

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุดิบ

- สับประรดพันธุ์ปัตตาเวียจากตลาดต้นลำไย จังหวัดเชียงใหม่

3.1.2 สารเคมี

- เปกตินเมธิลออกซิลต่ำ (Low-methoxyl pectin)
- แคลปโป-คาร์ราจีแนน (K-carageenan , Sigma , USA)
- โลคัสบีนกัน (Locust bean gum , Sigma , USA)
- โซเดียมอัลจิเนท (Sodium alginate , Fluka , Switzerland)
- แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride , CaCl_2 , Tokuyama Corp.Japan)
- กรดซิตริก (Citric acid (food grade) , บริษัทกรดมะนาวไทยจำกัด, ประเทศไทย)
- ซูโครส (Sucrose , food grade)
- แอสพาร์เทม (Aspartame , Fluka , Switzerland)
- ซอร์บิทอล (Sorbitol , THAI WAH LG CHEMICAL CO.LTD)
- โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride , NaCl , Merck , Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH , Merck , Germany)
- ฟีนอล์ฟธาเลอิน ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$, Merck , Germany)
- ฟีนอลเรด (Phenol red , Merck , Germany)
- ซิงค์อะซิเตตไดไฮเดรท (Zinc acetate dihydrate , $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Merck, Germany)
- โซเดียมโปแตสเซียมเตตระทาร์เตรต (Sodium potassium tartrate , $\text{NaKC}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Reagent Puro Erba , France)

- โปแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide , $K_4(Fe(CN)_6) \cdot 3H_2O$, Merck , Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulfate , $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, Merck , Germany)
- เมทิลีนบลู (Methylene blue , BDH , England)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid , HCl , Merck , Germany)
- เมทานอล (Methanol , Sigma , USA)
- โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate , KH_2PO_4 , Carlo Erba , Italy)
- กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid , H_3PO_4 , Merck , Germany)
- กรดเบนโซอิก (Benzoic acid , Merck , Germany)
- กลูโคสโมโนไฮเดรต (Glucose , $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$, Merck , Germany)
- nutrient agar (Difco , USA)
- agar (Difco , USA)
- peptone (Difco , USA)
- Brilliant Green Bile Broth (BBL , USA)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตแยม

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius : Model B 3100P , Germany)
- ตู้แช่แข็ง (Sanyo : Model SF-C 65 A , SANYO , Thailand Co,Ltd)
- เครื่องปั่นผสม (Blender, National : Model MX-T 31 GN , Taiwan)
- เต้าแกส

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

- เครื่องวัดสี (Minolta camera : Model CR 200, Japan)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser, Instron : Model 5500, Instron Corp)

- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Analytical balance , Sartorius : Model B 3100P, Germany)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Mettler-Toledo : Model AB 54 , Switzerland)
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter , Orion : 520 A , USA)
- เครื่องวัดค่าของแข็งที่ละลายได้ (Hand refractometer, Atago : Model N1 Brix 0~32% , Japan)
- เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC, Shimadzu : Model CTO 6A , Japan)
- เครื่อง Liquid Chromatography (LC, HP 1050 Series, Hewlett packard, Germany)
- เครื่องวัดพลังงาน (Bomb Calorimeter, Gallencamp : Model CBB-330 , England)
- เครื่องกรองสุญญากาศ (Vacuum suction, Medi-Pump : Model 1132 B, USA)
- Ultrasonicator (Cavitator , Mettler Electronics corp : Model ME 4.6 , USA)
- Freeze dryer (Freezeone Plus Liter : Model 79340 , USA)

3.1.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- หม้อนึ่ง (Autoclave , All America : Model 1941X , USA)
- ตู้บ่มอุณหภูมิ (Incubator, Gallenkamp ; Heraeus : Model B6200 , England)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath , GFL : Model D1004 , Germany)

3.1.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม ประกอบด้วย ถ้วยพลาสติกขาว , ช้อนเล็ก , ภาดโฟม , ขนมห้าง และแบบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ภาคผนวก)

3.1.5 เครื่องประมวลผลข้อมูลทางสถิติ

- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป statistix version 4.0

3.2. วิธีการทดลอง

ในการวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 การทำเจลมาตรฐานจากเปกตินชนิด 150 เกรด

เจลมาตรฐานมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.0-3.2 , ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 65 องศาบริกซ์ ทำได้โดยซึ่งภาชนะที่ใช้กวนแยมพร้อมทั้งพาย จากนั้นตวงน้ำต้มที่เย็นแล้ว 320 มล. ซึ่งน้ำตาล 500 กรัม เตรียมสารละลายกรดซิตริกชนิด 50 เปอร์เซ็นต์ (กรด 50 กรัม ละลายน้ำจนได้ปริมาตรของสารละลายครั้งสุดท้ายเป็น 100 มล.) เตรียมสารละลายโซเดียมซิเตรทชนิด 25 เปอร์เซ็นต์ (โซเดียมซิเตรท 25 กรัม ละลายน้ำปรับปริมาตรสารละลายเป็น 100 มล.)แล้วชั่งเปกตินที่จะใช้ทดสอบ 3.33 กรัม นำเปกตินที่ซึ่งเสร็จมาคลุกกับน้ำตาล ใช้น้ำตาล 5 เท่าของเปกตินโดยน้ำหนัก เมื่อคลุกเปกตินกับน้ำตาลจนเข้ากันดีแล้วจึงเทลงในน้ำที่ตวงไว้ 320 มล. เติมสารละลายกรดซิตริก 0.5 มล. สารละลายโซเดียมซิเตรทอีก 1 มล. ต้มจนเดือด 30 วินาที จากนั้นเติมน้ำตาลส่วนที่เหลือเคี้ยวของผสมจนได้น้ำหนักครั้งสุดท้ายเป็น 770 กรัม ยกออกจากเตาทิ้งไว้ให้เย็น 30 วินาที ถ้ามีฟองอยู่ให้ตักออกให้หมด จากนั้นเทลงในถ้วยวัดเจลขนาด 108 มล. ในถ้วยแต่ละใบบรรจุด้วยสารละลายกรดซิตริก 1 มล. กับสารละลายโซเดียมซิเตรท 0.25 มล. เทของผสมจากภาชนะลงใส่ถ้วย คนให้ของผสมในถ้วยเข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง (นัยทัศน์, 2521) จากนั้นวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลที่เตรียมได้ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500)

3.2.2 ศึกษาการเกิดเจลโดยใช้สารชั้นเหนียวชนิดต่างๆ

ทำการศึกษารวบรวมสารชั้นเหนียวชนิดใดที่ให้ลักษณะเจลที่เหมาะสมใกล้เคียงกับเจลมาตรฐาน โดยเลือกใช้สารชั้นเหนียว 4 ชนิด คือ แปกตินเมธิลออกซิลต่ำ, แคปปา-คาร์ราจีแนน, โลคัสปีนัม และ โซเดียมอัลจิเนท

3.2.2.1 : ศึกษาการเกิดเจลของแปกตินเมธิลออกซิลต่ำ

ปัจจัยในการศึกษาคือ ปริมาณแปกตินเมธิลออกซิลต่ำ, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์

ปัจจัย a คือ ปริมาณ แปกตินเมธิลออกซิลต่ำ

$$a_1 = 0.3 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_2 = 0.5 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_3 = 0.7 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ปัจจัย b คือ ปริมาณน้ำตาล(ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย)

$$b_1 = 15 \text{ องศาบริกซ์}$$

$$b_2 = 20 \text{ องศาบริกซ์}$$

$$b_3 = 25 \text{ องศาบริกซ์}$$

ปัจจัย c คือ ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแปกตินเมธิลออกซิลต่ำ)

$$c_1 = 2.0 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_2 = 2.5 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_3 = 3.0 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

นำแปกตินเมธิลออกซิลต่ำ มาวิเคราะห์หาปริมาณเมธิลออกซิลโดยวิธีของนัยท์สกี, (2521) พบว่ามีปริมาณเมธิลออกซิลเท่ากับ 11.09 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงนำมาศึกษาการเกิดเจลซึ่งทำได้โดยชั่งน้ำตาลและแปกตินเมธิลออกซิลต่ำตามปริมาณที่จะศึกษา ผสมให้เข้ากันใส่ลงในน้ำที่ปราศจากอิออนให้ความร้อนจนถึง 85 องศาเซลเซียส และเติมสารละลายกรดซิตริก 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 3.0 แล้วจึงเติมแคลเซียมคลอไรด์ที่ร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส ลงไป คนให้เข้ากัน วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment + 4 Center Points ดังตารางที่ 3.1

การออกแบบการทดลองแบบ Factorial experiment เป็นการจัดสิ่งทดลองเข้ากับปัจจัยที่มีหลายระดับ การทดลองแบบนี้เป็นการทดลองที่มีประโยชน์ในการศึกษา เพื่อหาระดับการใช้ที่ดีที่สุด

เหมาะสมที่สุดสำหรับหน่วยทดลอง การทดลองจะช่วยให้สามารถสรุปผลได้อย่างกว้างขวาง เพราะนอกจากจะสำรวจเพื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับในแต่ละปัจจัยแล้ว ยังบอกความสำคัญของความเกี่ยวข้อ (Interaction effect) ระหว่างปัจจัยได้อีกด้วย จึงวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial experiment + 4 Center Points การทำการทดลองที่ระดับกึ่งกลางเพื่อลดข้อผิดพลาด (error) ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก Interaction ระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ในอาหารซึ่งเป็น complex food เพื่อระบุให้เห็นว่าที่จุดกึ่งกลางจะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร (ไพโรจน์, 2536)

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Design + 4 Center Points

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา			
	รหัส	ปริมาณเปกตินเมธีอกซิลต่ำ (%)	ปริมาณน้ำตาล (องศาบริกซ์)	ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ (%ของเปกตินเมธีอกซิลต่ำ)
	-1	0.3	15	2.0
	0	0.5	20	2.5
	+1	0.7	25	3.0
a		+1	-1	-1
b		-1	+1	-1
ab		+1	+1	-1
c		-1	-1	+1
ac		+1	-1	+1
(1)		-1	-1	-1
bc		-1	+1	+1
abc		+1	+1	+1
cp1		0	0	0
cp2		0	0	0
cp3		0	0	0
cp4		0	0	0

หมายเหตุ: a=ปริมาณเปกตินเมธีอกซิลต่ำ, b= ปริมาณน้ำตาล, c= ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์

(1)= All low level, cp(center point) = ระดับกึ่งกลาง

เมื่อได้สิ่งทดลองทั้งหมดแล้ว จะนำตัวอย่างของแต่ละสิ่งทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางกายภาพคือ วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500) และ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง hand refractometer วิเคราะห์ทางเคมีคือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเป็นกรดทั้งหมดตามวิธีของ AOAC(1990) รวมทั้งทำการประเมินผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี ideal ratio profile technique เพื่อหาค่า mean ideal ratio score ในแต่ละลักษณะของเจล โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ที่ได้รับการอธิบายให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของเจลก่อนทำการทดสอบ ได้แก่ การกระจายของเจล, ความแข็งแรงของเจลที่เหมาะสม, ความเหนียวของเจลที่เหมาะสม และการยอมรับโดยรวม

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี stepwise regression analysis โดยที่ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะให้รหัสปัจจัยที่มีระดับสูงกลาง ต่ำ โดยใช้รหัสเป็นค่า +1, 0, -1 ตามลำดับ เพื่อหาข้อสรุปจากการทดลองถึงผลของเปกติน เมธิลออกซิลต่ำ, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์ ที่มีผลต่อคุณลักษณะของเจล รวมทั้งคำนวณหาปริมาณที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยการนำเอาสมการที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส มาทำการถอดรหัสของตัวแปรในแต่ละสมการ ซึ่งสามารถพิจารณาจากค่า R^2 (Coefficient of multiple determination) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา ค่า R^2 ที่สูงหมายถึงความสัมพันธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกับผลที่ได้ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็นค่าในอุดมคติของผลิตภัณฑ์มากที่สุด

หลักการถอดรหัสของตัวแปรสมการ (coded equation) ดังกล่าวสามารถทำได้โดยการนำเอาตัวแปรสมการที่มีปัจจัยที่ยังไม่ได้ทำการถอดรหัสมาแก้สมการโดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัส} = \frac{\text{ค่าจริง} - (\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} + \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น}) / 2}{(\text{ค่าที่ระดับสูงของปัจจัยนั้น} - \text{ค่าที่ระดับต่ำของปัจจัยนั้น}) / 2}$$

จากนั้นนำเอาปัจจัยที่ยังไม่ได้ถอดรหัสที่ได้ไปแทนในตัวแปรสมการ และแก้สมการ ได้เป็นสมการที่ถอดรหัสแล้ว ซึ่งสามารถใช้สมการที่ได้นี้ไปคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นได้ แต่การคาดคะเนนั้นจะต้องไม่กระทำในช่วงที่เกินจากช่วงหรือระดับสูง - ต่ำ ที่ได้ทำการทดลองจริงเท่านั้น (ไพโรจน์, 2536)

3.2.2.2 : ศึกษาการเกิดเจลของ แคปปา-คาร์ราจีแนน

ปัจจัยในการศึกษาคือ ปริมาณ แคปปา-คาร์ราจีแนน , น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์

ปัจจัย a คือ ปริมาณ แคปปา-คาร์ราจีแนน

$$a_1 = 0.6 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_2 = 0.7 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_3 = 0.8 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ปัจจัย b คือ ปริมาณน้ำตาล(ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย)

$$b_1 = 15 \text{ องศาปริกซ์}$$

$$b_2 = 20 \text{ องศาปริกซ์}$$

$$b_3 = 25 \text{ องศาปริกซ์}$$

ปัจจัย c คือ ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแคปปา-คาร์ราจีแนน)

$$c_1 = 10 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_2 = 15 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_3 = 20 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ทำได้โดยชั่งน้ำตาลและแคปปา-คาร์ราจีแนน ตามปริมาณที่จะศึกษาผสมให้เข้ากันใส่ลงไปในน้ำที่ปราศจากอ็อกซิเจนให้ความร้อนจนถึง 80 องศาเซลเซียส และเติมสารละลายกรดซิตริก 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 3.0 แล้วจึงเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไป โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Design + 4 Center points ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับขั้นตอน 2.1

3.2.2.3 : ศึกษาการเกิดเจลของ โลกัสปีนัม

ปัจจัยในการศึกษาคือ ปริมาณ โลกัสปีนัม , น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์

ปัจจัย a คือ ปริมาณ โลกัสปีนัม

$$a_1 = 0.6 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_2 = 0.7 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_3 = 0.8 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ปัจจัย b คือ ปริมาณน้ำตาล(ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย)

$$b_1 = 15 \text{ องศาบริกซ์}$$

$$b_2 = 20 \text{ องศาบริกซ์}$$

$$b_3 = 25 \text{ องศาบริกซ์}$$

ปัจจัย c คือ ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโกลด์สปีนัม)

$$c_1 = 10 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_2 = 15 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_3 = 20 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ทำได้โดยชั่งน้ำตาลและโกลด์สปีนัม ตามปริมาณที่จะศึกษาผสมให้เข้ากันใส่ลงไปใ้ในน้ำที่ปราศจากอ็อกซิเจนให้ความร้อนจนถึง 80 องศาเซลเซียส และเติมสารละลายกรดซิตริก 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 3.0 แล้วจึงเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไป โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Design + 4 Center points ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับขั้นตอน 2.1

3.2.2.4 : ศึกษาการเกิดเจลของ โขเดียมอัลจิเนท

ปัจจัยในการศึกษาคือ ปริมาณ โขเดียมอัลจิเนท, น้ำตาล และแคลเซียมคลอไรด์

ปัจจัย a คือ ปริมาณ โขเดียมอัลจิเนท

$$a_1 = 0.5 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_2 = 1.0 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$a_3 = 1.5 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ปัจจัย b คือ ปริมาณน้ำตาล(ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย)

$$b_1 = 15 \text{ องศาบริกซ์}$$

$$b_2 = 20 \text{ องศาบริกซ์}$$

$$b_3 = 25 \text{ องศาบริกซ์}$$

ปัจจัย c คือปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักโขเดียมอัลจิเนท)

$$c_1 = 5 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_2 = 10 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$c_3 = 15 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

ทำได้โดยชั่งน้ำตาลและโซเดียมอัลจิเนต ตามปริมาณที่จะศึกษาผสมให้เข้ากันใส่ลงไปใต้น้ำที่ปราศจากออกซิเจนให้ความร้อนจนถึง 80 องศาเซลเซียส และเติมสารละลายกรดซิตริก 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ได้ 3.0 แล้วจึงเติมแคลเซียมคลอไรด์ลงไป โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Design + 4 Center points ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับขั้นตอน 2.1

3.3 ทดลองทำแยมลับประรด

เพื่อทำแยมลับประรดจากสภาวะที่เหมาะสมของสารชั้นเหนียวที่ได้ทดลองจากการทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาว่าสารให้ความข้นเหนียวชนิดใดที่มีความเหมาะสมในการทำแยมลับประรดมากที่สุด โดยทำการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 3.0-3.3 และใช้เนื้อผลไม้ที่ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแยม ตามข้อกำหนดของแยมในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แยม เยลลี่ มาร์มาเลด (มอก.263 2521)

กระบวนการทำแยม

นำเนื้อลับประรดปั่นละเอียดกับน้ำในอัตราส่วน 45 : 30 มาปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 3.0 ด้วยกรดซิตริก แล้วจึงนำไปต้มพร้อมทั้งเติมน้ำตาลที่ผสมเข้ากันกับสารชั้นเหนียวลงไป เมื่อน้ำตาลและสารชั้นเหนียวละลายหมดและให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงเติมแคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 2 ลงไป

สิ่งทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพคือ วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500) , ค่าสีระบบ L^* , a^* , b^* ตามวิธีของ Minolta camera Co.Ltd (1990) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยเครื่อง hand refractometer การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีคือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) , ความเป็นกรดทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1990) , ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Lane and Eynon General Volumetric Method (AOAC,1990) และทำการวิเคราะห์ผลทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี two samples of t-test ที่มีการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) การวิเคราะห์แบบ t-test เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในสิ่งทดลอง 2 กลุ่ม ใช้ในกรณีที่หน่วยทดลองมีขนาดเล็ก ($n \leq 30$) โดยจะอยู่ในลักษณะที่หาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของหน่วยทดลอง 2 กลุ่มแล้วหารผลต่างด้วยความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการแจกแจงของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (ชูศรี , 2534)

3.4 ศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลใน แยมสับปะรด

ปัจจัยในการศึกษาคือ ชนิดของสารให้ความหวาน และระดับความหวานที่ปรับ (เทียบกับสารละลายซูโครส)

ปัจจัย a คือ ชนิดของสารให้ความหวาน

a_1 = แอสพาร์เทม

a_2 = ซอร์บิทอล

ปัจจัย b คือ ระดับความหวานที่ปรับ (เทียบกับสารละลายซูโครส)

b_1 = 40 องศาบริกซ์

b_2 = 50 องศาบริกซ์

b_3 = 60 องศาบริกซ์

ทำการศึกษว่าสารให้ความหวานชนิดใดสามารถให้ความหวานได้เป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยทดลองใช้สารให้ความหวาน 2 ชนิดคือ แอสพาร์เทม และ ซอร์บิทอล ทำการปรับแยมสับปะรดให้มีความหวานเท่ากับสารละลายซูโครสที่ 40 องศาบริกซ์ , 50 องศาบริกซ์ และ 60 องศาบริกซ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial experiment in randomized complete block design ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial experiment in randomized complete block design

สิ่งทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา	
	ชนิดสารให้ความหวาน	ระดับความหวานเมื่อเทียบกับสารละลายซูโครส (องศาบริกซ์)
a1b1	แอสพาร์เทม	40
a1b2	แอสพาร์เทม	50
a1b3	แอสพาร์เทม	60
a2b1	ซอร์บิทอล	40
a2b2	ซอร์บิทอล	50
a2b3	ซอร์บิทอล	60

หมายเหตุ: a = ชนิดสารให้ความหวาน, b = ระดับความหวานที่ปรับ(เทียบกับสารละลายซูโครส)

สิ่งทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพคือ วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วย เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500) , ค่าสีระบบ L^* , a^* , b^* ตามวิธีของ Minolta camera Co.Ltd (1990) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยเครื่อง hand refractometer การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีคือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) , ความเป็นกรดทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC(1990) , ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Lane and Eynon General Volumetric Method (AOAC,1990) และปริมาณแอสพาร์เทมและซอร์บิทอลด้วยวิธี HPLC (High Performance Liquid Chromatography) และทำการวิเคราะห์ผลทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี Ideal ratio profile technique

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Tukey's test เพื่อหาแยมสับปรืดที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในการวิเคราะห์หาเรียนรู้หรือความผันแปร เป็นวิธีคำนวณเพื่อแบ่งแยกผลรวมกำลังสอง (sum of square) ของความผันแปรทั้งหมด ออกเป็นส่วน ๆ เพื่อคำนวณความแตกต่างอันเนื่องมาจากสิ่งทดลองที่แตกต่างกันมากกว่า 2 กลุ่ม และสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร เพื่อสามารถเลือกสรุปสิ่งทดลองที่เหมาะสมให้ค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับค่าทางอุดมคติมากที่สุด (ชูศรี , 2534)

3.5 การวิเคราะห์ผลและตรวจสอบแยมสับปรืดแคลอรีต่ำ

นำแยมสับปรืดแคลอรีต่ำสูตรที่เหมาะสมมากที่สุดและผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุดจากการศึกษาในขั้นตอนที่ 3.4 มาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้คือ คุณภาพทางกายภาพ, ทางเคมี และการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส เหมือนการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3.4

3.6 ศึกษาอายุการเก็บของแยมแคลอรีต่ำ

นำแยมสับปรืดแคลอรีต่ำสูตรที่เหมาะสม บรรจุลงในภาชนะแก้วขนาด 250 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 35 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาอายุการเก็บเป็นเวลา 12 สัปดาห์ และทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ, ทางเคมี, ทางจุลินทรีย์ และการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 และ 12 ของระยะเวลาการเก็บรักษา

3.6.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Instron series 5500)
- ค่าสีระบบ L^* , a^* , b^* ตามวิธีของ Minolta camera Co.Ltd (1990)

3.6.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- ความเป็นกรดทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC(1990)
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Lane and Eynon General Volumetric Method (AOAC,1990)

3.6.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ตามที่พระราชบัญญัติอาหาร ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 89 (พ.ศ 2528) เรื่องแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทกำหนด คือ แบคทีเรียโคลิฟอร์ม โดยวิธี MPN แบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์ราโดยวิธี pour plate ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ NA และ PDA และ บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส , 3-5 วัน ตามวิธีของวิลาวัณย์ , 2539

3.6.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ทำการประเมินผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี ideal ratio profile technique เพื่อหาค่า mean ideal ratio score ในแต่ละลักษณะของแยม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ที่ได้รับการอธิบายให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของแยมก่อนทำการทดสอบ ได้แก่ กลิ่น , รสชาติ , เนื้อสัมผัส , ลักษณะปรากฏ และการยอมรับโดยรวม

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ทางด้านสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี Analysis of Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Tukey 's test เพื่อใช้ในการประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น และทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

3.7 การประเมินผลทางประสาทสัมผัสระหว่างแยมสับปรอดแคลอรีต่ำเปรียบเทียบกับแยมพลัมแคลอรีต่ำ

โดยการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของแยม ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี two-samples of t-test วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design

3.8 ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแยมสับปรอดแคลอรีต่ำที่ใช้สารให้ความหวานผสมกันระหว่างแอสพาร์เทมและซอร์บิทอลกับแยมสับปรอดแคลอรีต่ำที่ใช้แอสพาร์เทมเพียงอย่างเดียว

โดยการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม sx version 4.0 ด้วยวิธี two-samples of t-test วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design