

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

### วัตถุดิบ

มะละกอนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ มะละกอฟันธุ์แขกดำ ซึ่งจากตลาดมหานาค กรุงเทพมหานคร (ในช่วงปี พ.ศ. 2546-2547) น้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 0.8-1.2 กิโลกรัม เปลือกมีสีเขียวเข้มปนเหลือง ผิวเรียบ ช่องว่างภายในผลแคบประมาณ 3-5 เซนติเมตร เลือกระยะการสุกหนึ่งในสี่ (ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2545)

ตัวอย่างทางการค้ามะละกอแช่อิ่มอบแห้ง จากบริษัท ทวีผลสามร้อยยอด จำกัด

### สารเคมี

สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพ

Acetic acid	Merck	A.R. grade
Benzoic acid	Merck	A.R. grade
Copper sulfate	Univar	A.R. grade
Formaldehyde	Merck	A.R. grade
Hydrochloric acid	Carlo Erba	A.R. grade
Iodine	Univar	A.R. grade
Lanthanum oxide	Ajax	A.R. grade
Methylene blue	Merck	A.R. grade
Mercury chloride	Carlo Erba	A.R. grade
Nitric acid	Merck	A.R. grade
Potassium iodine	Merck	A.R. grade
Potassium hydrogen phthalate	Univar	A.R. grade
Potassium sodium tartrate	Univar	A.R. grade
p- Rosaniline hydrochloride	Carlo Erba	A.R. grade
Sodium bisulfite	Univar	A.R. grade
Sodium chloride	Univar	A.R. grade
Sodium hydroxide	Univar	A.R. grade
Sucrose	Univar	A.R. grade

### สำหรับวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

Plate count agar	Merck	A.R. grade
Potato dextrose agar	Merck	A.R. grade
Sodium chloride	Univar	A.R. grade
Tartaric acid	Univar	A.R. grade

### สำหรับใช้ในกระบวนการผลิต

น้ำตาลทรายขาวมิตรผล	บริษัทมิตรผล จำกัด
Calcium chloride	Food grade
Citric acid	Food grade
Sodium metabisulphite	Food grade

### อุปกรณ์

Hand refractometer (รุ่น 2110-w06 บริษัท Atago, Japan)

pH meter (รุ่น F-21 บริษัท Horiba, Japan)

Spectrophotometer (รุ่น Lamda 25 บริษัท Perkin Elmer, USA)

เครื่องวัดสี (รุ่น CR-310 บริษัท Minolta, Japan)

เครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA-XT2, Stable Micro System, Surry, UK)

ตู้อบ 100-110 องศาเซลเซียส (รุ่น 600 บริษัท Memert, Germany)

เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (รุ่น Spectr AA-300, Varian, USA)

เตาเผา (รุ่น FT01/138, Isotemp, USA)

Autoclave (รุ่น SS832, Tomy, Japan)

เครื่องวัด Aw (รุ่น Tesco 650 บริษัท Tesco, Gmbh & Co, Germany)

### ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของมะละกอ

นำมะละกอที่ซื้อจากตลาดมาบ่มในกล่องปิดฝาเป็นเวลาประมาณ 12-16 ชั่วโมง บ่มแล้วมีระยะการสุกหนึ่งในสอง จากนั้นทำความสะอาด นำมาตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นทางเคมีและกายภาพ ดังต่อไปนี้

##### 3.1.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1

- 3.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) โดยใช้ Hand refractometer
- 3.1.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somoyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 2
- 3.1.4 ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (A.O.A.C, 1990) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 3
- 3.1.5 เนื้อสัมผัสใช้เครื่อง Texture analyzer โดยใช้ หัว Cylinder probe ขนาด 2 มิลลิเมตร วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้แรงเจาะทะลุ หั่นเนื้อมะละกอขนาด 1.5 x 1.5 x 3.0 cm. วัด 2 ครั้ง ต่อ 1 ตัวอย่างทำการวัด 8 ครั้ง หาค่า peak force (g) จากกราฟ ซึ่งแรงที่ได้เป็นค่าบ่งบอกถึงความแข็งของเนื้อมะละกอ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก. 4
- 3.1.6 ค่าสี ในระบบ CIE L\*a\*b\* แหล่งกำเนิดแสง D<sub>65</sub> มุมการมอง 10°

### 3.2 ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ซึมเข้าเนื้อมะละกอในช่วงการ pretreatment

ศึกษาผลของความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ ของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และเวลาที่แช่ต่อ ลักษณะเนื้อสัมผัสของมะละกอ โดยเลือกมะละกอที่มีสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกันเป็นวัตถุดิบโดยใช้เกณฑ์ในข้อ 3.1.2 และข้อ 3.1.5 นำมะละกอปอกเปลือกแล้วหั่นเป็นชิ้นขนาด 1.5 x 1.5 x 3.0 cm. แช่มะละกอในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยกรดซิตริก 1% โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% และแคลเซียมคลอไรด์ แปรความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 % w/v เป็นเวลา 7 วัน อัตราส่วนของเนื้อมะละกอต่อบรรจุเป็น 1:3 วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่เข้าไปในเนื้อมะละกอทุกวัน โดยใช้วิธี atomic absorption spectrophotometry (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.5 และวัดลักษณะเนื้อมะละกอโดยใช้เครื่อง texture analyzer วางแผนการทดลองแบบ 5x7 factorial design in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) เลือกช่วงภาวะการแช่โดยพิจารณาจากปริมาณการซึมเข้าของแคลเซียมและลักษณะเนื้อสัมผัส

### 3.3 ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์และเวลาแช่ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะละกอที่ทำแห้งโดยการอบลมชื้น

นำมะละกอที่ผ่านการแช่สารละลายที่เลือกความเข้มข้นและเวลาจากข้อ 3.2 แล้วล้างน้ำเปล่า นำมะละกอเข้าสู่กระบวนการผลิตคั่งรูปที่ 3.1 จากนั้นประเมินผลของผลิตภัณฑ์คั่งรูปนี้



มะละกอ ล้างแล้วปอกเปลือก



มะละกอ ตัดแต่งขนาด 1.5 x1.5x3.0 cm แช่ในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5% กรดซิตริก 1.0 % และแปรความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับและเวลาที่เลือกภาวะได้จากข้อ 3.2

อัตราส่วนน้ำสารละลายผสม: เนื้อมะละกอ 3:1



ล้างน้ำ



ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที อัตราส่วนน้ำ: เนื้อมะละกอ 3:1



แช่น้ำเชื่อมที่ความเข้มข้น 35, 45, 55 และ 65 °Brix เป็นเวลา 4 ชม.ต่อความเข้มข้น อัตราส่วนน้ำเชื่อม:เนื้อมะละกอ 3:1 อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเชื่อม 55 °C ระหว่างการออสโมซิส กวน ทุก 1 ชั่วโมง



สะเด็ดน้ำเชื่อม 5 นาที ก่อนอบ



อบที่ 60 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 18 %

ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

### รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตมะละกอแช่อิ่มอบแห้ง

3.3.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.1

3.3.2 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.6

3.3.3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Somoyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

3.3.4 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ระบบ CIE L\*a\*b\* แหล่งกำเนิดแสง D<sub>65</sub> มุมการมอง 10°

3.3.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้เครื่อง texture analyzer ใช้หัววัด

แบบ BSK with knife รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4

3.3.6 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ acceptance test โดยประเมินคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส รสชาติและการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบประเภทไม่ฝึกฝนจำนวนทั้งหมด 30 คน จำนวน 2 ซ้ำ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังภาคผนวก ก. 1

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ในข้อ 3.3.1-3.3.5 และวางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) ในข้อ 3.3.6 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) แล้วคัดเลือกระดับแคลเซียมคลอไรด์และเวลาที่แช่ โดยพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามเกณฑ์ในข้อ 3.3.2 และ 3.3.6

#### 3.4 ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตร่วมกับชูโครสที่มีต่อเวลาของการออกซิเดชันและเวลาในการอบแห้ง

โดยนำมะละกอกี่ผ่านการคัดเลือกภาวะการแช่จากข้อ 3.3 แช่มะละกอในสารละลายชูโครส อัตราส่วนผลไม้ : สารละลายเป็น 1 : 3 แช่ที่ความเข้มข้น 35 45 55 และ 65 บริกซ์ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เวลาในการแช่ความเข้มข้นละ 4 ชั่วโมง โดยให้น้ำเชื่อมเริ่มต้นก่อนการแช่มีอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แปรเปอร์เซ็นต์น้ำตาลอินเวิร์ตในสารละลายชูโครสที่ความเข้มข้น 65 บริกซ์ เป็น 4 ระดับ คือ 0 5 10 15% ตามลำดับ ศึกษาผลต่างๆ ในช่วงการออกซิเดชันดังนี้

3.4.1 ศึกษาอัตราการถ่ายเทมวลสารทุก 1 ชั่วโมง ประเมิน ค่า Water loss และ ค่า Solid gain (Shi, Fito และ Chiralt, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.7

3.4.2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์ (Somoyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

น้ำตาลอินเวิร์ตที่ใช้ในการทดลองเตรียมมาจากน้ำสารละลายชูโครสความเข้มข้น 65 บริกซ์ เติมกรดซิตริก 5 % และให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที วางทิ้งไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้น้ำตาลแตกตัวเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต เมื่อผสมน้ำตาลอินเวิร์ต ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตรวจสอบปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่แน่นอนอีกครั้ง โดยการไตเตรต ตามวิธีของ Lane และ Eynon ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก. 9

นำมะละกอที่ผ่านการออสโมซิสแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบแห้งกับระดับน้ำตาลอินเวิร์ตที่มีต่อปริมาณความชื้นและค่า water activity ของผลิตภัณฑ์โดยสุ่มตัวอย่างการอบแห้งตั้งแต่ 1 ชั่วโมง จนผลิตภัณฑ์มีความชื้นไม่เกิน 18%

### 3.5 ศึกษาปริมาณร้อยละของน้ำตาลอินเวิร์ตที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์มะละกออบแห้งและการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษา

นำมะละกอชิ้นมาแช่ในสารละลายผสมโดยเลือกภาวะจากข้อ 3.3 แล้วนำมะละกอมาผ่านกระบวนการออสโมซิสวิธีเดียวกับข้อ 3.4 แปรความเข้มข้นของน้ำตาลอินเวิร์ตในสารละลายซูโครสที่ 65 ปริกซ์ที่ 0 5 10 15% หาปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตในสารละลายซูโครสสุดท้ายของการแช่ตามวิธี Lane-Eynon (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2516) นำมะละกอไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำมะละกอแช่อบแห้งบรรจุในถุง PP ขนาด 6 x 10 เซ็นติเมตร ในสภาพบรรยากาศปกติเก็บที่อุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในช่วงการเก็บรักษาโดยสุ่มตัวอย่างทุก 3 สัปดาห์ เป็นเวลา 21 สัปดาห์ ตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- 3.5.1 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2
- 3.5.2 ค่าสี ใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE  $L^*a^*b^*$  แหล่งกำเนิดแสง  $D_{65}$  มุมการมอง  $10^\circ$  คำนวณหาค่า  $\Delta E^*$  ตามภาคผนวก ก.8
- 3.5.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสใช้เครื่อง texture analyzer รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.4
- 3.5.4 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (A.O.A.C, 1995) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.6
- 3.5.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา (Harrigan และ McCance, 1976) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.10 และ ก.11
- 3.5.6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตามวิธี (Nelson-Somoyi, 1952) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2
- 3.5.7 การเกิดสีน้ำตาล (Baloch, Buckle และ Edwards, 1973) รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.12
- 3.5.8 ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบ acceptance test โดยประเมินความชอบด้านสี ด้านลักษณะที่ปรากฏ (การหัดตัวของผลิตภัณฑ์) และการยอมรับโดยรวมต่อลักษณะปรากฏ ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน แบบทดสอบตามภาคผนวก ก.2



ในข้อ 3.5.1-3.5.7 วางแผนการทดลองแบบ CRD และในข้อ 3.5.8 วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Cochran and Cox, 1992) คัดเลือกระดับน้ำตาลอินเวิร์ตที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากผลการตรวจสอบคุณภาพตลอดอายุการเก็บรักษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย