

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

##### 3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

###### 3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตสารเคลือบ

- ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง (tangerine cv. Sai Nam Pueng) จากอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
- แป้งมันสำปะหลัง (cassava starch, บริษัท สยาม มอดิฟายด์ สตาร์ช จำกัด)
- เซลแลค (shellac, บริษัท โอวี เคมีคอล)
- กลีเซอรอล (glycerol, บริษัท โอวี เคมีคอล)
- ซอร์บิทอล (sorbitol, บริษัท โอวี เคมีคอล)
- แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (ammonium hydroxide:  $\text{NH}_4\text{OH}$ , Merck, Germany)
- เอทานอล (ethanol:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , Food grade, องค์การสุรา)

###### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสารเคลือบและเคลือบผิวส้ม

- เครื่องกวนให้ความร้อน (hot plate stirrer, IKA C-MAGHS7, USA )
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (A&D, model FX-2000i, Japan)
- เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (A&D, model HR-2000i, Japan)
- เครื่องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (model T25D, Germany)
- บีกเกอร์ขนาด 100, 250 และ 500 mL
- กระจกบดวงขนาด 100 mL
- ปิเปตขนาด 10 mL
- เทอร์โมมิเตอร์ (Hanna, Thailand)
- นาฬิกาจับเวลา (Canon, China)
- ผ้ากรองซิลค์สกรีน ขนาด 120 เมช
- แปรง
- ถาดอลูมิเนียม
- เครื่องปั่นลม

- กานีดฟ้นแบบใช้แรงดัน ขนาด 100 mL
- ตะแกรง
- ขวด vial ขนาด 2, 20 และ 25 mL
- ปิเปต ขนาด 1, 5, 10 และ 50 mL
- บิวเรต ขนาด 50 mL
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 และ 250 mL
- กรวยกรอง
- แท่งแก้วคนสาร
- นาฬิกาจับเวลา (CANON, China)
- กระดาษกรอง เบอร์ 4 (Whatman, England)
- เครื่องรีแฟรคโทมิเตอร์ (r<sup>2</sup>mini, Reichert, Japan)
- เครื่องวัดความหนืด (Brookfield, DV-II+ Pro, USA)
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator, Mir-553, Japan)
- เครื่องวัดกรดต่าง (Docu pH meter, Startoris, USA)
- เครื่องวัดสี (Konica Minolta: CR-400 series, Japan)
- Gas chromatograph – mass spectrometer (GC-MS) (GC, HP 6890N: MS, 5973, Agilent Technologies, USA)
- Gas chromatograph –flame ionization detector (GC-FID) (GC– 2010, Shimadzu, Japan)
- SPME fiber assembly Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) (Supelco 57328-U, USA)
- High performance liquid chromatograph (HPLC) (LC1200, Agilent Technologie, Poalo Alto, CA, USA)

### 3.1.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

- ซิงค์อะซิเตต (zinc acetate:  $Zn(CH_3CO_2)_2$ , Merck, Germany)
- กรดเมตาฟอสฟอริก (metaphosphoric acid:  $HO_3P$ , Merck, Germany)
- กรดออร์โทฟอสฟอริก (orthophosphoric acid:  $H_3O_4P$ , Merck, Germany)
- โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (potassium hydrogen phthalate:  $KHC_8H_4O_4$ , Merck, Germany)

- โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , Merck, Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide:  $\text{NaOH}$ , Merck, Germany)
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid:  $\text{HCl}$ , AR grade, RCI Labscan, Thailand)
- กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid:  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ , Merck, Germany)
- เมทิลีนบลู (methylene blue:  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{S}$ , Merck, Germany)
- ซูโครส (sucrose, HPLC grade, Sigma-Aldrich, Inc., USA)
- กลูโคส (glucose, HPLC grade, Sigma-Aldrich, Inc., USA)
- ฟรุคโตส (fructose, HPLC grade, Sigma-Aldrich, Inc., USA)
- น้ำ (HPLC grade, RCI Labscan Thailand)
- น้ำกลั่น (distilled water, บริษัทเชียงใหม่โพลสตาร์, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
- น้ำปราศจากไอออน (deionize water, HPLC grade, RCI Labscan Thailand)

#### 3.1.4 อุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข )
- แก้วชิมพลาสติกขนาด 30 mL
- แก้วพลาสติกมีฝาปิดสำหรับใส่ตัวอย่างขนาด 100 mL
- แก้วสำหรับปั่นทิ้งพลาสติกขนาด ปานกลาง
- ถาดอลูมิเนียม
- ไม้โปรสำหรับขีดสเกล
- โปรแกรมสำเร็จรูป Susense (มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม)
- ห้องปฏิบัติการประเมินทางประสาทสัมผัส สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาศิลปกรรมศาสตร์ หน่วยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการทดสอบผู้บริโภค คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

#### 3.1.5 การประมวลผลทางสถิติ

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, IL)

### 3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่ การพัฒนาสารเคลือบจากแป้งมันสำปะหลัง การศึกษาวิธีการเคลือบผิวของสารเคลือบจากแป้งมันสำปะหลัง และการศึกษาผลของการใช้สารเคลือบจากแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของส้มเขียวหวานและอายุการเก็บรักษา

#### 3.2.1 การพัฒนาสารเคลือบจากแป้งมันสำปะหลัง

##### 3.2.1.1 การเตรียมสารเคลือบจากแป้งมันสำปะหลัง

การเตรียมสารเคลือบโดยการต้มน้ำกัลันในอ่างควบคุมอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาล ความเข้มข้นร้อยละ 95 คนอย่างรวดเร็วแล้วค่อยๆ เติมน้ำมันสำปะหลังลงไป คนจนได้สารละลายแป้งที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นประมาณ 10-15 นาที ใส่เซลล์กลีเซอรอล ซอร์บิทอล แล้วคนต่อไป 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิสารละลายให้สูงขึ้นอีก 10-20 องศาเซลเซียส ใส่สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 25 คนต่อไปเพื่อให้สารเคลือบเป็นเนื้อเดียวกัน 5 นาที ใช้เครื่องโฮโมจีไนซ์ปั่น สารเคลือบผิวด้วยความเร็ว 20,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำสารเคลือบมาทำให้เย็นโดยการนำมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเย็นแล้วกรองผ่านผ้ากรองซิลค์สกรีน ขนาด 120 เมช จากนั้นเทใส่ภาชนะที่มีฝาปิด และทิ้งไว้หนึ่งคืนก่อนนำไปใช้ (สุทธิลักษณ์ และคณะ, 2552)

วางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD) โดยศึกษาผลของพลาสติกไซเซอร์ 2 ชนิด คือ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล 3 ระดับ และแป้งมันสำปะหลัง 2 ระดับ

ตาราง 3.1 ระดับปัจจัยองค์ประกอบของสารเคลือบ

พลาสติกไซเซอร์	ระดับต่ำ (ร้อยละ)	ระดับสูง (ร้อยละ)
กลีเซอรอล	0	30
ซอร์บิทอล	0	30
แป้งมันสำปะหลัง	1	2

หมายเหตุ ปริมาณกลีเซอรอล และซอร์บิทอลเป็นร้อยละของน้ำหนักแป้ง (w/w)

ตาราง 3.2 สิ่งทดลองสำหรับผลิตสารเคลือบผิวจากแป้งมันสำปะหลัง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)		
	แป้งมันสำปะหลัง	กลีเซอรอล	ซอร์บิทอล
1	1	0	0
2	2	0	0
3	1	30	0
4	2	15	0
5	1	0	30
6	2	0	15
7	1	30	30
8	2	15	15
9	1.5	15	15
10	Control 1 (Zivdar)		
11	Control 2 (Non coating)		

### 3.2.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพของสารเคลือบผิว

- ลักษณะปรากฏของสารละลายค้ำสี ความขุ่น และความเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยสายตา
- ความสามารถในการเกาะติดพื้นผิววัสดุ

นำลูกปิงปองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร จุ่มลงในสารเคลือบผิว 30 วินาที ปล่อยให้สารเคลือบผิว ส่วนเกินหยดลงจนหมด ทิ้งให้ลูกปิงปองแห้งที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก ลูกปิงปองและคำนวณความสามารถในการเกาะติด (อรุณศิริ, 2550)

ความสามารถในการเกาะติดพื้นผิววัสดุ =  $\frac{\text{นน.ลูกปิงปองหลังเคลือบ} - \text{นน.ลูกปิงปองก่อนเคลือบ}}{\text{พื้นที่ลูกปิงปองก่อนเคลือบผิว}}$

- ความหนืดของสารเคลือบผิว

วัดความหนืดของสารเคลือบผิวด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer Model DV II) พร้อมชุด Small UL adapter ใช้หัวหมุนหมายเลข 21 ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส

- ความเป็นกรดต่าง
- อัตราการสูญเสียน้ำหนัก

นำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งน้ำหนักลูกละประมาณ 80-110 กรัม มาล้างด้วยน้ำสะอาดผึ่งให้แห้งบนตะแกรง จากนั้นนำมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวโดยใช้แปรงทาที่ละครั้งผล รอให้แห้งแล้วทำอีกครั้งผลที่เหลือ (ดัดแปลงจาก Hagenmaier, 2000) ผึ่งลมให้แห้งแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องให้ทำซ้ำสิ่งทดลองละ 10 ผล ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวในการลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง นำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารเคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและชั่งน้ำหนักทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 30 วันจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณอัตราการสูญเสียน้ำหนักตามสมการ

$$\text{อัตราการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บ}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

- วิเคราะห์องค์ประกอบองค์ประกอบเคมี ในส้ม

ใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) (GC, HP 6890N: MS, 5973, Agilent Technologies, USA) โดยใช้คอลัมน์แคปิลารีชนิด HP-5MS, เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร และความหนาของฟิล์ม 0.25 ไมโครเมตร อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และเพิ่มขึ้นเป็น 240 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส ต่อนาที ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพา (carrier gas) อัตราการไหล 1.2 มิลลิตร/นาที ในระบบ split ratio 60:1 (Msaada *et al.*, 2007) การวิเคราะห์ชนิดของสารให้กลิ่นเปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมกับฐานข้อมูล NIST Library และ Wiley ที่ %quality match ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 (ภาคผนวก ก4)



### 3.2.2 ศึกษาวิธีการเคลือบผิวของสารเคลือบจากแป้งมันสำปะหลัง

#### 3.2.2.1 การเคลือบสารเคลือบผิวแบบจุ่ม

นำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งน้ำหนักลูกละประมาณ 80-110 กรัม มาล้างทำความสะอาดผิวด้วยน้ำ และผึ่งให้แห้งบนตะแกรง จากนั้นเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวจากแป้งมันสำปะหลังที่พัฒนาจากการทดลองตอนที่ 1 เคลือบส้มโดยวิธีการจุ่มเป็นเวลา 20 วินาทีครั้งละ 1 รอบ แล้วนำขึ้นร่อนสารเคลือบไม่หดย เป่าลมร้อน 55 องศาเซลเซียส 2 นาที (Rojas - Argudo *et al.*, 2008)

#### 3.2.2.2 การเคลือบผิวแบบทาโดยใช้แปรง

นำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งน้ำหนักลูกละ 80-110 กรัม มาล้างด้วยน้ำทำความสะอาด ผึ่งให้แห้งบนตะแกรง จากนั้น นำมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวโดยใช้แปรงทาทีละครั้งผลครั้งละ 1 รอบ รอให้แห้งแล้วทาอีกครั้งผลที่เหลือผึ่งลมให้แห้ง (สุทธิลักษณ์ และคณะ, 2552)

#### 3.2.2.3 การเคลือบผิวแบบพ่น

นำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งน้ำหนักลูกละ 80-110 กรัม มาล้างด้วยน้ำทำความสะอาด ผึ่งให้แห้งบนตะแกรง จากนั้น นำมาเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวโดยใช้สเปรย์พ่นสารเคลือบด้านละ 10 รอบ ผึ่งลมให้แห้ง (Krochat *et al.*, 1994)

#### 3.2.2.4 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

- ลักษณะปรากฏ และความเป็นเนื้อเดียวกัน ดูด้วยสายตา
- การสูญเสียน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุกๆ 3 วัน จนครบ 6 สัปดาห์ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณอัตราการสูญเสียน้ำหนักตามสมการ

$$\text{อัตราการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บ}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

### 3.2.2.5 การเปลี่ยนแปลงด้านเคมี

- วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล โดยเครื่อง High performance Liquid Chromatograph (HPLC) คัดแปลงจากวิธีการของ Antošová *et al.* (1999)

ปีเปิดน้ำส้ม 500 ไมโครลิตร ปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน (HPLC grade, RCI Labscan, Thailand) จากนั้นกรองสารละลายตัวอย่างเจือจางที่ได้ด้วย cellulose acetate membrane 0.45 ไมครอน (Whatman, 0.45  $\mu\text{m}$  pore size) นำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC, LC1200, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) โดยแยกสารผ่านคอลัมน์ REZEX RSO-Oligosaccharide (Phenomenex, Torrance, CA, USA) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิ เท่ากับ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้ น้ำปราศจากไอออน เป็นโมบายเฟส (mobile phase) อัตราการไหล 0.25 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้ Refractive index detector เป็น detector ซึ่งควบคุมอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ก2)

- วิเคราะห์องค์ประกอบองค์ประกอบเคมีในส้ม ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อ 3.2.1.2

### 3.2.2.6 การประเมินผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Least Significant Difference (LSD Test) และวิธี (Duncan) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

### 3.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัส ของส้มเขียวหวานพันธุ์ สายน้ำผึ้งในระหว่างการเก็บรักษา

เลือกวิธีการเคลื่อนที่ดีที่สุด จากการทดลองตอนที่ 2 โดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ ความเป็นเนื้อเดียวกัน การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล สารลิโมนิน และวิธีการเคลื่อนผิวที่ผ่านการคัดเลือกมาศึกษา ดังนี้



### 3.2.3.1 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัส

เก็บตัวอย่างส้มเขียวหวานที่ผ่านการเคลือบผิวจากการทดลองที่ 2 ที่อุณหภูมิ 5 และ 28 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการศึกษา และทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ หรือจนกว่าส้มจะเสื่อมสภาพ ทำการวิเคราะห์สมบัติทางด้านเคมี ทางด้านกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัส

### 3.2.3.2 การเปลี่ยนแปลงด้านเคมี

#### วิเคราะห์จากน้ำส้มเขียวหวาน

- ความเป็นกรดต่าง โดยใช้เครื่อง pH

โดยใช้ pH-meter ซึ่งผ่านการปรับค่ามาตรฐาน (calibration) ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มี pH 4.01 และ 7.00 ตามลำดับ ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำน้ำกลั่น และใช้กระดาษทิชชูซับเบาๆ ทุกครั้ง เมื่อทำการวัดตัวอย่าง

- ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ (Titratable acidity, TA)

ซึ่งตัวอย่างอาหารหนัก 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 mL เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย คนให้ละลายเข้ากันดี ปรับปริมาตรเป็น 100 ml โดยใช้ Volumetric flask กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปีเปตของเหลวที่กรองได้มา 10 mL ใส่ในฟลasks ขนาด 125 mL นำไปไทเตรตกับ 0.01N NaOH โดยใช้ฟีนอล์ฟธาลิน 2-3 หยดเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดที่มีอยู่ในปริมาณมากของตัวอย่างอาหารนั้น (ปริมาตรของสารที่ใช้ไทเตรตหรือไทเตรนต์ (Titrant) ที่เหมาะสมควรจะอยู่ในช่วง 10 – 30 mL) นำสารละลายตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
- อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ (อุรากรณ์, 2546)
- วิเคราะห์สารระเหยอินทรีย์ของน้ำส้มโดยใช้ SPME ร่วมกับ gas chromatography

– flame ionization detector (GC-FID) และ GC-MS (Barboni *et al.*, 2009; โปรดปราน และคณะ 2553) ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อ 3.2.1.2

### วิเคราะห์จากผลสัมเขียวหวาน

ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน โดยใช้ GC-FID ดังนี้ วัด โดยใช้ เข็ม (Syringe, SGE Analytical Science, Australia) ขนาด 5 มิลลิลิตร ดูดแก๊สจากช่องว่างภายในผล ส้ม จากนั้นนำแก๊สที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatograph, Agilent Technology รุ่น 7820A) ทันทีที่อุณหภูมิห้อง ใช้ชุดตรวจจับ (detector) ชนิด flame ionization detector (FID) สำหรับวิเคราะห์แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สออกซิเจน ส่วนชุดตรวจจับ (detector) โดยอุณหภูมิของตู้อบ (oven temperature) คือ 200 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิชุด ตรวจจับ(detector)ชนิด FID คือ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งระบบการทำงานเป็นระบบที่ใช้แก๊สฮีเลียม เป็นตัวนำพา (carrier gas) ซึ่งมีอัตราการไหลเท่ากับ 5 มิลลิลิตรต่อนาที โดยจะพาเอาแก๊สตัวอย่าง ไหลผ่าน capillary column (Porapak Q, Supelco Inc., USA) ซึ่งสารที่แยกจากคอลัมน์นี้จะถูก ตรวจวัดเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้ชุดตรวจวัด(detector)ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 5 นาทีต่อตัวอย่าง นำพื้นที่ใต้กราฟที่อ่านได้จากเครื่อง GC มาคำนวณหาปริมาณ แก๊สออกซิเจนและแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์โดยเทียบกับแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมีหน่วย เป็นเปอร์เซ็นต์

#### 3.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ

- การสูญเสียน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างทุกๆ 3 วัน จนครบ 6 สัปดาห์ (ตัดแปลงจาก สุทธิลักษณ์ และคณะ, 2552)
- ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ของน้ำส้ม ด้วยเครื่องวัดสี (CR-410, Konica-Minolta, Japan) ในระบบ CIE  $L^* a^* b^*$  Hunter Lab (Color Quest II Model SSE343, USA) ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานโดยการสอบเทียบ (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาว มาตรฐาน (white blank) แล้วทำการวัดสีตัวอย่าง (ภาคผนวก ก1)

#### 3.2.3.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่าน การเคลือบ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 25 องศาเซลเซียส ทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ หรือ จนกว่าส้มจะเสื่อมสภาพ โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) ใช้ Line scaling 15 เซนติเมตร และ ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน โดยทำการฝึกฝน จากสารละลายพื้นฐาน ได้แก่ สารละลายรสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม และรสขม และต่อมาทำการฝึกฝน โดยการจืดสเกล

ความเข้ม อธิบายความหมายของแต่ละคุณลักษณะให้ผู้ที่กำลังฝึกฝนเข้าใจก่อนทำการฝึกฝน (ตาราง 3.3) และ ฝึกฝนจิตสเกลความเข้มโดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงมาตรฐาน (ตาราง 3.4 และ 3.5) จนค่าสเกลความเข้มคงที่มี standard deviation ไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ย ทดสอบตัวอย่าง สัมเขี้ยวหวาน โดยวิเคราะห์ความเข้มของคุณลักษณะด้านต่างๆ ดังนี้ ลักษณะทางกลิ่น 7 กลิ่น ได้แก่ กลิ่นส้ม กลิ่นหญ้า กลิ่นเปรี้ยว กลิ่นเปลือกส้ม กลิ่นหวาน กลิ่นหมัก และกลิ่นที่ผ่านการทำให้สุก และลักษณะทางกลิ่นรส 8 กลิ่นรส ได้แก่ รสหวาน รสเปรี้ยว รสขม รสฝาด กลิ่นรสส้ม กลิ่นรสหญ้า กลิ่นรสหมัก และกลิ่นรสที่ผ่านการทำให้สุก (Tietel *et al.*, 2009; โปรดปราน และคณะ, 2553)

ตาราง 3.3 ความหมายของแต่ละคุณลักษณะของส้มสายน้ำผึ้ง

Attributes	Definition
<b>Aroma</b>	
Orange	Aromatic associated with orange
Grassy	Green aromatic associated with cut grass
Sour	Aromatic associated with unripe fruit, citrus fruit
Citrus	Aromatic associated with general impression of citrus fruit, orange peel and lemon peel
Sweet	Aromatic associated with syrup, sugar
Fermented	Aromatic associated with fermented fruit
Cooked	A non-specific aromatic associated from the process of heating or boiled orange juice
<b>Flavor</b>	
Sweet taste	Taste on the tongue associated with sucrose solution
Orange flavor	Flavor associated with orange
Sour taste	Taste on the tongue associated with citric acid solution
Grassy flavor	Green flavor associated with lettuce
Bitter taste	Taste on the tongue associated with caffeine solution
Astringent	The shrinking of the tongue surface cause by tannin of alum
Off-flavor alcohol	Alcoholic flavor associated with fermented fruit
Cooked off-flavor	A non-specific flavor associated from the process of heating or boiled orange juice

ที่มา : โปรดปราน และคณะ (2553)

ตาราง 3.4 การอ้างอิงตัวอย่างของแต่ละคุณลักษณะกลิ่นของส้มสายน้ำผึ้ง

Attributes	Reference	Intensity (cm)
<b>Aroma</b>		
- Orange aroma	Fresh tangerine	7.1
	Orange juice (Minute maid brand)	6.8
- Grassy aroma	Fresh tangerine	5.7
	Orange juice (Minute maid brand)	1.1
- Sour aroma	Fresh tangerine	6.0
	Orange juice (Minute maid brand)	2.2
- Citrus aroma	Fresh tangerine	6.4
	Orange juice (Minute maid brand)	2.7
- Sweet aroma	Fresh tangerine	6.1
	Orange juice (Minute maid brand)	8.0
- Fermented aroma	Fresh tangerine	0
	Orange juice (Minute maid brand)	2.0
- Cooked aroma	Fresh tangerine	0
	Orange juice (Minute maid brand)*	4.5

ที่มา : โปรดปราน และคณะ (2553)

\* น้ำส้มยี่ห้อ มินิเทมด บริษัทไทยน้ำทิพย์จำกัด กรุงเทพฯ

ตาราง 3.5 การอ้างอิงตัวอย่างของแต่ละคุณลักษณะกลิ่นรสของส้มสายน้ำผึ้ง

Attributes	Reference	Intensity (cm)
<b>Flavor</b>		
- Sweet taste	2.0 % sucrose	2
	5.0 % sucrose	5
	10.0 % sucrose	10
	16.0 % sucrose	15
- Orange flavor	Orange juice (Minute maid brand)	8.6
- Sour taste	0.05% citric acid	2
	0.08% citric acid	5
	0.15% citric acid	10
	0.20% citric acid	15
- Grassy flavor	Pure water	0
	Liquid lettuce prepared from 15 g of fresh lettuce with 300 ml water, blending and sited for 15 min	11.1
- Bitter taste	0.05% caffeine	2.0
	0.08% caffeine	5.0
	0.15% caffeine	10.0
- Astringent	0.05% alum	2.5
	0.10% alum	5.0
- Off-flavor alcohol	Orange juice (Minute maid brand)	3.7
- Cooked off-flavor	Orange juice (Minute maid brand)	6.5

ที่มา : โปรดปราน และคณะ (2553)