

### บทที่ 3

#### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัสดุและสารเคมี

##### 3.1.1 วัสดุ

- (1) เจลาติน 250 bloom strength, type A (ซื้อจากบริษัท ลานนาฟู้ดส์ แอนด์ ซัพพลายส์ จำกัด)
- (2) เพกทินชนิดเมทอกซีสูง แบบเช็ดตัวซ่า (CP Kelco-GENU, Denmark)
- (3) น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด)
- (4) กลูโคสไซรัป DE 40 (บริษัท นครหลวงกลูโคส จำกัด)
- (5) กรดซิตริก (food grade, ซื้อจากบริษัท วิทยาศาสตร์ จำกัด)
- (6) โซเดียมซิเตรต (food grade, ซื้อจากบริษัท วิทยาศาสตร์ จำกัด)
- (7) สารละลายกลีโคลีนสับปะรด 24.56% (วินเนอร์, ห้างหุ้นส่วนจำกัดเกรทอิลล์)
- (8) น้ำผลไม้
  - น้ำสับปะรด คั้นจากผลสับปะรดพันธุ์ศรีราชา
  - น้ำมะม่วง คั้นจากผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้แล้วเจือจางเป็น 50%

##### 3.1.2 สารเคมี

- (1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, Merck, Germany)
- (2) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, Merck, Germany)
- (3) ฟีนอลเรด (Phenol red, Merck, Germany)
- (4) ฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalein, Merck, Germany)
- (5) คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper (II) sulfate anhydrous, Merck, Germany)
- (6) โซเดียมโพแทสเซียมทาร์เตรต (Sodium potassium tartrate, Ajax, Australia)
- (7) กรดแอซีติก (Acetic acid, Merck, Germany)
- (8) ซิงค์แอซีเตตไดไฮเดรต (Zinc acetate dihydrate, J.T. Baker, U.S.A.)
- (9) โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide, Ajax, Australia)

### 3.2 อุปกรณ์

#### 3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการผลิตกัมมีเซลลี

- (1) เตาความร้อนไฟฟ้า (Hot plate, Heidolph : MR3001, Germany)
- (2) เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม
- (3) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand refractometer, scale 58-92%, Tamco, Japan)
- (4) อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert: Model L 4999, Germany)

#### 3.2.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

- (1) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius : Model A 120S, Germany)
- (2) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter, Hanna : Model HI 9321, Portugal)
- (3) เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum oven, Binder : VD 53, Germany)
- (4) ชุดเครื่องแก้วสำหรับไทเทรต

#### 3.2.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- (1) เครื่องวัดความหนืด (Viscometer, Brookfield : RVDV-II, England)
- (2) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer : TA-XTPlus, England)

#### 3.2.4 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

- (1) ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- (2) แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3.2 โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel

3.3.3 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0

3.3.4 โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica 5.0

### 3.4 วิธีการทดลอง

#### 3.4.1 การเตรียมบัพเฟอร์สำหรับการผลิตกัมมีเยลลี่

เนื่องจากค่าพีเอชเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจล ทั้งเจลที่เตรียมจากเจลาตินและเจลที่เตรียมจากเพกทิน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมค่าพีเอชของส่วนผสมให้คงที่ โดยบัพเฟอร์ที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลี่ในงานวิจัยนี้ได้เตรียมจากกรดซิตริกและเกลือ โซเดียมซิเตรต ความเข้มข้นของสารละลายกรดและเกลือที่ใช้ในการเตรียมบัพเฟอร์ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าพีเอชของบัพเฟอร์ที่เตรียมจากกรดซิตริกและโซเดียมซิเตรต

ค่าพีเอช	กรดซิตริก (%)	โซเดียมซิเตรต (%)
3.0	0.493	0.128
3.2	0.467	0.167
3.5	0.427	0.228
3.8	0.387	0.290
4.0	0.360	0.332

ที่มา : Clymer (1997)

#### 3.4.2 การเตรียมพิมพ์หลุมแข็ง

นำแป้งข้าวโพดที่ได้วิเคราะห์ปริมาณความชื้นเริ่มต้นไว้แล้วมาใส่ในถาดอลูมิเนียมสี่เหลี่ยมทรงตั้งขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 10 x 10 x 2 นิ้ว ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำแป้งไปอบไล่ความชื้นในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนความชื้นในแป้งลดเหลือเพียง 6-7% (วิธีการคำนวณน้ำหนักแป้งแสดงในภาคผนวก) นำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็น แล้วจึงนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง จากนั้นชั่งแป้งข้าวโพดที่ผ่านการร่อนแล้วมาจำนวน 700 กรัม ใส่ในถาดอลูมิเนียมใบเดิม ปาดผิวหน้าแป้งเบาๆ จนเรียบ แล้วนำถาดแป้งบรรจุลงในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท นำไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส

เมื่อใกล้ถึงเวลาที่จะหยอดส่วนผสมของกัมมีเยลลี่ จึงจะนำถาดแป้งออกจากห้องเย็น แล้วใช้พิมพ์รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ลึก 13 มิลลิเมตร กดลงในแป้งอย่างระมัดระวังเพื่อให้ผิวของพิมพ์หลุมแข็งเรียบเนียน และต้องไม่มีเศษแป้งตกลงไปในหลุม

### 3.4.3 การวางแผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

#### ตอนที่ 1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ

วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบดังนี้

- วิเคราะห์ปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ ได้แก่ เพกทิน และเจลาติน
- วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในกลูโคสไซรัป (AOAC, 2002)
- วิเคราะห์ปริมาณเมทอกซีของเพกทิน ชนิดเซตตัวช้า โดยวิธีการไทเทรตตามวิธีของ Ranganna (1991)

ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

#### ตอนที่ 2 ศึกษาผลของพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่

ปัจจัยที่ทำการศึกษามี 3 ปัจจัย คือ พีเอชของส่วนผสม ความเข้มข้นของเจลาติน และความเข้มข้นของเพกทิน ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 : ความเข้มข้นของเจลาติน 2 ระดับ คือ ที่ระดับต่ำ 5.0% และระดับสูง 7.0% (Imeson, 1997; Burg, 1998)

ปัจจัยที่ 2 : ความเข้มข้นของเพกทิน 2 ระดับ คือ ที่ระดับต่ำ 0.5% และระดับสูง 1.0% (DeMars และ Ziegler, 2001)

ปัจจัยที่ 3 : พีเอชของส่วนผสม 2 ระดับ คือ ที่ระดับต่ำ 3.2 และระดับสูง 3.8 (สุวรรณา, 2543; Burg, 1998)

วางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design สำหรับ 3 ตัวแปรที่ 5 ระดับ ทำการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 5 จุด โดยมีรหัสของตัวแปรคือ 0,  $\pm 1$  และ  $\pm 1.682$  (อิสรพงษ์, 2544) แสดงดังตารางที่ 3.2 และปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลี่ในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม ได้แสดงดังตารางที่ 3.3

กำหนดให้ความเข้มข้นของวัตถุดิบอื่นๆให้มีค่าคงที่ ดังนี้คือ น้ำตาลซูโครส 25% กลูโคสไซรัป 25% และกลีซินสับปะรด 1.2% สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของปัจจัยที่ทำการศึกษา ปริมาณของวัตถุดิบที่คงที่ในส่วนผสม 500 กรัม แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองแบบ Central Composite Design  $2^3$  Factorial experiment รวมกับจุดแกน 6 จุด และจุดกึ่งกลาง 5 จุด เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาติน และเพกทิน

สิ่งทดลอง	Natural variables			Coded variables		
	พีเอช	เจลาติน (%)	เพกทิน (%)	พีเอช	เจลาติน (%)	เพกทิน (%)
1	3.2	5.0	0.5	-1	-1	-1
2	3.8	5.0	0.5	1	-1	-1
3	3.2	7.0	0.5	-1	1	-1
4	3.8	7.0	0.5	1	1	-1
5	3.2	5.0	1.0	-1	-1	1
6	3.8	5.0	1.0	1	-1	1
7	3.2	7.0	1.0	-1	1	1
8	3.8	7.0	1.0	1	1	1
9	3.0	6.0	0.75	-1.682	0	0
10	4.0	6.0	0.75	1.682	0	0
11	3.5	4.32	0.75	0	-1.682	0
12	3.5	7.68	0.75	0	1.682	0
13	3.5	6.0	0.33	0	0	-1.682
14	3.5	6.0	1.17	0	0	1.682
15	3.5	6.0	0.75	0	0	0
16	3.5	6.0	0.75	0	0	0
17	3.5	6.0	0.75	0	0	0
18	3.5	6.0	0.75	0	0	0
19	3.5	6.0	0.75	0	0	0

ตารางที่ 3.3 ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม เมื่อปรับแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทิน

สิ่งทดลอง	น้ำ (กรัม)	น้ำตาลซูโครส (กรัม)	กลูโคสไซรัป (กรัม)	กรดซิตริก (กรัม)	โซเดียมซิเตรต (กรัม)	เจลาติน (กรัม)	เพกทิน (กรัม)	กลินส์บะรด (กรัม)
1	213	125	125	2.337	0.834	25	2.5	6
2	213	125	125	1.934	1.450	25	2.5	6
3	203	125	125	2.337	0.834	35	2.5	6
4	203	125	125	1.934	1.450	35	2.5	6
5	211	125	125	2.337	0.834	25	5.0	6
6	211	125	125	1.934	1.450	25	5.0	6
7	201	125	125	2.337	0.834	35	5.0	6
8	201	125	125	1.934	1.450	35	5.0	6
9	207	125	125	2.464	0.640	30	3.75	6
10	207	125	125	1.799	1.658	30	3.75	6
11	215	125	125	2.135	1.140	21.6	3.75	6
12	199	125	125	2.135	1.140	38.4	3.75	6
13	209	125	125	2.135	1.140	30	1.65	6
14	205	125	125	2.135	1.140	30	5.85	6
15*	207	125	125	2.135	1.140	30	3.75	6

\* การทดลองที่จุดกึ่งกลางของแต่ละปัจจัยที่ศึกษา และทำการทดลอง 5 ซ้ำ

ตารางที่ 3.4 น้ำตาลซูโครส กลูโคสไซรัป และกลีซินสับปะรดที่ใช้ในส่วนผสม 500 กรัม

วัตถุดิบ	ความเข้มข้น (%)	ปริมาณ (กรัม)
น้ำตาลซูโครส	25%	125
ส่วนที่ 1		100
ส่วนที่ 2		25
กลูโคสไซรัป	25%	125
กลีซินสับปะรด	1.2%	6

ปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสม แบ่งมาใช้แช่เจลาติน โดยการชั่งน้ำหนักน้ำให้เท่ากับเจลาตินในสูตร (สัดส่วน 1:1) น้ำส่วนที่เหลือใช้ละลายกรดซิตริกอีก 10 กรัม จากตารางที่ 3.3 สิ่งทดลองที่ 1 ใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดเท่ากับ 213 กรัม และเจลาติน 25 กรัม ดังนั้นจึงแบ่งน้ำออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- (1) น้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก 179 กรัม
- (2) น้ำที่ใช้แช่เจลาติน 25 กรัม
- (3) น้ำที่ใช้ละลายกรดซิตริก 10 กรัม

#### การผลิตกัมมีเยลลี่

วิธีการผลิตกัมมีเยลลี่ได้ตัดแปลงจากวิธีของจินทราและคณะ (2541) และได้ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในขั้นตอนสุดท้ายให้มีค่าเท่ากับ 70% ทั้งนี้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในตัวอย่าง เช่น ความหนืด และความแข็งแรงของเจล เป็นต้น สำหรับวิธีการผลิตกัมมีเยลลี่มีขั้นตอนต่างๆ โดยยกตัวอย่างจากสิ่งทดลองที่ 1 ดังนี้

- (1) เติมน้ำ 179 กรัมลงในหม้อสแตนเลสความจุ 1 ลิตร นำไปต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้า
- (2) นำน้ำตาลทรายส่วนที่ 1 จำนวน 100 กรัม ผสมกับโซเดียมซิเตรต 0.834 กรัม คนให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำ ต้มให้เดือดจนกระทั่งส่วนผสมมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 60% โดยใช้ Hand refractometer
- (3) ก่อๆ เติมเพกทิน 2.5 กรัม ที่ผสมไว้กับน้ำตาลทราย 25 กรัม ลงไป และคนตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เพกทินเกาะตัวเป็นก้อน ต้มให้เดือดเป็นเวลา 2 นาที
- (4) เติมกลูโคสไซรัปจำนวน 125 กรัม ต้มให้เดือดเป็นเวลา 2 นาที ลดไฟลง และยกส่วนผสมออกจากเตา รอให้ส่วนผสมมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

- (5) นำเจลาตินจำนวน 25 กรัม ที่ได้แช่น้ำอุ่นอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จำนวน 25 กรัม เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง เติมนลงในส่วนผสม ค่อยๆ คนให้เจลาตินละลาย ในช่วงนี้ได้ควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสมให้อยู่ในช่วง 70-75 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาไฟฟ้า เมื่อเจลาตินละลายหมด ยกส่วนผสมออกจากเตา
- (6) ลดอุณหภูมิของส่วนผสมให้ได้ประมาณ 60 องศาเซลเซียส เติมนสารละลายกรดซิตริก และกลั่นสับประรด
- (7) ตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในส่วนผสม กรณีที่มีของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่า 70% ให้ทำการปรับส่วนผสม โดยใช้ น้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เติมนลงไป และคนให้เข้ากัน
- (8) ไล่ฟองอากาศในส่วนผสม โดยนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที
- (9) หยอดส่วนผสมลงในพิมพ์หลุมแป้น ปล่อยให้เย็นและแข็งตัวในตู้พลาสติกที่ปิดปากถุงไว้สนิท และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องรวมเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง
- (10) นำกัมมิเซลล์ออกจากพิมพ์หลุมแป้น ปิดเศษแป้นออกทั้งหมด แล้วเก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เพื่อรอทำการวิเคราะห์ต่อไป

#### การวิเคราะห์คุณภาพ

- วัดความหนืดของส่วนผสมก่อนเทลงพิมพ์ โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่ 60 องศาเซลเซียส และใช้เครื่อง Brookfield viscometer
- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2002)
- วัดความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
- วัดลักษณะเนื้อสัมผัสตามวิธี Texture Profile Analysis ได้แก่ Cohesiveness, Gumminess, Chewiness และ Springiness โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
- ประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมิเซลล์ โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale Scoring Test ที่ระดับสเกล 1-9 คะแนน (ไพโรจน์, 2539) ใช้ผู้ทดสอบชิม semi-trained panel จำนวน 19 คน และวางแผนการทดสอบชิมแบบ Balance Incomplete Block Design (BIB) ประเภทที่ 4 (สุรพล, 2537)



### การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Response-surface methodology (RSM) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษากับค่าตอบสนองที่สนใจ โดยนำข้อมูลของค่าตอบสนองที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย multiple regression ในรูปของสมการยกกำลังสอง

ตัวแปรของสมการที่ได้จาก multiple regression จะยังอยู่ในรูปรหัส (coded equation) คือ -1, 0 และ 1 ซึ่งจำเป็นต้องมีการถอดรหัสดังกล่าว เพื่อแปลงให้ตัวแปรเป็นค่าจริงที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีหลักการถอดรหัส ดังนี้

$$\text{ตัวแปรที่ยังไม่ได้ถอดรหัส} = \frac{\text{ตัวแปรเดิม} - (\text{ค่าที่ระดับสูง} + \text{ค่าที่ระดับต่ำ}) / 2}{\text{ค่าที่ระดับสูง} - \text{ค่าที่ระดับต่ำ}}$$

เมื่อได้ค่าตัวแปรที่ทำการถอดรหัสแล้ว จึงนำไปแทนค่าในสมการ multiple regression อีกครั้ง และนำสมการไปสร้างกราฟ contour plot โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistica 5.0 กราฟ contour plot นี้ จะช่วยให้อธิบายถึงผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อค่าตอบสนองได้ง่าย ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ทำการศึกษา และยังสามารถช่วยในการเลือกภาวะของตัวแปรที่จะให้ค่าตอบสนองที่ต้องการได้ (อิสรพงษ์, 2544)

### ตอนที่ 3 ศึกษาผลของพีเอช ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสและกลูโคสไชร็ปต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่

เนื่องจากกรดซิตริกที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของบัพเฟอร์ มีความสำคัญในการเพิ่มรสเปรี้ยวให้แก่ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ และการผันแปรระดับของค่าพีเอช มีผลทำให้ความเข้มข้นของกรดซิตริกในแต่ละสิ่งทดลองมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นในการทดลองตอนที่ 3 นี้ จึงทำการผันแปรระดับของค่าพีเอชร่วมกับการผันแปรระดับของน้ำตาลทั้งสองชนิด ทั้งนี้เพื่อต้องการหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างกรดและน้ำตาลที่จะส่งผลให้มีการยอมรับทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์มากที่สุด นอกเหนือจากสมบัติของเจลที่ต้องการศึกษา

การศึกษามี 3 ปัจจัย คือ ค่าพีเอชของส่วนผสม ความเข้มข้นของกลูโคสไชร็ป และความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสดังนี้

ปัจจัยที่ 1 : ค่าพีเอชของส่วนผสม ที่ระดับต่ำ 3.2 และระดับสูง 3.8

ปัจจัยที่ 2 : ความเข้มข้นของกลูโคสไชร็ปที่ระดับต่ำ 20% และระดับสูง 30%

ปัจจัยที่ 3 : ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ระดับต่ำ 20% และระดับสูง 30%

กำหนดให้ความเข้มข้นของเจลาตินและเพกทินที่ใช้ในการทดลองมีค่าคงที่เท่ากับ 6.0% และ 0.33% ตามลำดับ ซึ่งได้คัดเลือกจากผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของกัมมีเยลลี ในตอนที่ 2 และใช้สารละลายกลั่นสับประดของบริษัทวินเนอร์เท่ากับ 1.2%

วางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design สำหรับ 3 ตัวแปร ที่ 5 ระดับ ทำการทดลองที่จุดกึ่งกลาง 5 ขั้ว โดยมีรหัสของตัวแปรคือ 0,  $\pm 1$  และ  $\pm 1.682$  (อิสรพงษ์, 2544) แสดงในตารางที่ 3.5 สำหรับปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม ได้แสดงดังในตารางที่ 3.6

ปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตกัมมีเยลลี มีวิธีการคิดเช่นเดียวกับการทดลอง ตอนที่ 2 สำหรับปริมาณน้ำตาลซูโครส ได้แบ่งมาจำนวน 25 กรัม เพื่อผสมกับเพกทิน (ส่วนที่ 2) และปริมาณที่เหลือใช้ผสมกับไซเดียมซิเตรต (ส่วนที่ 1)

#### การวิเคราะห์คุณภาพ

- วัดความหนืดของส่วนผสมก่อนทดลองพิมพ์ โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่ 60 องศาเซลเซียส และใช้เครื่อง Brookfield viscometer
- วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2002)
- วัดความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
- วัดลักษณะเนื้อสัมผัสตามวิธี Texture Profile Analysis คือ cohesiveness, gumminess, chewiness และ springiness โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
- ตรวจสอบลักษณะปรากฏของการเกิดผลึกน้ำตาลในกัมมีเยลลีด้วยสายตา
- ประเมินการยอมรับทางด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale Scoring Test ที่ระดับสเกล 1-9 คะแนน (ไพโรจน์, 2539) ใช้ผู้ทดสอบชิม semi-trained panel จำนวน 19 คน วางแผนการทดสอบชิมแบบ BIB ประเภทที่ 4 (สุรพล, 2537)

#### การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการทดลองในตอนที่ 2

ตารางที่ 3.5 แผนการทดลองแบบ Central Composite Design แบบ  $2^3$  Factorial experiment  
รวมกับจุดแกน 6 จุด และจุดกึ่งกลาง 5 จุด เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของ  
กลูโคสไซรัป และน้ำตาลซูโครส

สิ่งทดลอง	Natural variables			Coded variables		
	พีเอช	กลูโคสไซรัป (%)	น้ำตาลซูโครส (%)	พีเอช	กลูโคสไซรัป (%)	น้ำตาลซูโครส (%)
1	3.2	20	20	-1	-1	-1
2	3.8	20	20	1	-1	-1
3	3.2	30	20	-1	1	-1
4	3.8	30	20	1	1	-1
5	3.2	20	30	-1	-1	1
6	3.8	20	30	1	-1	1
7	3.2	30	30	-1	1	1
8	3.8	30	30	1	1	1
9	3.0	25	25	-1.682	0	0
10	4.0	25	25	1.682	0	0
11	3.5	16.6	25	0	-1.682	0
12	3.5	33.4	25	0	1.682	0
13	3.5	25	16.6	0	0	-1.682
14	3.5	25	33.4	0	0	1.682
15	3.5	25	25	0	0	0
16	3.5	25	25	0	0	0
17	3.5	25	25	0	0	0
18	3.5	25	25	0	0	0
19	3.5	25	25	0	0	0

ตารางที่ 3.6 ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม เมื่อผันแปรค่าพีเอช ความเข้มข้นของกลูโคสไซรัป และน้ำตาลซูโครส

สิ่งทดลอง	น้ำ (กรัม)	กลูโคสไซรัป (กรัม)	น้ำตาลซูโครส (กรัม)	กรดซิตริก (กรัม)	โซเดียมซิเตรต (กรัม)	เจลาติน (กรัม)	เพกทิน (กรัม)	กลีซินีลอะซิเตต (กรัม)
1	259	100	100	2.337	0.834	30	1.65	6
2	259	100	100	1.934	1.450	30	1.65	6
3	209	150	100	2.337	0.834	30	1.65	6
4	209	150	100	1.934	1.450	30	1.65	6
5	209	100	150	2.337	0.834	30	1.65	6
6	209	100	150	1.934	1.450	30	1.65	6
7	159	150	150	2.337	0.834	30	1.65	6
8	159	150	150	1.934	1.450	30	1.65	6
9	209	125	125	2.464	0.640	30	1.65	6
10	209	125	125	1.799	1.658	30	1.65	6
11	251	83	125	2.135	1.140	30	1.65	6
12	167	167	125	2.135	1.140	30	1.65	6
13	251	125	83	2.135	1.140	30	1.65	6
14	167	125	167	2.135	1.140	30	1.65	6
15*	209	125	125	2.135	1.140	30	1.65	6

\* การทดลองที่จุดกึ่งกลางของแต่ละปัจจัยที่ศึกษา และทำการทดลอง 5 ซ้ำ

#### ตอนที่ 4 ศึกษาผลของการเติมน้ำผลไม้ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่

การทดลองนี้ ได้ศึกษาผลของการเติมน้ำผลไม้ในส่วนผสมที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ โดยสูตรพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง ได้คัดเลือกมาจากผลการทดลองตอนที่ 3 จากการทำ Response-surface methodology ของการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ที่มีคะแนนของการยอมรับรวมมากที่สุด ปริมาณกรดซิตริกที่ใช้เป็นส่วนผสมในการทดลองนี้ ได้คำนึงถึงค่าพีเอชของส่วนผสมเป็นหลัก โดยได้ปรับปริมาณกรดซิตริกในสูตรที่มีน้ำผลไม้เป็นส่วนผสมให้ได้ค่าพีเอชเท่ากับ 3.0 สำหรับน้ำตาลซูโครสที่ใช้ได้ปรับเปลี่ยนปริมาณให้มีค่าเทียบเท่ากับปริมาณที่มีอยู่ในส่วนผสมเดิม โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{น้ำตาลซูโครสที่เติม} = \text{น้ำตาลซูโครสในส่วนผสมเดิม} - \text{น้ำตาลทั้งหมดในน้ำผลไม้}$$

ปัจจัยที่ศึกษา คือปริมาณน้ำผลไม้ที่เติมทดแทนน้ำในสูตรมี 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30% วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (ไพโรจน์, 2539) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ในการทดลองนี้ใช้น้ำมะม่วงที่คั้นจากผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้แล้วเจือจางเป็น 50% ใช้เป็นตัวแทนของน้ำผลไม้ที่มีรสหวาน และใช้น้ำสับปะรดเป็นตัวแทนของน้ำผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว และได้วิเคราะห์ส่วนประกอบทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมะม่วงเจือจาง 50% และน้ำสับปะรดพบว่ามีความถ่วงจำเพาะ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก แสดงดังในตารางที่ 3.7 สำหรับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลี่มะม่วงและกัมมีเยลลี่สับปะรดในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม แสดงดังในตารางที่ 3.8 และตารางที่ 3.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.7 ปริมาณน้ำตาลและกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมะม่วงเจือจาง 50% และน้ำสับปะรด

ส่วนประกอบทางเคมี	น้ำมะม่วงเจือจาง 50%	น้ำสับปะรด
	100 กรัม	100 กรัม
ความถ่วงจำเพาะ	1.034	1.041
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (%)	7.8	12.5
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม)	6.32	10.47
น้ำตาลรีดิวิซ์ (กรัม)	2.05	3.20
น้ำตาลซูโครส (กรัม)	4.27	7.27
กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (กรัม)	0.24	0.58

ตารางที่ 3.8 ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีมะม่วงในส่วนผสมทั้งหมด 500 กรัม  
เมื่อผันแปรปริมาณการเติมน้ำมะม่วงเจือจาง 50% ในส่วนผสม

ส่วนผสม	สูตรพื้นฐาน (%)	ส่วนผสม 500 กรัม	ส่วนผสม 500 กรัม ที่มีการเติมน้ำมะม่วงเจือจาง 50%		
			20%	25%	30%
กลูโคสไซรัป	27.50	137.5	137.5	137.5	137.5
น้ำตาลซูโครส	27.50	137.5	131.2	129.6	128.0
เจลาติน	6.00	30.0	30	30	30
เพกทิน	0.33	1.65	1.65	1.65	1.65
กรดซิตริก	0.49	2.46	3.27	3.29	3.31
โซเดียมซิเตรต	0.13	0.64	0.64	0.64	0.64
น้ำ	38.30	191.0	91	66	41
น้ำมะม่วง	0	0	100	125	150
กลิ่นมะม่วง	1.0	5	5	5	5

ตารางที่ 3.9 ปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีสับปะรดในส่วนผสมทั้งหมด  
500 กรัม เมื่อผันแปรปริมาณการเติมน้ำสับปะรดในส่วนผสม

ส่วนผสม	สูตรพื้นฐาน (%)	ส่วนผสม 500 กรัม	ส่วนผสม 500 กรัม ที่มีการเติมน้ำสับปะรด		
			20%	25%	30%
กลูโคสไซรัป	27.50	137.5	137.5	137.5	137.5
น้ำตาลซูโครส	27.50	137.5	127.03	124.4	121.8
เจลาติน	6.00	30.0	30	30	30
เพกทิน	0.33	1.65	1.65	1.65	1.65
กรดซิตริก	0.49	2.46	3.38	3.59	3.99
โซเดียมซิเตรต	0.13	0.64	0.64	0.64	0.64
น้ำ	38.3	191.0	91	66	41
น้ำสับปะรด	0	0	100	125	150
กลิ่นสับปะรด	1.2	6	6	6	6

### การวิเคราะห์คุณภาพ

- วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำผลไม้ โดยใช้ Hand refractometer
- วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกในน้ำผลไม้ (AOAC, 2002)
- วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสในน้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสม ตามวิธีของ Lane & Eynon (ลักษณะและนิธิยา, 2544)
- วัดความหนืดของส่วนผสมก่อนเทลงพิมพ์ โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส และใช้เครื่อง Brookfield viscometer
- วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของกัมมีเซลลี (AOAC, 2002)
- วัดความแข็งแรงของเจล โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
- วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลตามวิธี Texture Profile Analysis ได้แก่ cohesiveness, gumminess, chewiness และ springiness โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer
- ประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์กัมมีเซลลี โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic Scale Scoring Test ที่ระดับสเกล 1-9 คะแนน ใช้ผู้ทดสอบชิม semi-trained panel จำนวน 15 คน (ไพโรจน์, 2539)

### การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Analysis of variance) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 หาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างของเจลกัมมีเซลลีในสูตรพื้นฐานและที่มีการเติมน้ำผลไม้ในระดับต่างๆ รวมทั้งคัดเลือกระดับของน้ำผลไม้ที่เหมาะสมที่สุดต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม