

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุเกษตร

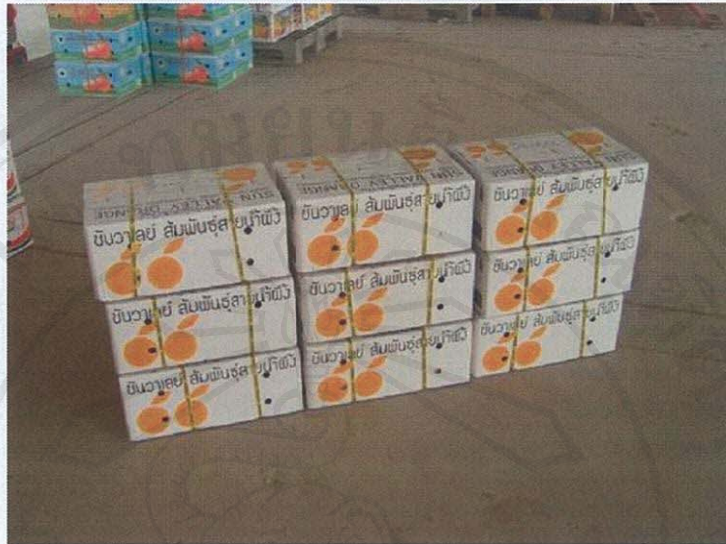
ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง จากไร่อำเภอไชยปราการและอำเภอฝาง จ.เชียงใหม่
จำนวน 3 สวน โดยคัดเลือกผลส้มขนาดเบอร์ 4 เกรดเอ

3.1.2 ภาชนะบรรจุ

- (1) ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม ภาพ 3.1(ก) บรรจุส้ม 108 ลูก จำนวน 11 กิโลกรัม
- (2) ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด ภาพ 3.1(ข) บรรจุส้ม 108 ลูก จำนวน 11 กิโลกรัม
- (3) ตะกร้าพลาสติก ภาพ 3.1(ค) บรรจุส้มจำนวน 25 กิโลกรัม

3.1.3 อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

- (1) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (รุ่น PR101, Atago, Japan) อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 องศาบริกซ์ ($^{\circ}$ Brix)
- (2) เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง (รุ่น BA 3100P, Sartorius, Germany) และแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB 204-S, Mettler Toledo, Switzerland)
- (3) เครื่องกั้นน้ำผลไม้
- (4) เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH Meter, รุ่น Model PB20, Sartorius, Germany)
- (5) เครื่องกวนสารเคมีด้วยแท่งแม่เหล็กและให้ความร้อน (Nuova II, Germany)
- (6) เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (รุ่น Model PP-20, Sartorius, Germany)
- (7) เครื่องไทเทรต (Digital Burette, Julado, Germany)



ภาพ 3.1(ก) ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบสวม



ภาพ 3.1(ข) ภาชนะบรรจุชนิดกล่องแบบเปิด-ปิด



ภาพ 3.1 (ค) ตะกร้าพลาสติก

(6) เครื่องวัดสี (Chromameter, Color Quest XE, Hunterlab, USA) ซึ่งวัดสีออกมาเป็นค่า L^* , a^* , b^*

ค่า L^* value แสดงความสว่างเมื่อมีค่าใกล้ 100 และแสดงความมืดเมื่อมีค่าใกล้ 0

ค่า a^* ที่เป็นบวกแสดงว่าผลิตผลมีสีแดง ค่า a ที่เป็นลบแสดงว่าผลิตผลมีสีเขียว โดยมีค่า -60 ถึง +60

ค่า b^* ที่เป็นบวกแสดงว่าผลิตผลมีสีเหลือง และที่เป็นลบแสดงว่าผลิตผลมีสีน้ำเงินเข้ม โดยมีค่า -60 ถึง +60

(7) กล้องถ่ายรูป Fuji 301 ประเทศญี่ปุ่น

(8) เครื่อง Gas Chromatograph (GC รุ่น TRACE GC, Thermo Finigan, Italy) โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Detector : Thermal conductivity detector (TCD)
- Column : 15' x 1/8" ท่อสแตนเลส เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.1 มิลลิเมตร
- Gas carrier : แก๊สฮีเลียมมีอัตราการไหล 30 มิลลิตร/นาที โดยมีแก๊สไนโตรเจน เป็น make up flow
- Oven temperature : 80°C
- Injection temperature : 80°C
- Column temperature : 120°C

(9) ผ้าขาวบาง

(10) เครื่องแก้ว

- ปีกเกอร์
- ขวดแก้วรูปชมพู่
- ขวดปรับปริมาตร
- บิวเรต
- บีเปต ขนาด 1, 2 และ 5 มิลลิลิตร
- กระจกตวง
- แท่งแก้วคนสารละลาย
- ช้อนตักสารเคมี
- เข็มฉีดยา ขนาด 5 มิลลิเมตร พร้อมเข็มขนาด 0.53 x 25 มิลลิลิตร

3.1.4 สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

(1) สารเคมีที่ใช้หาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, Merck) เตรียมความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

(2) สารเคมีที่ใช้หาปริมาณวิตามินซี

- กรดออกซาลิก (oxalic acid, Merck) เตรียมกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.4 % โดยชั่งกรดออกซาลิก 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

- 2, 6 ไดคลอโรโรฟีนอล-อิน โดฟีนอล (2, 6 -dichlorophenol - indophenol , Merck) เข้มข้น 0.04 % เตรียมโดยชั่ง 2, 6 ไดคลอโรโรฟีนอล อิน โดฟีนอล 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

- กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (ascorbic acid, Merck) ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.001 กรัม ละลายในกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.4 % ปริมาตร 40 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรตกับ 2, 6 -ไดคลอโรโรฟีนอลอิน โดฟีนอลเข้มข้น 0.04 % จนถึงจุดยุติ แล้วบันทึกปริมาตร 2, 6 ไดคลอโรฟีนอลอิน โดฟีนอล ที่ใช้เพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

3.1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

- (1) ถ้วยพลาสติกสีขาว
- (2) แก้วน้ำ
- (3) ถูพลาสติก
- (4) ถาดพลาสติกสีขาว
- (5) สติกเกอร์สีเหลืองติดรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว
- (6) แบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับคะแนน (ภาคผนวก)

3.1.6 สถานที่ทำการทดลอง

- (1) ห้องปฏิบัติการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว-สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- (2) ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.2 วิธีการวิจัย

การทดลองเป็นแบบ Factorial Design โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (การเดินทางของรถ 1 เทียว คือ 1 ซ้ำ) ส้มสายพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ปลูกในเขตอำเภอไชยปราการและอำเภอฝาง จ.เชียงใหม่ จำนวน 3 สวน ผ่านการเคลือบผิวและตัดเกรดที่โรงคัดบรรจุ ใช้ผลส้มเบอร์ 4 บรรจุลงกล่องๆ ละ 11 กิโลกรัม ส่วนตะกร้าบรรจุ 25 กิโลกรัม ใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ขนาดบรรทุก 16 ตัน ในการขนส่ง โดยไม่มีผลผลิตผลเกษตรอื่นๆ มาปะปนด้วย ส่วนการวางตำแหน่งของภาชนะในรถบรรทุก จะวาง ตะกร้าพลาสติกไว้ด้านล่างแล้วเอาไม้กระดานกั้นแบ่งครึ่ง หลังจากนั้นจึงวางภาชนะบรรจุแบบ กล่องไว้ด้านบน ใส่ data logger ในภาชนะบรรจุเพื่อทำการบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ ขณะอยู่บนรถบรรทุก การวางภาชนะบรรจุจะวาง 3 ตำแหน่ง คือ ด้านหน้า ตรงกลาง และท้ายของ รถบรรทุกขนส่งจากอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ไปยังตลาดกลางค้าส่งสี่แยกมหานาค กรุงเทพมหานคร ระยะทาง 850 กิโลเมตร เวลาที่ใช้เดินทางทั้งหมด 12 ชั่วโมง ทำการบันทึกผล และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของผลส้มก่อนและหลังการเดินทาง 12 ชั่วโมง ทำการทดลองครั้งแรกวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2547 ครั้งที่สองวันที่ 6 มีนาคม 2547 และทำการทดลองครั้งสุดท้าย วันที่ 13 มีนาคม 2547

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ

(1) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกด้านนอกของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง วัดค่าสี 3 จุดต่อผล (บน กลาง ต่าง) ใช้ส้มจำนวน 5 ผลต่อ 1 ถึงทดลอง ค่าที่ได้แสดงเป็น L* value, a* และ b* ความเข้มสี Chroma (C*) คำนวณจาก $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ และ คำนวณค่า Hue Angle (h°) ซึ่งเท่ากับ $\arctangent (b^*/a^*)$ (McGuire, 1992)

(2) เปอร์เซ็นต์ส้มที่ไม่สามารถขายได้ (Unmarketable Fruit Percentage) ตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นของส้มหลังผ่านการขนส่งโดยตรวจสอบความเสียหายทางกล การเน่าเสีย

(3) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (Weight Loss Percentage) การสูญเสียน้ำหนัก ทำโดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการขนส่งทั้งภาชนะบรรจุแบบกล่องและตะกร้าพลาสติก และหลังการขนส่งแล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากสูตร
 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก = $\frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$

3.3.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี

(1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Digital Refractometer) (รุ่น PR101, Atago, Japan) อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 องศาบริกซ์ ($^\circ\text{Brix}$) โดยใช้น้ำส้มมาหยดลงบนตำแหน่งที่ใช้วัดของเครื่องมือ

(2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA) นำผลส้มมาคั้นน้ำโดยเครื่องคั้นน้ำส้ม นำของเหลวที่ได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน flask หยดสารละลาย phenolphthalein 1% ลงไป 1-2 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตกับสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ วัดปริมาณสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ที่ใช้แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดจากสูตร

$$\%TA = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (0.1N)} \times \text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ (มล.)} \times 0.070 \times 100}{\text{ปริมาตรน้ำคั้น (มล.)}}$$

* milliequivalent of citric acid = 0.070

(3) การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

นำน้ำคั้นของผลส้มที่ได้มาวัดค่าพีเอชด้วยเครื่อง พีเอชมิเตอร์ (รุ่น Model PB-20, Sartorius, Germany)

(4) การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (Respiration Rate)

วัดปริมาณแก๊สโดยใช้เครื่อง Gas Chromatograph (GC รุ่น TRACE GC, Thermo Finigan, Italy) โดยมีรายละเอียดดังนี้ นำผลส้มมาชั่งน้ำหนักก่อนบรรจุลงในกล่องพลาสติกขนาด 29 x 19 x 12 เซนติเมตร ซึ่งทำเป็นระบบปิด ทำการเจาะรูบริเวณด้านข้างกล่อง โดยมีเชปตัมปิดไว้ที่รูเพื่อทำการดูดแก๊ส หลังจากนั้นดูดแก๊สเพื่อนำมาฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatograph (GC) ที่ Injector port

$$\text{Respiration rate (mgCO}_2\text{/kg.h)} = \frac{\text{difference in CO}_2\text{ (\%)} \times \text{free volume (ml)} \times 321.75}{\text{Time sealed (min)} \times \text{weight (kg)} \times (273 + \text{stored temperature } ^\circ\text{C})}$$

โดยที่

$$\text{Difference in CO}_2\text{ (\%)} = (\text{CO}_2\text{ ชุดทดลอง} - 0.03)$$

$$\text{Free volume (ml)} = (\text{ปริมาตรของกล่อง} - \text{ปริมาตรของส้ม})$$

$$\text{Time sealed (min)} = \text{เวลาที่เก็บแก๊สผลส้ม}$$

$$\text{weight (kg)} = \text{น้ำหนักผลส้ม}$$

(5) ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic Acid)

วิเคราะห์ตามวิธี Indophenol นำน้ำส้มคั้นที่ได้มา 10 มิลลิลิตร เติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 % ให้ได้ปริมาตรของเหลวเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำของเหลวที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดออกซาลิกให้ครบ 40 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปไทเทรตกับ 2, 6 ไดคลอโรโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 % จนถึงจุดยุติ ซึ่งทำให้สารละลายมีสีชมพู ประมาณ 15 วินาที แล้วคำนวณตามสูตร

$$\text{ปริมาณวิตามินซี} = \frac{a \times 0.001 \times 100 \times 1000}{b \times c}$$

a = ปริมาตร 2, 6 ไดคลอโรโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารตัวอย่าง

b = ปริมาตร 2, 6 ไดคลอโรโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ในการไทเทรตกับวิตามินซีมาตรฐาน

c = ปริมาตรสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

3.3.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับคะแนน (Peryam and Pilgrim, 1957) ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่เคยรับประทานส้มสายน้ำผึ้งจำนวน 50 คน ให้คะแนนความชอบลักษณะโดยรวม (overall acceptability ratings) คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส (flavor acceptability ratings) โดย 1= ไม่ชอบมากที่สุด 5= เฉยๆ และ 9= ชอบมากที่สุด จากนั้นให้ผู้บริโภคประเมินความเข้มของกลิ่นรส (flavor intensity) และความเข้มของกลิ่นรสหมัก (fermented flavor intensity) โดยวิธีการให้คะแนนความเข้ม (intensity ratings) 9 ระดับคะแนน โดย 1= มีความเข้มน้อยมาก 5= มีความเข้มปานกลาง และ 9= มีความเข้มมากที่สุด

3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของแผนการทดลองแบบ Factorial Design ในทุกคุณภาพได้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ (เที่ยวของการขนส่ง) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least-Significant Difference) สมการทำนายคุณภาพส้มใช้วิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression) สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้ผลการวิเคราะห์แบบ pair sample t-test การวิเคราะห์ผลทางสถิติได้วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 ในการวิเคราะห์ข้อมูล