

### บทที่ 3

#### การทดลอง

##### วัตถุดิบ

1. เงาะพันธุ์โรงเรียน ขนาด 30-35 ผลต่อกิโลกรัม ชื้อจากปากคลองตลาด ในช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง สิงหาคม พ.ศ.2532
2. ลิ้นจี่พันธุ์โองฮวย ขนาด 35-40 ผลต่อกิโลกรัม ชื้อจากตลาดมหานาค ในช่วงเดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม พ.ศ.2533
3. น้ำตาลทรายขาว บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด
4. Calcium chloride Food grade
5. Calcium lactate Food grade
6. Citric acid monohydrate Food grade
7. Ascorbic acid Food grade

##### สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์วิตามินซี
  - Oxalic acid dihydrate A.R. grade
  - 2,6-Dichlorophenolindophenol sodium salt(dihydrate) A.R. grade
  - Ascorbic acid A.R. grade
2. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์การเกิดสีน้ำตาล
  - Ethyl alcohol A.R. grade
3. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้(ในรูปกรดซิดริก)
  - Sodium hydroxide A.R. grade
  - Phenolphthalein A.R. grade
  - Potassium hydrogenphthalate A.R. grade

### อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีที่ใช้เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 1. Plate count agar              | Difco      |
| 2. Macconkey broth               | Difco      |
| 3. Potassium dihydrogenphosphate | A.R. grade |
| 4. Glucose                       | Food grade |
| 5. Agar                          | Food grade |
| 6. มันฝรั่ง                      |            |

### วัสดุภาชนะบรรจุ

ถุงพลาสติก High Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 7 นิ้ว\*10 นิ้ว หนา 0.02 มิลลิเมตร

### อุปกรณ์ในการเตรียมและวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่แข็ง

1. Air blast freezer เครื่องแช่แข็งที่ใช้มีปล่องลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร สำหรับให้ลมเย็นผ่าน ความเร็วลมสูงสุด 4 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิต่ำสุด -30 องศาเซลเซียส ภายในตู้แช่แข็งมีตะแกรงสำหรับวางผลิตภัณฑ์ 3 ชั้น (รูปที่ 3.1)
2. Plate freezer เครื่องแช่แข็งที่ใช้มีแผ่นโลหะทำความเย็น 3 แผ่น แต่ละแผ่นมีพื้นที่ 30\*43 ตารางเซนติเมตร ระยะห่างสูงสุดระหว่างแผ่นโลหะเย็น 8 เซนติเมตร แผ่นโลหะเย็นนี้สามารถปรับขึ้นลงได้ตามความต้องการ อุณหภูมิต่ำสุดของเครื่องแช่แข็ง คือ -30 องศาเซลเซียส (รูปที่ 3.2)
3. Cryogenic freeezer เครื่องแช่แข็งที่ใช้มีไนโตรเจนเหลว อุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส เป็นสารให้ความเย็น ภายในเครื่องแช่แข็งมีชั้นสำหรับวางผลิตภัณฑ์ ซึ่งชั้นนี้สามารถเข็นเข้าออกจากตู้ได้ และมีท่อต่อระหว่างตู้กับถังบรรจุไนโตรเจนเหลว เมื่อเปิดวาล์ว ไนโตรเจนจะไหลตามท่อเข้าสู่ภายในตู้โดยออกทาง nozzle ภายในตู้จะมีถังลดความดันให้อุณหภูมิสม่ำเสมอ โดยมี thermostat เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการ อุณหภูมิต่ำสุดของเครื่องเท่ากับ -100 องศาเซลเซียส และที่ด้านข้างของตู้มีช่องสำหรับให้ไนโตรเจนเหลวที่เปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วระเหยออกไปได้ (รูปที่ 3.3)

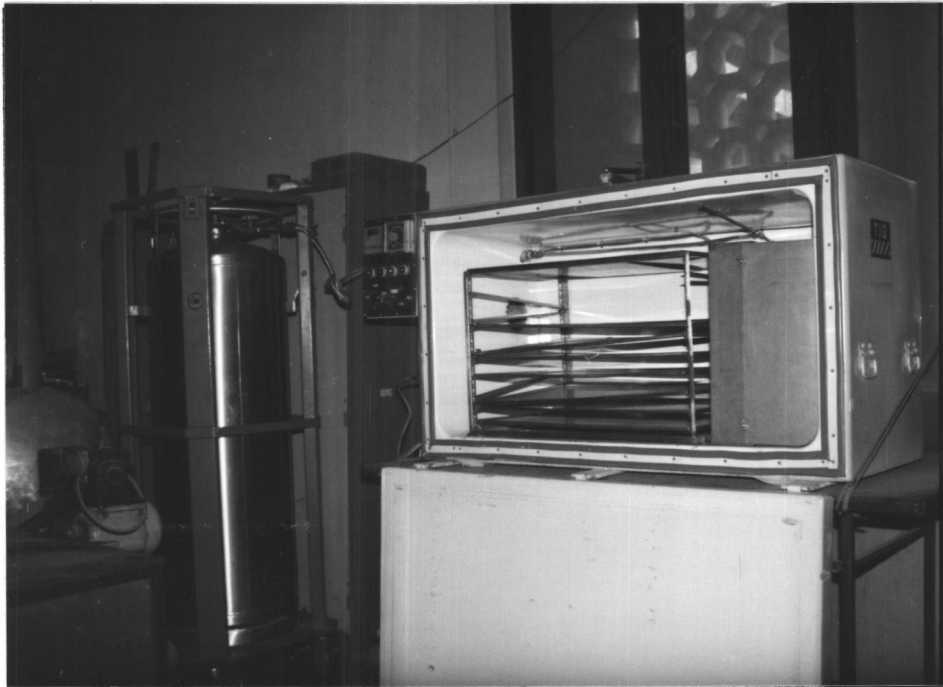


รูปที่ 3.1 air blast freezer



รูปที่ 3.2 plate freezer





รูปที่ 3.3 cryogenic freezer

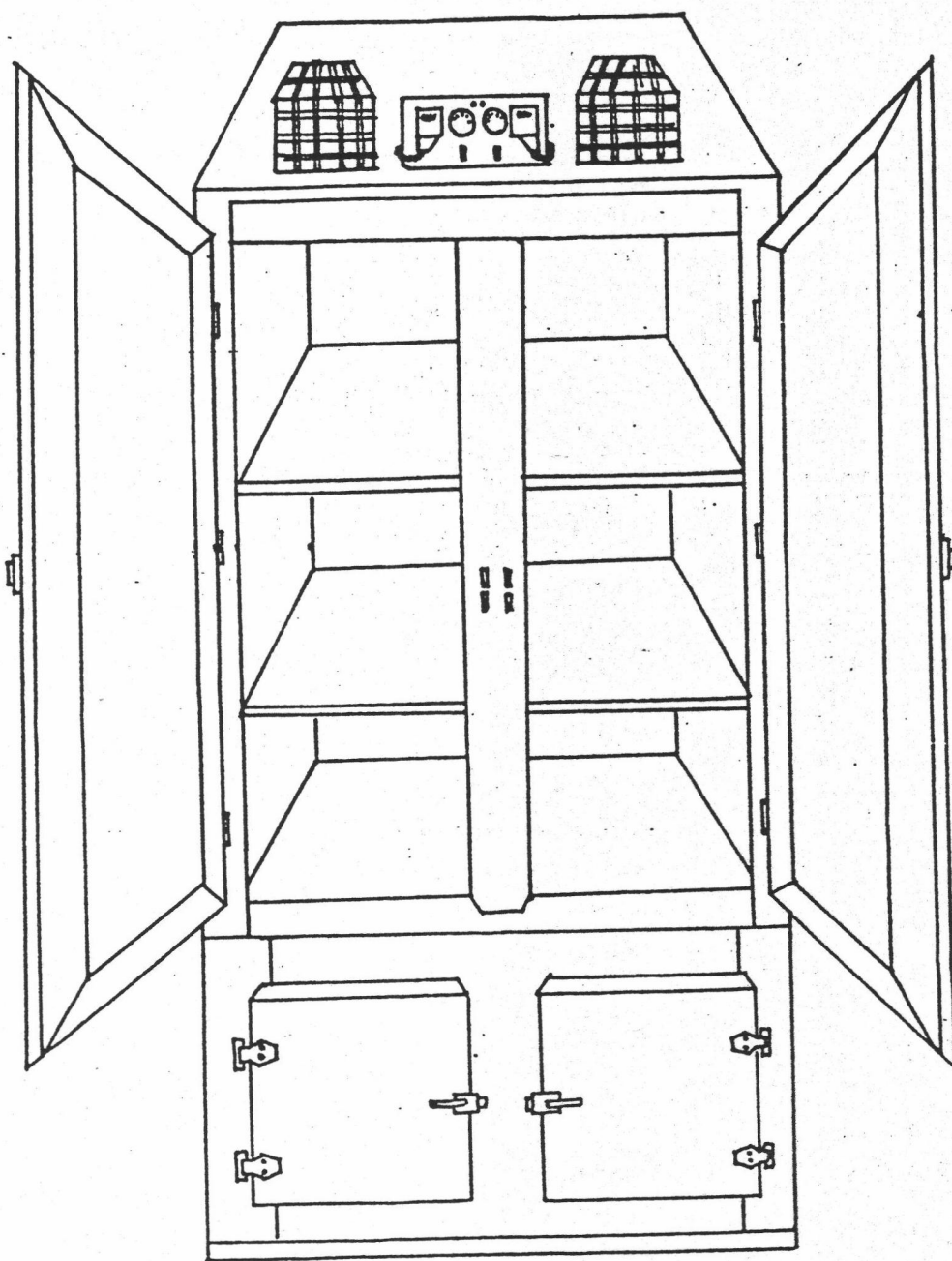
4. Still air freezer เครื่องแช่แข็งที่ใช้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนและส่วนล่าง ส่วนบนมีชั้นวางผลิตภัณฑ์ 3 ชั้น แต่ละชั้นมีพื้นที่ 56\*128 ตารางเซนติเมตร ระยะห่างระหว่างชั้น 30 เซนติเมตร ชั้นล่างมีชั้นวางผลิตภัณฑ์ 2 ชั้น ระยะห่างระหว่างชั้น 25 เซนติเมตร อุณหภูมิต่ำสุดของตู้แช่แข็งทั้ง 2 ส่วน คือ -20 องศาเซลเซียส (รูปที่ 3.4)
5. เครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา Procos VII, CHINO ประกอบด้วย ลวด thermocouple ชนิด copper-constantan เพื่อวัดอุณหภูมิ โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา อุณหภูมิที่วัดด้วยลวด copper-constantan จะมีความผิดพลาด  $\pm 0.5$  องศาเซลเซียส และสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -200 ถึง 400 องศาเซลเซียส
6. เครื่องปิดผนึกแผ่นฟิล์มพลาสติก Sea Master สามารถปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับแผ่นฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดได้
7. เครื่องวัดความแน่นเนื้อ Texturometer Mainframe Standard T2001 พร้อมหัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/16 นิ้ว
8. UV-Visible Recording Spectrophotometer (Shimadzu, UV-240 Graphicord)
9. pH meter (Corning, pH meter 220)
10. Hand refractometer 0-32 °Brix (Atago, N1)
11. Incubator (Memmert, B30)
12. Autoclave (Tomy, SS-320)
13. เครื่องปั่นอาหารความเร็วสูง (Waring blender, 328-L79)
14. เครื่องชั่งหยาย (Sartorius, B3100S)
15. เครื่องชั่งละเอียด (Sartorius, A200S)

#### ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

##### 1. เฉากแช่แข็ง

##### 1.1 คัดเลือกและวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบ

เงาะที่ใช้ในการทดลอง คือ เงาะพันธุ์โรงเรียน ซึ่งจากปากคลองตลาด ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2532 โดยคัดผลเงาะที่มีความสม่ำเสมอ ขนาด 30-35 ผลต่อกิโลกรัม เปลือกมีสีแดงไม่มีสีดำ ขนแข็งตั้ง ไม่อ่อนนุ่ม โคนขนสีแดง ปลายขนสีเขียว สุ่มตัวอย่างเงาะเพื่อตรวจสอบคุณภาพโดยวิเคราะห์ ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH

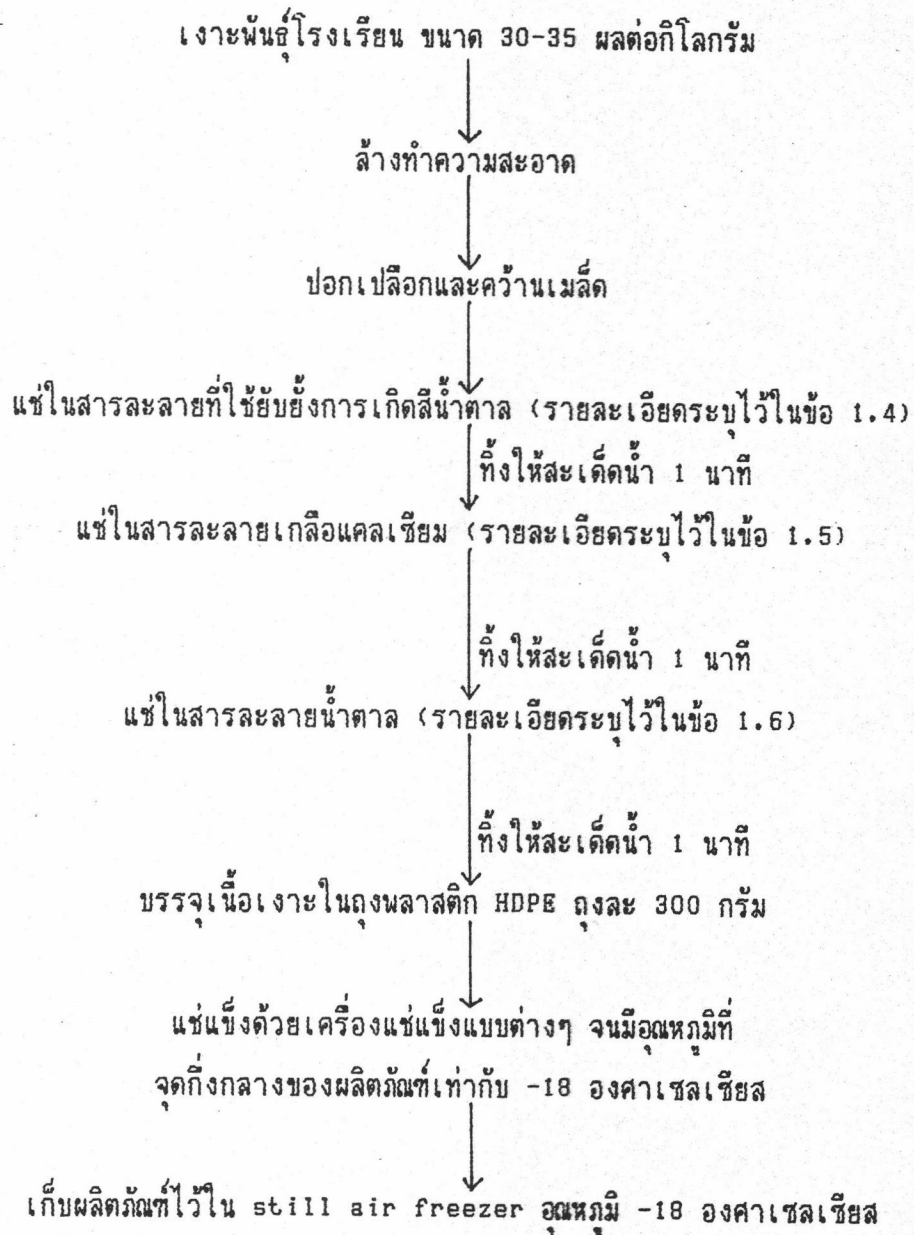


รูปที่ 3.4 still air freezer

meter ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำ โดยใช้ Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC 22.024 (28) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ในรูปกรดซิตริก) ตามวิธีของ AOAC 22.058 (28) ปริมาณวิตามินซีตามวิธีของ Pearson (29) และความแน่นเนื้อของเนื้อเงาะโดยใช้เครื่อง texturometer หัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/16 นิ้ว ทางหัวเจาะลง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของผลเงาะที่ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแล้ว หน่วยเป็นนิวตัน

## 1.2 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ดังแผนผังข้างล่างนี้





### 1.3 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งที่เหมาะสม

ในการทดลองนี้ศึกษาเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งเนื้อเงาะสำหรับเครื่องแช่แข็งแต่ละชนิด คือ air blast freezer และ plate freezer จนมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ  $-18$  องศาเซลเซียส โดยนำเงาะพันธุ์โรงเรียนที่ผ่านการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแล้ว บรรจุใส่ถุง HDPE ขนาด  $7 \times 10$  ตารางนิ้ว หนา  $0.02$  มิลลิเมตร ถูกละ  $300$  กรัม วางบนชั้นสำหรับวางผลิตภัณฑ์ชั้นละ  $4$  ถูสำหรับ air blast freezer และชั้นละ  $2$  ถูสำหรับ plate freezer วาง thermocouple ลง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของเนื้อเงาะที่นำมาแช่แข็งในแต่ละชั้น เครื่องแช่แข็งทั้ง 2 ชนิดจะควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวกลางในการแช่แข็ง โดยทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องแช่แข็งลดลงถึงอุณหภูมิต่ำสุดของแต่ละเครื่อง ซึ่งทั้ง 2 เครื่องมีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ  $-30$  องศาเซลเซียส บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของเนื้อเงาะและเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งอุณหภูมิต่ำสุด ณ จุดกึ่งกลางเท่ากับ  $-18$  องศาเซลเซียส เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเนื้อเงาะและเวลาที่ใช้ในการแช่แข็ง ประมาณเวลาที่ใช้แช่แข็งที่เหมาะสมสำหรับเงาะที่ผ่านการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดออกแล้วจากกราฟดังกล่าว (18)

### 1.4 ศึกษาผลของสารละลายที่ใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

นำเงาะที่ผ่านการปอกเปลือกและคว้านเมล็ดออกแล้ว แช่ในสารละลายที่ใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเบอร์ 8 นาน 1 นาที ซึ่งในการทดลองนี้ใช้สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิก แปรความเข้มข้นของกรดซิตริก 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2% แปรความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก 3 ระดับ คือ 0 0.25 และ 0.5% และแปรเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย 2 ระดับ คือ 5 และ 10 นาที

ประเมินผลการทดลองโดยวัดการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อเงาะ ตามวิธีของ Rangana (30) เมื่อทิ้งให้เกิดสีน้ำตาลนาน 0 5 และ 24 ชั่วโมง

วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด  $3 \times 3 \times 2 \times 3$  ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

### 1.5 ศึกษาผลของสารละลายเกลือแคลเซียมต่อความแน่นเนื้อของเงาะ

แช่เนื้อเงาะที่ผ่านภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 1.4 แล้วในสารละลายเกลือแคลเซียม และทิ้งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงเบอร์ 8 นาน 1 นาที บรรจุใส่ถุง HDPE ถูกละ  $300$  กรัม แช่ในเครื่องแช่แข็งตามเวลาแช่แข็งที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 โดยในที่นี้ให้ air blast freezer เป็นตัวแทนเครื่องแช่แข็งชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง



สารละลายเกลือแคลเซียมที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด คือ เกลือแคลเซียมคลอไรด์ และเกลือแคลเซียมแลคเตต แปรความเข้มข้นของสารละลาย 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2% และแปรเวลาที่ใช้แช่ในสารละลาย 2 ระดับ คือ 5 และ 10 นาที

ประเมินผลการทดลองโดยนำเงาะแช่แข็งที่ได้มาละลายน้ำแข็ง แล้วลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง texturometer หัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/16 นิ้ว แทงหัวเจาะลง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของผลเงาะ ทดลอง 10 ตัวอย่างต่อซ้ำ หน่วยเป็นนิวตัน วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด  $2 \times 3 \times 2$  ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

ประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ Scoring test (รายละเอียดแบบสอบถาม แสดงในภาคผนวก ก) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Experiment เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

#### 1.6 ศึกษาวิธีการปรับปรุงรสชาติของเงาะแช่แข็ง

การทดลองขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงรสชาติของเงาะแช่แข็ง โดยนำเงาะที่ผ่านภาวะเหมาะสมจากข้อ 1.4 และ 1.5 แล้ว มาผสมกับน้ำเชื่อมภาวะต่าง ๆ กัน บรรจุใส่ถุง HDPE นำไปแช่แข็งจนอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ  $-18$  องศาเซลเซียส และเก็บใน still air freezer อุณหภูมิ  $-18$  องศาเซลเซียส โดยในที่นี้ให้ air blast freezer เป็นตัวแทนเครื่องแช่แข็งที่ใช้ในการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 1.5

แปรความเข้มข้นของสารละลายน้ำเชื่อมไว้ 4 ระดับ คือ 0 100 200 และ 300 กรัมต่อลิตร รูปแบบของการใช้น้ำเชื่อม 4 ลักษณะ คือ (I) แช่เนื้อเงาะในน้ำเชื่อม นาน 10 นาที ทั้งให้สะเด็ดน้ำเชื่อมนาน 1 นาที (II) เนื้อเงาะในน้ำเชื่อม อัตราส่วนระหว่างเนื้อเงาะต่อน้ำเชื่อม 2:1 (III) เนื้อเงาะในน้ำเชื่อม อัตราส่วนระหว่างเนื้อเงาะต่อน้ำเชื่อม 4:1 (IV) เนื้อเงาะในน้ำเชื่อม อัตราส่วนระหว่างเนื้อเงาะต่อน้ำเชื่อม 6:1

ประเมินผลการทดลอง โดยทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมทั้งความเข้มข้นของน้ำเชื่อมและรูปแบบของการใช้น้ำเชื่อม โดยใช้ Scoring test และผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Experiment ทดลอง 2 ซ้ำ (รายละเอียดแบบสอบถาม แสดงดังภาคผนวก ก) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

### 1.7 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเงาะแช่แข็งระหว่างเก็บ

นำเงาะที่ผ่านภาวะที่เหมาะสมต่าง ๆ จากข้อ 1.4 1.5 และ 1.6 แล้วมาบรรจุใส่ถุง HDPE ถุงละ 300 กรัม แช่แข็งด้วยเครื่องแช่แข็ง 2 ชนิด คือ air blast freezer และ plate freezer ตามเวลาแช่แข็งที่เหมาะสมจากข้อ 1.3 หลังจากนั้นเก็บผลิตภัณฑ์แช่แข็งไว้ใน still air freezer อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพทุก 6 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เงาะแช่แข็งที่ไม่ผ่านขั้นตอน 1.4 1.5 และ 1.6 สำหรับเครื่องแช่แข็งแต่ละชนิด โดยวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

#### 1.7.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

##### 1.7.1.1 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

ชั่งน้ำหนักเนื้อเงาะก่อนแช่แข็งแล้วหักลบออกจากน้ำหนักของเนื้อเงาะหลังจากแช่แข็งแล้วทันทีและหลังจากเก็บที่ภาวะเก็บทุก 6 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บ ผลต่างของน้ำหนักที่ได้ คือ การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์หลังแช่แข็งทันทีและระหว่างเก็บตามลำดับ

##### 1.7.1.2 การสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์หลังละลาย

น้ำแข็ง (leakage)

นำผลิตภัณฑ์หลังจากหาค่าการสูญเสียน้ำหนักแล้ว บรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุง ทำให้ผลิตภัณฑ์แช่แข็งอ่อนตัวลงโดยแช่ในน้ำที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ตามวิธีของ AOAC 22.006 (28) จนกระทั่งน้ำแข็งละลายหมด ตัดปากถุงพลาสติกแล้วนำผลิตภัณฑ์วางบนกระดาษกรองเพื่อดูดซับน้ำ ชั่งน้ำหนักเนื้อเงาะหลังละลายน้ำแข็ง ผลต่างระหว่างน้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังละลายน้ำแข็ง เป็นปริมาณการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์หลังน้ำแข็งละลาย ตรวจสอบผลิตภัณฑ์หลังแช่แข็งทันทีและหลังจากเก็บทุก 6 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บ

##### 1.7.1.3 ความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์แช่แข็งมาละลายน้ำแข็ง ตามวิธีของ AOAC 22.006 (28) วัดความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Texturometer หัวเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/16 นิ้ว โดยวางผลิตภัณฑ์ที่ละลายน้ำแข็งแล้วบนแท่นเหล็กที่มีรูกลมอยู่ตรงกลาง วัดแรงที่หัวเจาะผ่านตำแหน่งกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์และรูกลมบนแท่นเหล็ก ทดลอง 10 ตัวอย่างต่อซ้ำ หน่วยเป็นนิวตัน ตรวจสอบผลิตภัณฑ์หลังแช่แข็งทันทีและระหว่างเก็บ

### 1.7.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ในรูปกรดซิตริก) โดยไทเทรตกับ NaOH 0.1 N ตามวิธีของ AOAC 22.058 (28) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำ โดยใช้ Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC 22.024 (28) ระดับการเกิดสีน้ำตาลตามวิธีของ Rangana (30) และปริมาณวิตามินซีที่เหลือในผลิตภัณฑ์ตามวิธีของ Pearson (29) ในผลิตภัณฑ์หลังแช่แข็งทันทีและหลังเก็บผลิตภัณฑ์ที่ภาวะเก็บทุก 6 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บ

### 1.7.3 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) จำนวนเชื้อราและยีสต์ และปริมาณ MPN coliform ในผลิตภัณฑ์หลังแช่แข็งทันทีและหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ที่ภาวะเก็บทุก 6 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บ ตามวิธีของ Hall (31)

การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้อ 1.7.1 ถึง 1.7.3 วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด  $2 \times 2 \times 5$  ทดลอง 2 ซ้ำ

### 1.7.4 การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนให้คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์จำนวน 12 คน ตรวจสอบสมบัติต่าง ๆ ของเนื้อเงาะแช่แข็งที่ผ่านการละลายน้ำแข็งแล้วในขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังเย็นอยู่ โดยใช้ Scoring test ทดสอบผลิตภัณฑ์หลังแช่แข็งทันทีและหลังจากเก็บทุก 6 สัปดาห์ (รายละเอียดแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ก)

วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Experiment ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

## 2. ลินจี่แช่แข็ง

### 2.1 คัดเลือกและวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบ

ลินจี่ที่ใช้ในการทดลอง คือ ลินจี่พันธุ์โองฮวย ชื่อจากตลาดมหานาค ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2533 โดยคัดเลือกลินจี่ที่มีความสม่ำเสมอขนาด 35-40 ผลต่อกิโลกรัม ผลกลมรีรูปไข่ ใหญ่กว้าง หนามของผลห่าง เปลือกสีแดงอมชมพู เปลือกบาง เนื้อหนา สีของเนื้อขาวขุ่น มีกลิ่นหอม สุ่มตัวอย่างลินจี่มาตรวจสอบคุณภาพโดยวิเคราะห์ เช่นเดียวกับข้อ 1.1

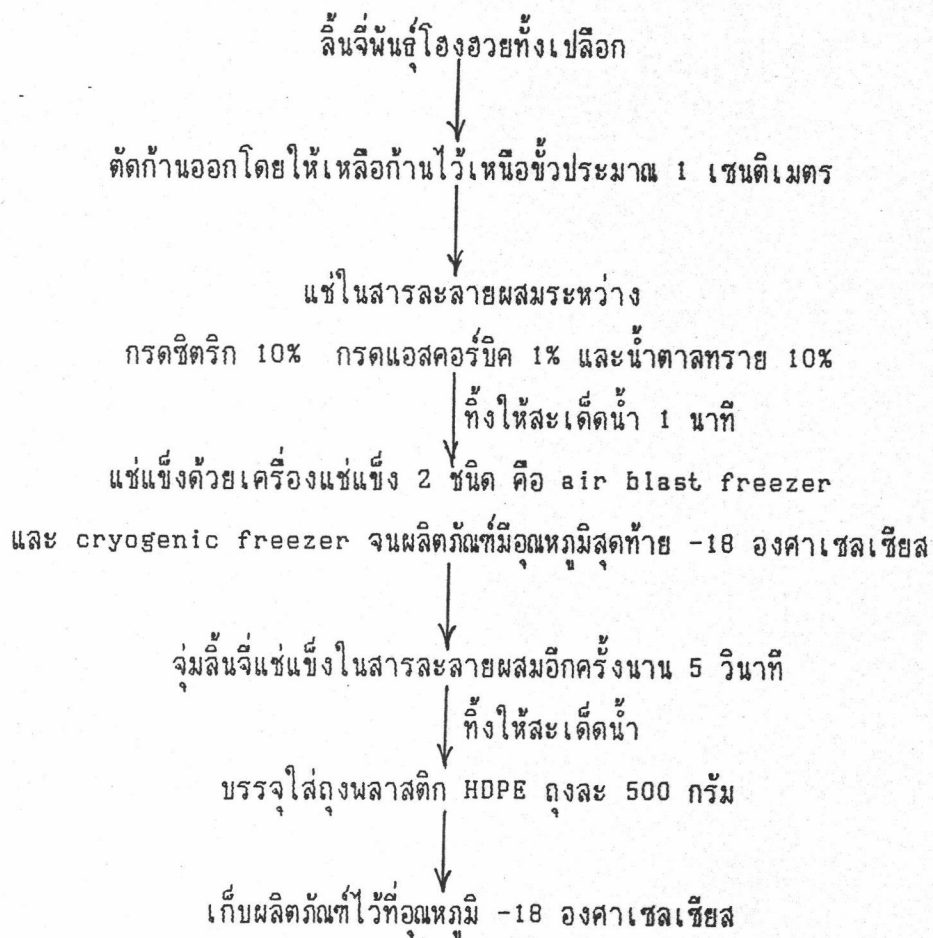
## 2.2 การเตรียมวัตถุดิบ

### 2.2.1 ลีนจีปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแช่แข็ง

นำลีนจีพันธุ์โองฮวยที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาผ่านขั้นตอนต่าง ๆ เช่นเดียวกับแผนผังในข้อ 1.2

### 2.2.2 ลีนจีทั้งเปลือกแช่แข็ง

นำลีนจีทั้งเปลือกที่ผ่านการคัดเลือกและทำความสะอาดแล้วมาผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ตามแผนผังข้างล่างนี้



## 2.3 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งที่เหมาะสม

### 2.3.1 ลีนจีปอกเปลือกและคว้านเมล็ด

ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1.3 ของเงาะแช่แข็ง หาเวลาแช่แข็งที่เหมาะสมสำหรับเครื่องแช่แข็ง 3 ชนิด คือ air blast freezer plate freezer และ cryogenic freezer โดยประมาณเวลาที่ใช้แช่แข็งที่เหมาะสมจากกราฟแสดงความสัมพันธ์



## ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการแช่แข็ง

### 2.3.2 ลินจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง

ทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.3.1 แต่ใช้ลินจี้ทั้งผลไม่ปอกเปลือก  
 วาง thermocouple เข้าไปในผลลินจี้ (บริเวณเนื้อชั้นในสุดติดกับเมล็ด) แล้วนำไปแช่แข็งใน  
 เครื่องแช่แข็ง 2 ชนิด คือ air blast freezer และ cryogenic freezer บันทึก  
 เวลาที่ใช้แช่แข็งตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนกระทั่งอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส ประมาณ  
 เวลาที่ใช้แช่แข็งที่เหมาะสมเช่นเดียวกับข้อ 2.3.1

## 2.4 ศึกษาภาวะการเตรียมลินจี้ก่อนการแช่แข็ง

### 2.4.1 ลินจี้ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแช่แข็ง

#### 2.4.1.1 ศึกษาผลของสารละลายที่ใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล

ทดลองเช่นเดียวกับ 1.4 ของเงาะแช่แข็ง

#### 2.4.1.2 ศึกษาผลของสารละลายเกลือแคลเซียม

ทดลองเช่นเดียวกับ 1.5 ของเงาะแช่แข็ง

#### 2.4.1.3 ศึกษาวิธีการปรับปรุงรสชาติของลินจี้แช่แข็ง

ทดลองเช่นเดียวกับ 1.6 ของเงาะแช่แข็ง

### 2.4.2 ลินจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง

การทดลองขั้นตอนนี้ เป็นการปรับปรุงสีเปลือกลินจี้ เพื่อรักษา  
 เปลือกลินจี้ให้ยังคงมีสีแดง โดยแช่ลินจี้ในสารละลายผสมซึ่งประกอบด้วย กรดซิตริก 10% กรด  
 แอสคอร์บิก 1% และน้ำตาลทราย 10% นาน 0 30 60 และ 120 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน  
 1 นาที แช่แข็งใน air blast freezer และ cryogenic freezer ตามเวลาแช่แข็งที่  
 เหมาะสมจากข้อ 2.3.2 จากนั้นนำลินจี้แช่แข็งแล้วนี้มาจุ่มในสารละลายผสมนี้อีกครั้งหนึ่งนาน 5  
 วินาที บรรจุใส่ถุง HDPE ถูกละ 500 กรัม เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน  
 24 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก 6 สัปดาห์

## 2.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บ

### 2.5.1 ลินจี้ปอกเปลือกและคว้านเมล็ดแช่แข็ง

ทดลองเช่นเดียวกับ 1.7

### 2.5.2 ลินจี้ทั้งเปลือกแช่แข็ง

เก็บลินจี้ทั้งเปลือกแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

(บริษัท บุรพาห้องเย็น จำกัด) นาน 24 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างลินจี้ทั้งเปลือกแช่แข็งที่ผ่านขั้นตอน



2.4.2 มาวิเคราะห์คุณภาพภายหลังแช่แข็งทันทีและหลังเก็บทุก 6 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาเก็บ โดยวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.2.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับ 1.7.1 วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด  $2 \times 4 \times 5$  ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

2.5.2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับ 1.7.2 วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Experiment ขนาด  $2 \times 4 \times 5$  ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

2.5.2.3 การประเมินผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่เวลาเก็บต่าง ๆ กัน โดยใช้ Scoring test (รายละเอียดแบบสอบถาม แสดงในภาคผนวก ก) วางแผนการทดลองแบบ Factorial Randomized Complete Block Experiment ทดลอง 2 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test