและแบบสอบถาม (ดังภาคผนวก ข) ซึ่งผู้บริโภครเป้าหมาย (ผู้บริโภครที่ชอบรับประทานแยม) จะต้องให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ชอบเล็กน้อยขึ้นไป มากกว่าร้อยละ 60 จึงถือว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้บริโภครเป้าหมาย

3.4.6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แยมกด้วยผสมมะละกอโดยการลดน้ำตาล

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแยมกล้วยผสมมะละกอโดยการลดน้ำตาล โดยนำผลิตภัณฑ์สุครที่ได้รับการยอมรับแล้วไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 15 และ 35 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาในช่วง 8 สัปดาห์ สุ่มผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพทุก ๆ 2 สัปดาห์ ในแต่ละครั้งจะทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังนี้

1) คุณภาพทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์

- ค่าสีในระบบ L* a* b* (Color reader: Minolta CR-10)
- a_w (a_w meter: Rotronic)

2) คุณภาพทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer)
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ (AOAC, 2000)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC, 2000)

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale หากผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านใดต่ำกว่า 6 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบแล้ว

ผลการทดลองที่ได้จะนำมาทำการประมวลผลทางสถิติด้วยการหาสมการรีเกรสชันเส้นตรง (Linear regression) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป Statistix version 7.0 เลือกสมการถดถอยเชิงเส้นที่มีค่า Adjusted R^2 ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณภาพนั้นๆ กับปัจจัยที่ทำการศึกษา ซึ่งได้แก่อุณหภูมิ และเวลาในการเก็บรักษา รวมถึงปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษา