

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุดิบ

- ลินจีสายพันธุ์: กวางเจา จักรพรรดิ โอเอียะ และฮงฮวย จากสวนรุ่งเกียรติ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่
- กรดซิตริก (Food grade)
- น้ำตาลทราย ตรามิตรผล

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตลินจีในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

- กระป๋องบรรจุชนิดอีนาเมล (Enamel can) ขนาด 307×409 พร้อมฝา
- เครื่องหั่น
- เครื่องปิดผนึกกระป๋อง
- เครื่องไล่อากาศ
- หม้อฆ่าเชื้อ

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตลินจีแช่แข็ง

- เครื่องแช่แข็งแบบเร็ว (Individual Quick Freezer, FL₀ Freeze[®] : Model FFB ADI 24., Sweden)
- เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (Vacuum sealer, Audionvac : Model VM 201 G, USA)

- ตู้แช่แข็ง (Freezer, Sanyo : Model SF-C99 No. 90200146, Thailand)
- ถุงบรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum bag, Thailand)

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี

- เครื่องกวนผสมแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic stirrer, Labinco : Model 344, Netherland)
- เครื่องกลั่นโปรตีน (Distillation unit, Buchi : Model 323, Switzerland)
- เครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบแยกกาก (Juicer, National : Model MJ-68 M No. 605231, Malaysia)
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง (Analytical balance, Mettler-Toledo : Model BB 120, Dielhemim Co., Ltd., Switzerland)
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius : Model B 3100P, Germany)
- เครื่องปั่นผสม (Blender, National : Model MX-T31 GN No. 940823, Taiwan)
- เครื่องผสม (Vortex Geniez, Scientific Industries : Model G-560 E, USA.)
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/Visible Spectrophotometer, Shimadzu : Model UV- 160, Japan)
- เครื่องวัดค่าของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer, Atago : Model N1 °Brix 1-32 %, Japan)
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH-meter, Horiba : Horiba D-12 Model D-12E 526002, Japan)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser, Instron : Model 5565, Instron Crop.)
- เครื่องวัดสี (Minolta camera : Model CR300, Japan)
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer, RKC : Model PP-300, Japan)
- เครื่องย่อยโปรตีน (Digester, Buchi : Model 430, Switzerland)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge, Kubota : Model 5100, Japan)

- ตู้บ่ม (Incubator, Lanna Foods and Supplied Co., Lid., Thailand)
- แท่งกวนผสมแบบแม่เหล็ก (Magnetic bar, Spin bar : Bel -Art product, USA)
- นาฬิกาจับเวลา
- สุ่มชักดูดสาร ขนาด 1-10 มิลลิลิตร (Dispensette[®] III, Brand : Model No. 4700140, Germany)
- หลอดวัดค่าการดูดกลืนแสง (Cuvette, PlastiBrand[®] : Model PS 2.5 ml makco Cat. No. 759005, Germany)
- ออโตปิเปต ขนาด 10-100 ไมโครกรัม (Autopipette, Varipette[®] 4810, Eppendorf : Model No. 92297, Germany)
- ออโตปิเปต ขนาด 200-1000 ไมโครกรัม (Autopipette, Varipette[®] 4810, Eppendorf : Model No. 181182, Germany)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, GFL : Model D1004 No.10695192e, Germany)

3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดสารก่อภูมิแพ้

- กล่องโฟม (Foam box, Thailand)
- ขวดแก้ว (Bottles, Thailand)
- เครื่องกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum pump, MEDI-PUMP[®] : Model No. 1132, USA)
- เครื่องปั่นผสมความเร็วสูง (Homogenizer, Kinematica AG : Model PT 10/35 No. 980769-4, Polytron-Aggregate[®], Switzerland)
- เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (Vacuum sealer, Audionvac : Model VM 201 G, USA)
- เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze dryer, Freezone[®] Stoppering Tray Dryer : Model 79780, Labconco., USA)
- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer, RKC : Model PP-300, Japan)
- ถุงมือ (Disposable gloves, Satory : Lot no. 0343, Thailand)

3.1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารก่อภูมิแพ้

- ชุดอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ Enzyme Allergosorbent Test (EAST) Inhibition
- ชุดอุปกรณ์สำหรับการทำ Immunoblotting
- Electrophoresis
- Nitrocellulose membrane

3.2 สารเคมี

- กรดกาแลกทูโรนิก (D-Galacturonic acid monohydrate ; $C_6H_{10}O_7 \cdot H_2O$) : Merck, Germany)
- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid ; H_2SO_4 : Merck, Germany)
- กรดบอริก (Boric acid ; H_3BO_3 : Merck, Germany)
- กรดเมตาฟอสฟอริก (Meta -Phosphoric acid ; $(HPO_3)_n$: Merck, Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper (II) sulfate anhydrous ; $CuSO_4$: Merck, Germany)
- คาร์บาซอล (Carbazole ; $C_6H_4C_6H_4NH$: Merck, Germany)
- ชุดวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลสำเร็จรูป (Sucrose / D-Glucose / D-Fructose test kit No.716260 : Boehringer Mannheim, Germany)
- ชุดวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีสำเร็จรูป (L-Ascorbic acid test kit No.409677 : Boehringer Mannheim, Germany)
- เซเลเนียมไดออกไซด์ (Selenium dioxide ; SeO_2 : Merck, Germany)
- โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate anhydrous ; Na_2CO_3 : Merck, Germany)
- โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate anhydrous ; Na_2SO_4 : Merck, Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; $NaOH$: Merck, Germany)
- ไดเอทิลอีเธอร์ (Diethyl ether ; $(C_2H_5)_2O$: Merck, Germany)
- บรอมครีซอลกรีน (Bromocresol green ; $C_{21}H_{14}Br_4O_5S$: Merck, Germany)

- ฟีนอลฟิธาไลน์ (Phenolphthalein ; $C_{20}H_{14}O_4$: Merck, Germany)
- เมทิลเรด (Methyl red ; $(CH_3)_2NC_6H_4N$: May & Baker, England)
- วานิลลิน (Vanillin ; $C_8H_8O_3$: Merck, Germany)
- อะซิโตน (Acetone ; C_3H_6O : Merck, Germany)
- อีพิแคเทชิน ((-) Epicatechin ; 3, 3', 4', 5, 7-Pentahydroxyflavan : Sigma, USA)
- เอทานอล (Ethanol ; C_2H_6O : Merck, Germany)
- แอมโมเนียมออกซาเลต (Ammonium oxalate ; $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$: Merck, Germany)
- Folin-Ciocalteu reagent (Merck, Germany)

3.3 การประมวลผลข้อมูลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS
- โปรแกรมระบบปฏิบัติการบนวินโดวส์ Microsoft Excel 97

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ความแตกต่างทางด้านสายพันธุ์ของลิ้นจี่ต่อองค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี

ทำการศึกษาทดลองลิ้นจี่ทั้ง 4 สายพันธุ์ดังต่อไปนี้

สายพันธุ์	เหตุผลในการเลือกศึกษา
กวางเจา	เป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคสด เนื้อผลมีสีชาวชุ่น รสหวานอมเปรี้ยว เมล็ดลีบ
จักรพรรดิ	เป็นพันธุ์ที่โรงงานอุตสาหกรรมแช่เยือกแข็งผักและผลไม้ นิยมนำไปแช่แข็งเพื่อการส่งออกมากที่สุด มีขนาดผลโตมาก เปลือกหนา เนื้อผลหนา มีสีชาว ฉ่ำน้ำ มีรสหวาน
ไอเอียะฮงฮวย	เป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคสด รสหวาน เนื้อหนา ผลมีขนาดโต เมล็ดเล็ก รูปทรงผลดี สีแดงอมชมพู ผลผลิตมีปริมาณมาก กลิ่นหอม รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย เป็นพันธุ์ที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง น้ำลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง

นำลิ้นจี่แต่ละสายพันธุ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ตามภาคผนวก ข และ ค ดังนี้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

- ค่าเนื้อสัมผัส (Texture) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron, 1993)
- ค่าสีระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี ตามวิธีของ Minolta Camera Co., Ltd (1991)

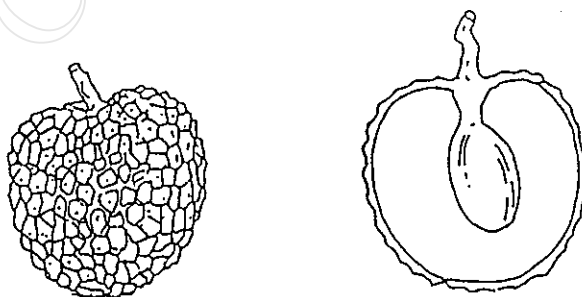
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)

- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และกรดมาลิก โดยวิธี Titratable acids ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand Refractometer
- ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส (Sucrose / D-Glucose / D-Fructose) โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis - Uv method (Boehringer, 1998)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Macro Kjeldahl (AOAC, 1990)
- ปริมาณเพคตินในรูปของ Total pectin, Water soluble pectin, Oxalate soluble pectin และ Alkaline soluble pectin ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1964)
- ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis-Colorimetric method (Boehringer, 1996)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Phenolic substances) โดยวิธี Flavonols with vanillin method และวิธี Folin - Ciocalteu method ตามวิธีของ Poffet (1997)
- สารก่อภูมิแพ้ ตามวิธีของ Vieths *et al.*, (1992)

3.4.2 การกระจายขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีในผลลิ้นจี่

ศึกษาการกระจายขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีในผลลิ้นจี่ โดยพิจารณาถึงการกระจายขององค์ประกอบดังกล่าวในเนื้อและเปลือกของลิ้นจี่ ในการทดลองนี้ใช้ลิ้นจี่สายพันธุ์จักรพรรดิ และสายพันธุ์ฮงฮวย เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ตามภาคผนวก ข และ ค ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของผลลิ้นจี่

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

- ค่าเนื้อสัมผัส (Texture) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron, 1993)
- ค่าสีระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี ตามวิธีของ Minolta Camera Co., Ltd (1991)

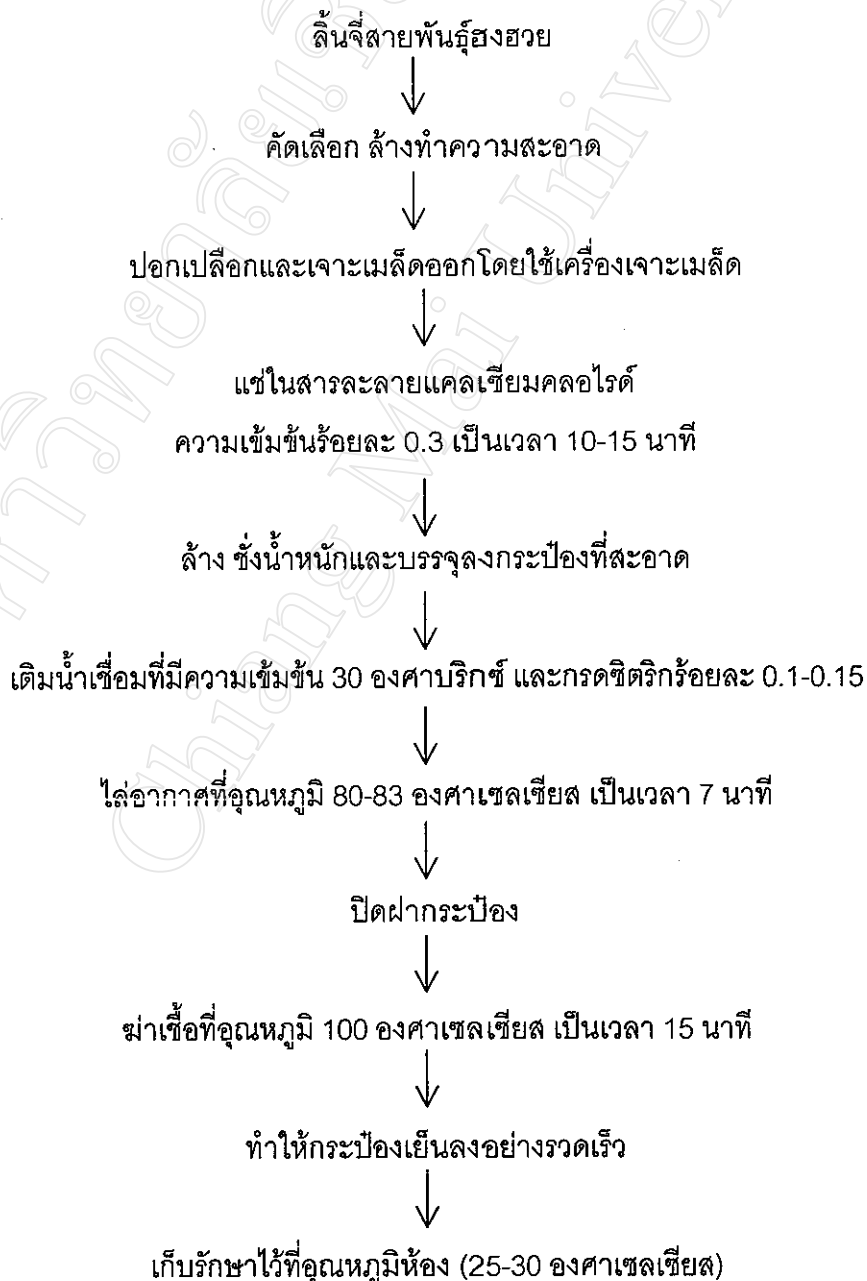
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และกรดมาลิก โดยวิธี Titratable acids ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand Refractometer
- ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส (Sucrose / D-Glucose / D-Fructose) โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis - Uv method (Boehringer, 1998)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Macro Kjeldahl (AOAC, 1990)
- ปริมาณเพคตินในรูปของ Total pectin, Water soluble pectin, Oxalate soluble pectin และ Alkaline soluble pectin ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1964)
- ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis-Colorimetric method (Boehringer, 1996)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Phenolic substances) โดยวิธี Flavonols with vanillin method และวิธี Folin - Ciocalteu method ตามวิธีของ Poffet (1997)
- สารก่อภูมิแพ้ ตามวิธีของ Vieths *et al.*, (1992)

3.4.3 ผลกระทบของกระบวนการแปรรูปลินจีด้วยความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี

ในการทดลองนี้จะศึกษาผลกระทบของกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน ในรูปแบบของการแปรรูปเป็นลินจีในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง ซึ่งกระบวนการแปรรูปเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

กระบวนการแปรรูปลินจีในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง



นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผลิตได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ตามวิธีการในภาคผนวก ข และ ค หลังจากกระบวนการผลิตเสร็จสิ้น เพื่อศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี เป็นระยะ ๆ โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ 0, 2, 4 และ 6 เดือน เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบดังกล่าวในระหว่างการเก็บรักษา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

- ค่าเนื้อสัมผัส (Texture) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron, 1993)
- ค่าสีระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี ตามวิธีของ Minolta Camera Co., Ltd (1991)

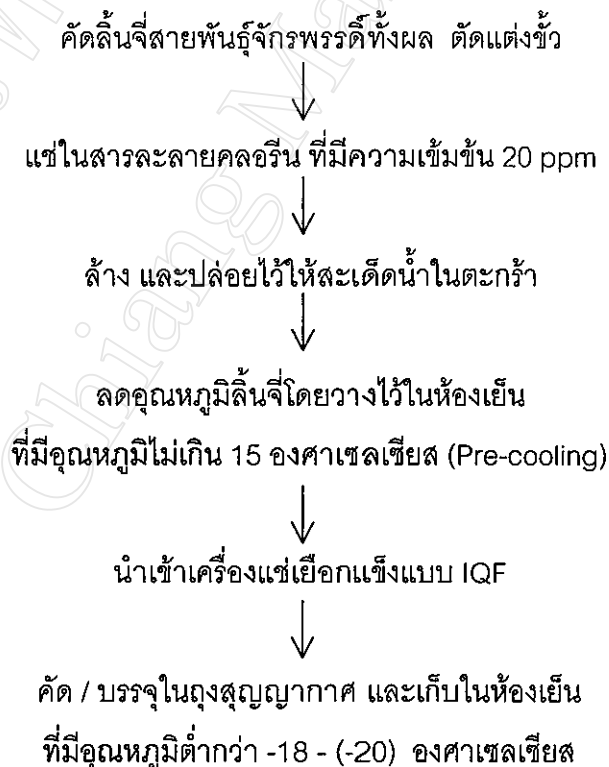
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และกรดมาลิก โดยวิธี Titratable acids ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand Refractometer
- ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส (Sucrose / D-Glucose / D-Fructose) โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis - Uv method (Boehringer, 1998)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Macro Kjeldahl (AOAC, 1990)
- ปริมาณเพคตินในรูปของ Total pectin, Water soluble pectin, Oxalate soluble pectin และ Alkaline soluble pectin ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1964)
- ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis-Colorimetric method (Boehringer, 1996)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Phenolic substances) โดยวิธี Flavonols with vanillin method และวิธี Folin - Ciocalteu method ตามวิธีของ Poffet (1997)
- สารก่อภูมิแพ้ ตามวิธีของ Vieths *et al.*, (1992)

3.4.4 ผลกระทบของกระบวนการแช่เยือกแข็งชิ้นเนื้อ และสภาพการเก็บในสภาวะแช่แข็งต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี

นำชิ้นเนื้อสัตว์ปีกที่ผ่านการชำแหละเรียบร้อยแล้วมาผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งแบบ IQF (Individual Quick Frozen) และบรรจุในสภาพสุญญากาศ ก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ตามภาคผนวก ข และ ค โดยผันแปรเวลาในการแช่แข็ง (Freezing Time) เป็น 2 ระดับ คือ 23 นาที ซึ่งเป็นระดับปกติที่ใช้ในอุตสาหกรรม และ 28 นาที เพื่อศึกษาผลกระทบจากกระบวนการแช่แข็งต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมี เช่นเดียวกับการทดลองอื่น ๆ ตามภาคผนวก ข และ ค และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ทุก ๆ 0, 2, 4 และ 6 เดือน เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบดังกล่าวระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งด้วย

กระบวนการแปรรูปชิ้นเนื้อแช่เยือกแข็งแบบ IQF ในระดับอุตสาหกรรม



การวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ

- ค่าเนื้อสัมผัส (Texture) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Instron, 1993)
- ค่าสีระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี ตามวิธีของ Minolta Camera Co., Ltd (1991)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก กรดทาร์ทาริก และกรดมาลิก โดยวิธี Titratable acids ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1962)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand Refractometer
- ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส (Sucrose / D-Glucose / D-Fructose) โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis - Uv method (Boehringer, 1998)
- ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Macro Kjeldahl (AOAC, 1990)
- ปริมาณเพคตินในรูปของ Total pectin, Water soluble pectin, Oxalate soluble pectin และ Alkaline soluble pectin ตามวิธีของ International Federation of Fruit Juice Producers (1964)
- ปริมาณวิตามินซี โดยวิธี Enzymatic BioAnalysis-Colorimetric method (Boehringer, 1996)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอล (Phenolic substances) โดยวิธี Flavonols with vanillin method และวิธี Folin - Ciocalteu method ตามวิธีของ Poffet (1997)
- สารก่อภูมิแพ้ ตามวิธีของ Vieths *et al.*, (1992)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมี ในแต่ละการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาข้อสรุปการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางเคมีในขั้นนี้ ระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา