บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- ผลลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย (ซื้อจากตลาดต้นพยอมเป็นผลลิ้นจี่ที่มีความแก่ทางการค้า)
- กรดซิตริก (food grade)

3.1.2 อุปกรณ์การผลิตเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่น

- เครื่องชั่งขนาด 1 กิโลกรัม
- เครื่องชั่งขนาด 7 กิโลกรัม
- เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer, Varin : Model VFM20, Thailand)
- เครื่องป่น (Blender, Moulinex, France)
- ชุดเครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา (Recorder, ellab : Model CMC 821, Denmark)
- หม้อต้มสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 นิ้ว สูง 17 นิ้ว

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติ

3.1.3. 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- *เครื่อง*วัดสี (Hunter Lab : ColourQuest II Colour, U.S.A.)
- เครื่องวัดความหนืด (Viscometer, Brookfield : Model RVDV-II, England)
- เครื่องเขย่า (Shaker , Octogon 200 Test sieve shaker)

3.1.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

- เครื่องชั่งไฟฟ้า 1 ตำแหน่ง (Analytical balance, CHTYO : Model MK, Japan)
- เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorius and lytic : Model A 1205, Germany)

- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Hand Refractometer, Atago : Model N1 Brix 0~32, Japan)
- เครื่องวัดพีเอช (Microprocessor pH meter, Hanna instrument : Model 213, U.S.A.)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model L 4999, Germany)
- กระดาษกรอง (Whatman เบอร์ 4 และเบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร)
- เครื่องปั่น (Blender : Model IF-308, Thailand)

3.1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

- หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Gallenkamp : Model AUX-700-010, England)
- ตู้เพาะเชื้อ (Incubator, Haraeus : Model D-6450 Hanau, Germany)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, Memmert : Model L 4999, Germany)

3.1.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิม
- แบบสอบถาม

3.2 สารเคมี

- กรดอะซิติก (Acetic acid ; CH_3COOH, Merk, Germany)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric ; HCl, Merk, Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟท (Copper (II) sulfate anhydrous ; $CuSO_4$, J.T. Baker, U.S.A.)
- ซิงค์อะซิเตทไดไฮเดรท (Zinc acetate dihydrate ; $(CH_3OO)_2Zn{\cdot}2H_2O$, J.T. Baker, U.S.A.)
- โซเดียมโปแทสเซียมทาร์เทรท (Sodium potassium tartate ; $NaKC_4O_6{\cdot}4H_2O$, J.T. Baker, U.S.A.)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide ; NaOH, Merk,Germany)
- โปแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide ;$K_4[Fe(CN)_6]{\cdot}3H_2O$, J.T. Baker, U.S.A.)
- ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein ; $C_{20}H_{10}O_4$, Merk, Germany)

- เมทิลลีนบลู (methylene blue ; $(CH_2)_2NC_6H_3N{:}C_6H_3[N(CH_3)_2]{:}SCl{\cdot}3H_2O$, Merk, Germany)
- กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid ; $HOOC(CHOH)_2COOH$, Cario Erba Reagebti, Germany)
- เปปโตน (Becto® Peptone, Difco Laboratory, U.S.A.)
- โพเตโต้เดกซ์โตรสอะการ์ (Potato dextrose agar : Merk, Germany)
- เพลทเค้าท์อะการ์ (Plate count agar : Merk, Germany)
- บริลเลียนต์กรีนอะการ์ (Brilliant green agar : Merk, Germany)
- ทริพโตน (Tryptone : Merk, Germany)
- ยีสต์เอกซ์แทรกต์ (Yeast extract : Merk, Germany)
- เดกซ์โตรส (Dextrose : Fluka, Germany)
- ไดโปตัสเซียมฟอสเฟท (di-Potassium hydrogen phosphate trihydrate ; $K_2HPO_4{\cdot}3H_2O$, Merk, Germany)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel
- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistic version 4.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

3.4 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาเพื่อหาขนาดของชิ้นเนื้อลิ้นจี่

1.1 ศึกษาระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ต่อคุณภาพของเนื้อลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย

วิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ การวัดค่าพีเอช และหาปริมาณกรดทั้งหมดของลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในช่วงเริ่มต้นและปลายฤดูการเก็บเกี่ยว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับพีเอชด้วยกรดซิตริก

1.2 ศึกษาเพื่อหาขนาดของชิ้นเนื้อลิ้นจี่

1.2.1 ศึกษาเพื่อหาขนาดของเนื้อลิ้นจี่ตีป่น

แผนการทดลองเป็นแบบ Completely randomized design (CRD)

ปัจจัยที่ศึกษา คือ เวลาที่ใช้ในการตีป่น (วินาที)

นำลิ้นจี่มาปอกเปลือกแกะเมล็ดออก แช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.03 % ช้อนขึ้นให้สะเด็ดน้ำ ชั่งเนื้อลิ้นจี่ 800 กรัม ใส่ในเครื่องปั่น ปิดฝา ปั่นด้วยความเร็ว liquify โดยแปรผันเวลาการปั่นตัวอย่างให้อยู่ในช่วง 5-20 วินาที ดังตาราง 3.1 จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี และออกแบบสอบถามไปยังผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสอบถามความต้องการเกี่ยวกับขนาดของลิ้นจี่ที่ต้องการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์

ตาราง 3.1 แผนการทดลองแบบ CRD โดยแปรผันเวลาที่ใช้ในการตีป่น

สิ่งทดลอง	เวลาที่ใช้ตีป่นลิ้นจี่ (วินาที)
1	5
2	10
3	15
4	20

1.2 การทดลองเพื่อหาขนาดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก

สุ่มตัวอย่างเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกจากที่บรรจุในกระป๋อง โดยสุ่มออกมากระป๋องละ 300 กรัม จำนวน 3 กระป๋อง ลิ้นจี่ชิ้นแตกที่สุ่มได้แต่ละครั้งให้นำมาแยกขนาด เป็นพวก ครึ่งผล เศษหนึ่งส่วนสาม เศษหนึ่งส่วนสี่ และเล็กกว่าเศษหนึ่งส่วนสี่ผล

1.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

สมบัติทางกายภาพ

- วัดขนาดลิ้นจี่ตีป่น โดยการกรองผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ
- วัดค่าสี L a* b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)

ส่วนประกอบทางเคมี

- พีเอช ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1995)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มผู้ประกอบการเพื่อสอบถามขนาดของลิ้นจี่ตีป่นที่ต้องการสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์

1.4 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

ตอนที่ 2 ศึกษาเพื่อหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอชโดยไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

2.1 การหาปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการปรับพีเอช

วางแผนการทดลองแบบ Complete randomized design (CRD)

ปัจจัยที่ศึกษา ปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสม (%)

นำผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยมาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ คว้านเอาเมล็ดออก แกะเปลือกแช่เนื้อลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.03 % แล้วช้อนตัวอย่างขึ้นมาชั่งเนื้อลิ้นจี่จำนวน 800 กรัม เติมกรดซิตริกในปริมาณที่กำหนด ดังตาราง 3.2 แล้วคลุกเนื้อลิ้นจี่กับกรดซิตริกให้เข้ากัน นำมาตีป่นด้วยเครื่องปั่น ที่ความเร็ว liquify นาน 5 วินาที จากนั้นนำมาให้ความร้อนจนกระทั่งวัดอุณหภูมิได้ 80 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างส่วนหนึ่งไว้เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสี L a* b* บรรจุตัวอย่างขณะร้อนลงในขวดแก้วที่ผ่านการลวก ปิดฝาขวดทันที ฆ่าเชื้อในน้ำเดือดนาน 25 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

ตาราง 3.2 แผนการทดลองแบบ CRD โดยแปรผันปริมาณกรดซิตริก

สิ่งทดลอง	ปริมาณกรดซิตริก (%)
1	0.00
2	0.05
3	0.10
4	0.15
5	0.20
6	0.30

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพ

สมบัติทางกายภาพ

- วัดความหนืดโดยใช้ เครื่อง Brookfied Viscometer
- วัดค่าสี L a* b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)

ส่วนประกอบทางเคมี

- พีเอช ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1995)

2.3 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

ตอนที่ 3 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การทดลองในขั้นตอนนี้จึงต้องการศึกษาเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นเมื่อบรรจุในกระป๋องขนาด A1 (300x407) และ A10 (603x700)

3.1 การแปรผันเวลาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในน้ำเดือดเพื่อศึกษา Incubation test

โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD กำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นการฆ่าเชื้อเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาฆ่าเชื้อลิ้นจี่ในน้ำเดือด แสดงดังตาราง 3.3

3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกบรรจุกระป๋อง นำผลลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวยมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วคว้านเมล็ดออก จากนั้นแกะเปลือกแช่เนื้อในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.03 % (แช่ไม่เกิน 30 นาที) ช้อนเนื้อลิ้นจี่ขึ้นมา ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำเนื้อลิ้นจี่มาฉีกโดยฉีกให้มีขนาดประมาณ เศษหนึ่งส่วนสี่ ของผลขึ้นไป บรรจุลิ้นจี่ขณะร้อนลงกระป๋อง 2 ขนาด คือ กระป๋องขนาด A1 และ A10 มีน้ำหนักเนื้อ (drained weight) เท่ากับ 300 กรัม และ 2,700 กรัม ตามลำดับ จากนั้นเติมสารละลายกรดซิตริกเพื่อปรับพีเอชให้เท่ากับ 4 ± 0.2 จำนวน 120 และ 300 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำไปไล่อากาศจนกระทั่งวัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางกระป๋องได้เท่ากับ 80-85 องศาเซลเซียส จึงปิดฝาทันที จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) โดยแปรผันระยะเวลาการฆ่าเชื้อดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 แผนการทดลองแบบ CRD โดยแปรผันเวลาฆ่าเชื้อในน้ำเดือดของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋องขนาด A1 และ A10

สิ่งทดลอง	เวลาที่ใช้ ฆ่าเชื้อ (นาที)	
	กระป๋องขนาด A1	กระป๋องขนาด A10
1	12	25
2	15	30
3	18	35
4	21	-

3.1.2 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อลิ้นจี่ตีป่นบรรจุกระป๋อง นำผลลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวยมาล้างน้ำให้สะอาด แล้วคว้านเอาเมล็ดออก จากนั้นแกะเปลือกแช่เนื้อในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.03 % (แช่ไม่เกิน 30 นาที) ช้อนตัวอย่างขึ้นมา ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นต้องเติมกรดซิตริกลงไปเพื่อปรับพีเอชให้เท่ากับ 4±0.2 โดยคลุกเนื้อลิ้นจี่กับกรดซิตริกให้เข้ากันนำมาตีป่นด้วยเครื่องปั่นที่ความเร็ว liquify นาน 5 วินาที จากนั้นนำไปให้ความร้อน จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 80-85 องศาเซลเซียส จึงบรรจุตัวอย่างขณะร้อนลงในกระป๋องทันที โดยที่กระป๋องขนาด A1 และ A10 ให้บรรจุน้ำหนักเนื้อ 420 และ 3,000 กรัม ตามลำดับ จากนั้นนำไปไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือดโดยแปรผันระยะเวลาการฆ่าเชื้อดังตาราง 3.3

3.1.3 การทำ Incubation test เพื่อทดสอบว่าเวลาฆ่าเชื้อดังกล่าวเพียงพอที่จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ให้เน่าเสียภายหลัง จึงนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อตามระยะเวลาที่กำหนดดังตาราง 3.3 ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามวิธีการทำ incubation test (มอก. 335 เล่ม 1, 2523) สำหรับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรด (ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.7-4.5) โดยนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์เพื่อตรวจหาจุลินทรีย์ในกระป๋อง จากนั้นจึงนำตัวอย่างที่เหลือไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี เพื่อกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ

3.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนเพื่อหาตำแหน่งร้อนช้าที่สุดภายในกระป๋อง

3.2.1 การเตรียมกระป๋อง

นำกระป๋อง 2 ขนาด คือ A1 และ A10 สำหรับใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์มาเจาะรูด้วยเครื่องเจาะรู (Counter sink) ในตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

1) กระป๋องขนาด A1 ตำแหน่งที่เจาะกระป๋องคือ วัดจากขอบล่างของกระป๋องขึ้นมา 1.9, 3.5 และ 5.1 เซนติเมตร
2) กระป๋องขนาด A10 ตำแหน่งที่เจาะกระป๋องคือ วัดจากขอบล่างของกระป๋องขึ้นมา 3.8, 6.5 และ 9.2 เซนติเมตร

จากนั้นนำกระป๋องที่เจาะเสร็จแล้วมาเสียบหัวเข็ม แล้วหมุนน็อตให้แน่น กระป๋องที่เจาะเสร็จแล้วนำมาใช้บรรจุตัวอย่างตามวิธีการเตรียมตัวอย่างในขั้นตอนที่ 3.1.1 สำหรับเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตก และในขั้นตอนที่ 3.1.2 สำหรับเนื้อลิ้นจี่ตีป่น

3.2.2 การศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในน้ำเดือดเพื่อหาตำแหน่งร้อนช้าที่สุดภายในกระป๋อง นำลิ้นจี่บรรจุกระป๋องตามขั้นตอนที่ 3.1 มาเสียบสายเทอร์โมคัปเปิล โดยสอดเข้าทาง space bar หมุนสายให้ติดแน่นกับ space bar สายละ 1 กระป๋อง จากนั้นรวบรวมสายเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมดต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ นำกระป๋องฆ่าเชื้อในน้ำเดือด (98 องศาเซลเซียส) ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 นาที ตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ทดลองจนกระทั่งอุณหภูมิ ณ จุดร้อนช้าที่สุดสูงกว่า 95 องศาเซลเซียส จึงเริ่มทำการ cooling จนกระทั่งอุณหภูมิภายในกระป๋องลดลงต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส นำผลการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาที่ได้ไปสร้าง heating curve เพื่อหาตำแหน่งร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด

3.3 การศึกษาเพื่อหาค่า Sterilization value ($F^{8.9}_{100}$) ของผลิตภัณฑ์ในน้ำเดือด

การทดลองในขั้นตอนที่ 3.1.3 จะสามารถกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่น ขณะเดียวกันในการทดลองที่ 3.2.2 จะทราบตำแหน่งของจุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นจึงใช้ตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งศึกษาเพื่อหาค่า sterilization value เตรียมกระป๋องตามขั้นตอน 3.2.1 จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในน้ำเดือด ซึ่งระยะเวลาฆ่าเชื้อเป็นไปตามข้อ 3.1.3 กำหนดให้อุณหภูมิเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที ตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ทดลอง เมื่อครบกำหนดเวลาจึงเริ่ม cooling จนกระทั่งอุณหภูมิภายในกระป๋องลดลงต่ำกว่า 45 องศาเซลเซียส ทำการทดลองทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละ 6 กระป๋อง

จากนั้นนำผลการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและเวลาไปคำนวณหาค่า sterilization value โดยใช้วิธี general กำหนดจุลินทรีย์เป้าหมายที่ใช้ในการทดลองนี้คือ *Clostridium pasteurianum* เพราะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหารกระป๋องที่ได้รับความร้อนต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งวิธีการฆ่าเชื้อแบบนี้ ใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรด และเป็นกรดสูง ทั้งนี้ *Cl. pasteurianum* เป็นแบคทีเรียชนิดสร้างสปอร์ ที่จัดอยู่ในกลุ่มมีโซฟิลิก ซึ่งสามารถสลายน้ำตาลในอาหารที่เป็นกรดและเป็นกรดปานกลางแล้วให้กรดบิวทิริก และยังทำให้กระป๋องบวมเนื่องจากการผลิตก๊าซ-คาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (สุมาลี, 2542) สำหรับผลการศึกษาความทนทานต่อความร้อน พบว่า *Cl. pasteurianum* มีค่า D_{100} = 0.1-0.5 นาที ที่พีเอช 4.2-4.5 และ z = 6.7-8.9 องศาเซลเซียส (Stumbo, 1965) ดังนั้นการทดลองนี้จึงยึดงานวิจัยของ National Canners Association (NCA, 1968) ที่ระบุว่า sterilization ของอาหารที่มีพีเอช 3.9 มีค่า $F^{8.9}_{93.3}$ = 0.1 นาที และงานวิจัยของ Azizi และ Ranganna (1993b) ที่ระบุว่าผลิตภัณฑ์ผักปรับกรดให้มีพีเอชน้อยกว่า 4.0 มีค่า $F^{8.9}_{100}$ = 3.5 นาที

จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวไปพลอทเพื่อสร้าง heating curve และ cooling curve บนกระดาษ semi-log ซึ่งจากกราฟจะทราบค่า f_h, j_{ch}, f_c และ j_{cc} และสามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาระยะเวลาการฆ่าเชื้อด้วยวิธี Ball formula ในกรณีที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มต้น และขนาดกระป๋องผลิตภัณฑ์หลังการฆ่าเชื้อต้องนำไปตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

สมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)
- น้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้ออาหาร
- ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง
- ความเป็นสุญญากาศในกระป๋อง โดยใช้ Vacuum gauge

ส่วนประกอบทางเคมี

- พีเอช ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (มอก. 335 เล่ม)
- ยีสต์และรา (มอก. 335 เล่ม 1)
- โคลิฟอร์ม (มอก. 335 เล่ม 1)
- แฟตซาวร์ (มอก. 335 เล่ม 1)
- อะซิดูริกสปอยเลจบักเตรี (มอก. 335 เล่ม 1)

3.4 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากศึกษาการแทรกผ่านความร้อนนำมาคำนวณหาเวลาฆ่าเชื้อโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft excel ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมี วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

ตอนที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์เนื้อลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส และอายุการเก็บรักษา

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและเนื้อลิ้นจี่ตีป่นที่บรรจุกระป๋อง 2 ขนาด คือ A1 และ A10 รวมทั้งอายุการเก็บรักษา โดยตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตาม มอก. ลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง (มอก.67, 2539) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) นาน 1 วัน และทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลานาน 12 เดือน ติดต่อกัน นอกจากนี้ยังตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความพอใจของผู้บริโภค เมื่อนำเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แยม และเนื้อลิ้นจี่ตีป่นแปรรูปเป็นน้ำลิ้นจี่พร้อมดื่ม โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic structural scale ภายหลังการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 0, 4, 8 และ 12 เดือน ตามลำดับ

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพ

สมบัติทางกายภาพ

- ค่าสี L a* b* ด้วยเครื่อง Color Quest II (Hunter Lab, 1997)
- น้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้ออาหาร
- ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง
- ความเป็นสุญญากาศในกระป๋อง โดยใช้ Vacuum gauge

ส่วนประกอบทางเคมี

- พีเอช ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณกรดทั้งหมดที่สามารถไตเตรทได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ตามวิธี AOAC, 1995
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ตามวิธี Lane and Eynon (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (มอก. 335 เล่ม 1)
- ยีสต์และรา (มอก. 335 เล่ม 1)
- โคลิฟอร์ม (มอก. 335 เล่ม 1)
- แฟตซาวร์(มอก. 335 เล่ม 1)
- อะซิดูริกสปอยเลจบักเตรี (มอก. 335 เล่ม 1)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากการนำเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ มาทำเป็นแยมลิ้นจี่ และเนื้อลิ้นจี่ตีป่นมาทำเป็นน้ำลิ้นจี่ (รัตนา, 2543) โดยใช้แบบทดสอบ Hedonic structural scale สำหรับรายละเอียดวิธีการเตรียมแยมจากเนื้อลิ้นจี่ชิ้นแตกและน้ำลิ้นจี่จากเนื้อลิ้นจี่ตีป่น อยู่ในภาคผนวก ค

4.2 การวิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และส่วนประกอบทางเคมีไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistic version 4.10

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University