

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์

ขนุนพันธุ์เหลืองบางเตย จากสวน ต.บางเตย อ.สามพราน จ.นครปฐม ในสภาพผลแก่เต็มที่แต่ยังไม่สุก มีดัชนีการเก็บเกี่ยว 270 – 300 วัน หลังจากดอกบาน น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลประมาณ 15 – 17 กิโลกรัม ราคาเฉลี่ยน้ำหนักผลดิบ กิโลกรัมละ 10 – 15 บาท

ขนุนพันธุ์จำปากรอบ และพันธุ์ทองสุดีใจ จากสวน อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี ในสภาพผลแก่เต็มที่แต่ยังไม่สุก มีดัชนีการเก็บเกี่ยว 270 – 300 วัน หลังจากดอกบาน น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลประมาณ 15 – 17 กิโลกรัม ราคาเฉลี่ยน้ำหนักผลดิบกิโลกรัมละ 10 – 15 บาท ขนุนทั้ง 3 พันธุ์ จะตัดแล้วเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 3 – 5 วัน โดยพิจารณาระดับการสุกของขนุนจากการนิ่มของผลขนุน กลิ่นหอม และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ขนุนพันธุ์เหลืองบางเตยอยู่ในช่วง 22 – 29 °Brix ส่วนพันธุ์จำปากรอบ และพันธุ์ทองสุดีใจอยู่ในช่วง 22 – 27 °Brix จากนั้นจะแกะเฉพาะยวงมาทดลอง

3.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการแช่ขนุนก่อนแช่เยือกแข็ง

น้ำตาลทรายขาว (ซูโครส)

Calcium chloride (CaCl_2) (Food grade)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

Sulfuric acid (H_2SO_4) (A.R.)

Hydrochloric acid (HCl) (A.R.)

Boric acid (H_3BO_3) (A.R.)

Sodium hydroxide (NaOH) (A.R.)

Potassium sulfate (K_2SO_4) (A.R.)

Copper sulfate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (A.R.)

Methyl red (A.R.)

Bromocresol green (A.R.)

Ethyl alcohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) (A.R.)

Petroleum ether	(A.R.)
Sodium carbonate anhydrous (Na_2CO_3)	(A.R.)
Potassium sodium tartrate ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	(A.R.)
Sodium hydrogen carbonate (NaHCO_3)	(A.R.)
Potassium iodide (KI)	(A.R.)
Potassium iodate (KIO_3)	(A.R.)
Potassium chromate (K_2CrO_4)	(A.R.)
Sodiumthiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	(A.R.)
Potassiumdichromate ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	(A.R.)
Soluble starch	(A.R.)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

Potato dextrose agar (FDA)	
Plate count agar (PCA)	
Tartaric acid ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$)	(A.R.)
Sodium chloride (NaCl)	(A.R.)

3.3 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตขนุนแช่เยือกแข็ง

Air blast freezer (บริษัท ออกัสต้า จำกัด มีกำลังการทำงาน 1 แรงม้า ความเร็วลม ณ จุดวางชั้นผลิตภัณฑ์ 6 m/sec)

Cryo-test chamber (Allentown, Penna, USA, CT-1818-12F) บริษัท บางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด

ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว (Taylor – Wharton, XL – 55 HP) บริษัท บางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด

ตู้แช่เยือกแข็งแบบนอน (SANYO, SF – C95) อุณหภูมิ $-18 \pm 1^\circ\text{C}$

เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (LR 4210 Yokogawa) และสาย thermocouple ชนิด Copper constantan type T, needle type สามารถอ่านอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -200 ถึง 400°C มีความผิดพลาดในการอ่านอุณหภูมิ $\pm 0.5^\circ\text{C}$

เครื่องปิดผนึกแบบสุญญากาศ (Multivac Type, AG 500)

นาฬิกาจับเวลา (Seiko)

เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA 4100S)

เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A200S)

ถุงพลาสติก HDPE ตรา P.E. ขนาด 6 x 8 นิ้ว ความหนา 0.05 มิลลิเมตร
จากตลาดสามย่าน

ถุงพลาสติก laminate Nylon 15 μ / LLDPE 120 μ ขนาด 6 x 8 นิ้ว ความหนา
0.07 มิลลิเมตร ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 series)

เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA – XT2I)

เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA 4100S)

เวอร์เนีย (Kanon, LSM – 150)

Scanning Electron Microscope (JEOL, JSM – 5410 LV) ของศูนย์เครื่องมือ
วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กล้องจุลทรรศน์ (Nikon, UFX – DX)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Soxlet Apparatus, Gerhardt)

ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjeldathem and Vapodest I, Gerhardt, KT 85)

ตู้อบลมร้อน (WTB Binder, E – 53)

เตาเผา (Isotemp, FT01/138)

เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A200S)

Hand refractometer 0 – 32° Brix (Atago, NO.1)

pH meter (Schott, CG 840)

เตาให้ความร้อน (Corning, PC – 320)

เครื่องบดอาหาร (National, MXT 110 PN)

นาฬิกาจับเวลา (Seiko)

ตู้เย็น (Sharp, SJ – D51H – GY)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

Autoclave (Tomy, SS – 320)

Stomacher (AES laboratoire)

เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A200S)

ตู้อบลมร้อน (WTB Binder, E – 53)

Incubator (Memmert)

Vortex mixture (Super Mixer, Cat, NO.1291)

3.4 วิเคราะห์และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

การหาเปอร์เซ็นต์เนื้อขนุน ดัดแปลงจากวิธีของ เพ็ญศิริ อนันต์รักสกุล และคณะ (2531) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 1

การวัดสี ด้วยเครื่อง Minolta chroma meter วัดเป็นค่า L a และ b รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 2

การวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texturometer รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 3

การหาค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (% freezing loss) ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad, Swartz และ Bomben (1980) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

การหาค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง (% thawing loss) ดัดแปลงจากวิธีของ Carroad, Swartz และ Bomben (1980) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.5

การหาเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 6

การหาอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 7

การวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) ตามวิธีของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 8

การวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยวิธีทาง Histology ตามวิธีของภาควิชาพยาธิวิทยาเขตร้อน คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 9

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 1

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 2

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 3

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 4

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 5

การวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธี Shaffer somogyi AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 6

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 7

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (ในรูปกรดซิตริก) ดัดแปลงจากวิธี AOAC (1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข. 8

วิธีวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2535) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค. 1

การวิเคราะห์จำนวนยีสต์และรา ตามวิธีของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2535) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค. 2

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี ยวง กลิ่น ขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วย Scaling test ใช้ผู้ทดสอบทั้งฝึกฝนจำนวน 12 คน ให้ชิมตัวอย่าง treatment ละครั้ง ยวง ทดสอบครั้งละ 4 treatment การเปลี่ยนเพื่อชิม treatment ใหม่ให้กลั้วคอด้วยน้ำเปล่าก่อนทุกครั้ง และใช้แบบทดสอบดังต่อไปนี้

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนุนแช่เยือกแข็ง รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง. 1

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของกระบวนการแช่เยือกแข็งขนุน รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง. 2

3.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.5.1 ศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง

3.5.1.1 ลักษณะทางกายภาพ เคมี และคุณภาพของยวงขนุน ก่อนการแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษาข้อมูล พบว่าขนุนพันธุ์เหลืองบางเตย จำปากรอบ และทองสุกใจ เป็นขนุนที่ได้รับการส่งเสริมจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ให้ปลูกมากขึ้น ประกอบกับมีเนื้อยวงดีและปลูกมากในภาคตะวันตก จึงได้คัดเลือกขนุนพันธุ์ต่าง ๆ ดังกล่าวมาทำวิจัย โดยเก็บเกี่ยวขนุนแต่ละพันธุ์เมื่อผลแก่เต็มที่แต่ยังไม่สุก นำมาเก็บที่อุณหภูมิต่ำ 3-5 วัน เมื่อขนุนสุกจะแกะเฉพาะยวงขนุนมาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และคุณภาพของยวงขนุนก่อนการแช่เยือกแข็ง มีหลักเกณฑ์พิจารณาดังนี้

- เเปอร์เซ็นต์เนื้อขนุน (% yield)
- ขนาดยวงโดยชั่งน้ำหนักเป็น (กรัม) ต่อขนุน 10 ยวง
- ความหนาของเนื้อ โดยใช้ vernier calipers
- ความแน่นของเนื้อสัมผัส
- สีขนุนสด
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วย hand refractometer
- ปริมาณกรดทั้งหมด
- ค่า pH ด้วย pH meter

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

3.5.1.2 ลักษณะคุณภาพของยวงขนุนหลังละลายน้ำแข็ง

นำตัวอย่างขนุนแต่ละพันธุ์ที่แกะยวงและเอาเมล็ดออกมาแช่เยือกแข็งแบบพ่นอากาศเย็นอุณหภูมิ $-30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ จนอุณหภูมิภายในใจกลางยวงขนุนเท่ากับ -18°C นำมาละลายน้ำแข็งโดยทิ้งให้ละลายในตู้เย็น ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) นาน 4 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (% freezing loss)
- เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง (% thawing loss)
- ความแน่นของเนื้อสัมผัส
- สีขนุนหลังละลายน้ำแข็ง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสียวง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วย Scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดย

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

3.5.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็ง

เลือกขนุนพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ต่ำ และมีคะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ สูงสุด จากข้อ 3.5.1 แยกวงแคะเมล็ดออก แบ่งขนุนเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของขนุนสด ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1995) ขนุนส่วนที่ 2 นำมาศึกษาสภาวะการเตรียมวัตถุดิบก่อนการแช่เยือกแข็ง โดยแบ่งขนุนเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

1. แช่สารละลาย CaCl_2 ที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1 และ 2% w/v นาน 30 นาที ดัดแปลงจากวิธีของ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ (2533) แล้วนำไปแช่เยือกแข็ง

2. แช่สารละลายซูโครสที่แปรความเข้มข้นเป็น 30 40 และ 50 °Brix ดัดแปลงจากวิธีของ สงวนศรี เจริญเหรียญ และ วิชาญ วงศ์สิทธิ์ (2537) นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่เยือกแข็ง

3. แช่สารละลาย CaCl_2 ที่แปรความเข้มข้นเป็น 0.5 1 และ 2%w/v นาน 30 นาที แล้วแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 30 40 และ 50 °Brix นาน 1 ชั่วโมง นำไปแช่เยือกแข็ง

4. แช่เยือกแข็งทันที

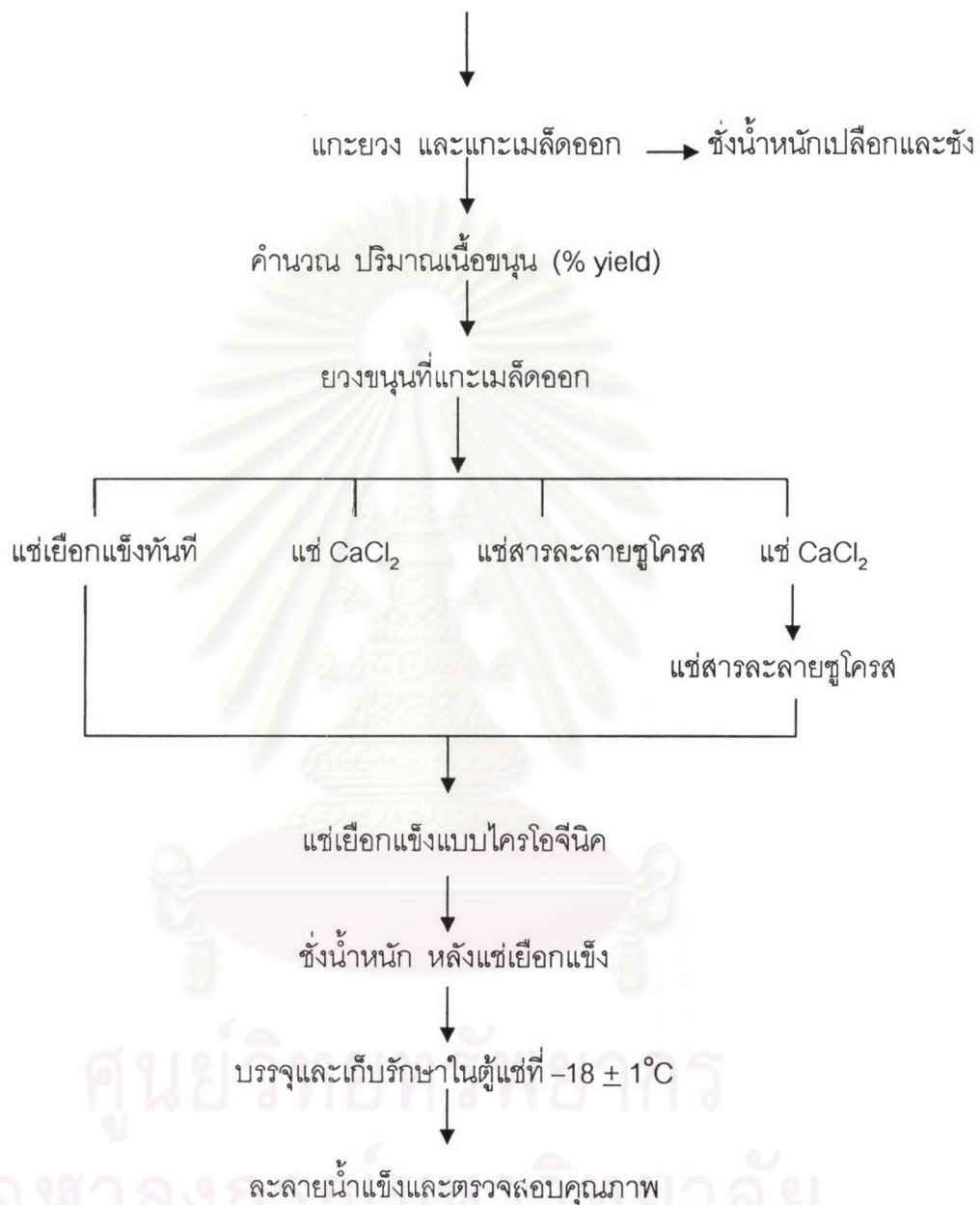
หลังจากเตรียมวัตถุดิบก่อนแช่เยือกแข็งแล้วทั้ง 4 กลุ่ม นำไปแช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิก (อุณหภูมิจานำ -60°C) ชั่งน้ำหนักเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ freezing loss บรรจุและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ นาน 1 สัปดาห์ เมื่อครบเวลานำตัวอย่างมาละลายน้ำแข็งและตรวจสอบคุณภาพ สรุปรายตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คัดเลือกเฉพาะขนุนแก่ แต่เนื้อยังแน่นแข็ง

ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบโดยพิจารณาจากความหนาของยวงให้อยู่ในช่วง

0.5 – 0.7 cm. ความแน่นของเนื้อสัมผัส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ สี และกลิ่น



ตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์ freezing loss
- เปอร์เซ็นต์ thawing loss
- ความแน่นของเนื้อสัมผัส
- สีขนุนหลังละลายน้ำแข็ง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสียวง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วย Scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

3.5.3 ศึกษาสภาวะการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม

เลือกสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมขนุนก่อนการแช่เยือกแข็ง โดยพิจารณา สภาวะที่ให้เปอร์เซ็นต์ freezing loss เปอร์เซ็นต์ thawing loss ต่ำ และมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ สูงสุด แล้วนำมาศึกษาด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.5.3.1 ศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบโครโอจีนิก

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการแช่เยือกแข็งมา แช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิกโดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นตัวกลางในการให้ความเย็น แปรอุณหภูมิ การแช่เยือกแข็งเป็น 3 ระดับคือ -50 -60 และ -70 °C แล้วบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของใจกลาง ยวงขนุน และเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนอุณหภูมิสุดท้ายใจกลางยวงขนุนเท่ากับ -18 °C เพื่อหา freezing curve ของแต่ละอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง

3.5.3.2 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่เยือกแข็งขนุนแบบโครโอจีนิก

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการแช่เยือกแข็งมา แช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิกโดยใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นตัวกลางในการให้ความเย็น แปรอุณหภูมิ การแช่เยือกแข็งเป็น 3 ระดับคือ -50 -60 และ -70 °C แช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิใจกลางยวงขนุน เท่ากับ -18 °C บรรจุลงแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ -18 ± 1 °C นาน 1 สัปดาห์

จากนั้นนำมาละลายน้ำแข็งโดยทิ้งให้ละลายในตู้เย็น ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) นาน 4 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์ freezing loss
- เปอร์เซ็นต์ thawing loss
- ความแน่นของเนื้อสัมผัส
- สีขนุนหลังละลายน้ำแข็ง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสียวง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วย Scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985)

3.5.4 ศึกษาวิธีการละลายขนุนแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการแช่เยือกแข็ง มาแช่เยือกแข็งแบบโครโอจีนิก บรรจุถุงปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ นาน 1 สัปดาห์ นำมาละลายน้ำแข็งโดยวิธีละลาย 2 วิธีคือ การละลายขนุนโดยทิ้งให้ละลายในตู้เย็น ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) และการละลายขนุนโดยแช่น้ำอุณหภูมิ $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ละลายน้ำแข็งจนผลิตภัณฑ์มีความอ่อนตัวพอเหมาะ (อุณหภูมิ $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$) ตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- เปอร์เซ็นต์ thawing loss
- ความแน่นของเนื้อสัมผัส
- สีขนุนหลังละลายน้ำแข็ง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 6 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี t - test

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสียวง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วย Scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งฝึกฝน 12 คน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 5 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี t – test

3.5.5 ศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขนุนแช่เยือกแข็ง

นำขนุนที่ผ่านการเตรียมในสภาวะที่เหมาะสมก่อนการแช่เยือกแข็งมาแช่เยือกแข็งแบบวิธีโครโอจีนิค ตามเวลาและอุณหภูมิที่เลือกแล้วจากข้อ 3.5.3.1 และ 3.5.3.2 ตามลำดับ นำขนุนแช่เยือกแข็งมาบรรจุแบบสุญญากาศเก็บในตู้แช่เยือกแข็งอุณหภูมิ $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ สุ่มตรวจคุณภาพตัวอย่างทุกเดือนเป็นระยะเวลา 6 เดือน ศึกษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาขนุนแช่เยือกแข็ง และประเมินสมบัติด้านต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ thawing loss ความแน่นของเนื้อสัมผัส สีขนุนหลังละลายน้ำแข็ง วิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscope (SEM) และวิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อเยื่อด้วยวิธีทาง Histology ก่อนแช่เยือกแข็ง และหลังแช่เยือกแข็งขนุนเดือนที่ 0 3 และ 6

สมบัติทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สียวง กลิ่นขนุน ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งฝึกฝน 12 คน

สมบัติทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (hand refractometer)

สมบัติทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ปริมาณยีสต์และรา

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for the Social Science (SPSS) V.9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Cochran และ Cox, 1985) สำหรับการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางด้านจุลินทรีย์ และทางด้านเคมี ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย เช่นเดียวกับการประเมินคุณภาพทางกายภาพ ทางด้านจุลินทรีย์ และทางด้านเคมี