บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

1.วัตถุดิบ

ผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.6-6.0 เซนติเมตร น้ำหนัก 110-120 กรัม/ผล ซึ่งมาจากแหล่งปลูกในอำเภอ ฝาง จังหวัดเชียงใหม่

2. อุปกรณ์

2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า(digital balance)แบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง (PB 3002-S, Mettler Toledo, Switzerland) และแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง (AB 204-S, Mettler Toledo, Switzerland)

2.2 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้digital refractometer(PR 101, ATAGO, Japan)

2.3 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง(pH meter)(Profesional, Sartorius, Germany)

2.4 เครื่อง UV visible spectrophotometer (Thermospectronic, Unicam UV 500, U.S.A.)

2.5 เครื่องไทเทรต(digital burette, Julado, Germany)

2.6 เครื่องวัดความแน่นเนื้อ(texture analyser, TA-XT 21/50, England)

2.7 เครื่องวัดสี(color meter)(Hunter' colorimeter model CR-200, USA)

2.8 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield, LVDV-III+, U.S.A.)

2.9 เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermo-couple)

2.10 กล้องถ่ายรูป Nikon 301 ประเทศญี่ปุ่น

2.11 เครื่องคั้นน้ำผลไม้

2.12 มีดปอกผลไม้

2.13 เขียงพลาสติก

2.14 กล้องจุลทรรศน์

2.15 ช้อนพลาสติก

2.16 ขวดน้ำกลั่น

2.17 กล่องกระดาษลูกฟูก

2.18 ถุงตาข่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.19 เครื่องแก้ว

2.19.1 บีกเกอร์

2.19.2 ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

2.19.3 ขวดปรับปริมาตร(volumetric flask)

2.19.4 บิวเรต (burette)

2.19.5 กระบอกตวง (cylinder)

2.19.6 แท่งแก้วคนสาร (stiror)

2.19.7 หลอดหยด(droper)

2.19.8 ขวดใส่สาร Scott Duran

2.19.9 ขวดสีชา ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

2.19.10 ปิเปต (pipette)

2.19.11 ช้อนตักสารเคมี

2.19.12 เข็มฉีดยา ขนาด 5 มิลลิลิตร พร้อมเข็มขนาด 0.53 x 25 มิลลิเมตร

2.19.13 หลอดทดลอง

3. สารเคมีและวิธีการเตรียมสารเคมี

3.1 สารเคมีที่ใช้หาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

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

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณ reducing sugar

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(sodium hydroxide, Merck) เตรียมความเข้มข้น 2 นอร์มัล โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร

DNS solution เตรียมโดยละลาย 3,5 dinitrosalicylic acid (DNS) 2.5 กรัม ลงใน 50 มิลลิลิตร ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 นอร์มัล แล้วเติม sodium potassium tartrate (Rochelle salt) 75 กรัม คนให้ละลายจนหมด เติมน้ำให้ครบ 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณ total sugar

สารละลายฟีนอล (phenol) 5 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยละลายฟีนอล 5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา

กรดกำมะถันเข้มข้น (sulphuric acid)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการเคลือบผิว

สารละลายกรดอะซิติก (acetic acid) เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)

สารละลายกลีเซอรอล (glycerol)

สารละลายทวีน 80 (tween 80)

สารละลายไคโตซานเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดย ชั่งไคโตซานที่น้ำหนักโมเลกุลต่างๆ 3 ระดับ คือ สูง กลาง และต่ำ ตามลำดับโดยแต่ละระดับชั่งไคโตซาน น้ำหนัก 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม ละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นสองชุด ชุดหนึ่งเติมสารละลายทวีน 80 จำนวน 0.1 เปอร์เซ็นต์ อีกชุดหนึ่งเติมด้วยสารละลายกลีเซอรอล 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ให้ครบ 100 มิลลิลิตร

สารเคลือบผิวทางการค้าคือ Johnson’s wax จากบริษัท เอส. ซี จอห์นสัน โปรเฟสชั่นแนล จำกัด ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ คือ shellac 75% , ammonia 10% และตัวทำละลายอื่นๆ 15%

4. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

5. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 ผลของสารเคลือบผิวจากไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลต่างๆที่มีต่อคุณภาพส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง

วางแผนการทดลองเป็นแบบ factorial in CRD มีทั้งหมด 13 วิธีการ (รวมชุดควบคุม) แต่ละวิธีการทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ผล โดยชุดควบคุมไม่มีการเคลือบผิว

แบ่งการทดลองเป็น 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่ 1 น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน 3 ระดับ

- ไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลสูง (high molecular weight, HMW) %DD= 85-95
- ไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลกลาง (medium molecular weight, MMW) %DD= 60-70
- ไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (low molecular weight, LMW) %DD= 40-50

(%DD) = degree of deacetylation (ระดับของการถอดหมู่อะเซติล)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของสารเคลือบผิว 4 ระดับ

- 0.5 เปอร์เซ็นต์
- 1.0 เปอร์เซ็นต์
- 1.5 เปอร์เซ็นต์
- 2.0 เปอร์เซ็นต์

ไคโตซานที่ใช้ในการทดลองเป็นของบริษัท อีเบสส์ คอร์ปเปอร์เรชัน จำกัด

การเตรียมสารเคลือบผิวทั้งหมดใช้สารละลาย ทวีน 80 เป็นสารลดแรงตึงผิว ดัดแปลงจากวิธีของไพรัตน์ และ คณะ, 2536

วิธีการเคลือบผิว

นำผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.6-6.0 ซม. จากสวนส้มเกษตรกรที่ อำเภอฝาง จังหวัด เชียงใหม่ คัดผลที่แก่ทางสรีรวิทยา โดยสังเกตจากสีผิว และลักษณะของผล นำมาล้างทำความสะอาด และจุ่มในสารละลายคลอรีนเข้มข้น 200 ppm แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำมาเคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานที่เตรียมไว้ โดยใช้ตะกร้าใส่ผลส้มแล้วจุ่มลงในสารเคลือบผิว นำขึ้นมาสลัดหรือเหวี่ยงให้สะเด็ด แล้วนำฟองน้ำมาถูให้ทั่วผลอีกครั้งเพื่อให้สารเคลือบผิวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผลส้ม ผึ่งลมให้แห้ง นำเก็บลงกล่องกระดาษที่มีลักษณะเป็นช่องสำหรับใส่ผลส้มได้ช่องละ 1 ผล แต่ละกล่องสามารถเก็บส้มได้ 108 ผล น้ำหนักรวมประมาณ 10 กิโลกรัม เก็บรักษาผลส้มที่อุณหภูมิห้อง และทำการสุ่มตรวจสอบคุณภาพทุก 3 วัน

การบันทึกข้อมูล

- **เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด (Weight Loss Percentage)**

การสูญเสียน้ำหนัก ทำโดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและชั่งน้ำหนักทุกวัน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

- **ลักษณะปรากฏ เช่น สีผิวของผลส้ม**

วัดสีผิวของผลส้ม โดยวัดผลละ 3 ครั้ง (หัว กลาง ท้าย) วัดบริเวณนั้นทุกๆ ครั้งของการวัดผล และทำการวัดผลทุกๆ 3 วัน ค่าที่ได้แสดงเป็นค่า L*, a*, b*

โดยค่า L* = The lightness factor (value)

a*, b* = The chromaticity coordinates (hue) (รูปที่ 3.1)

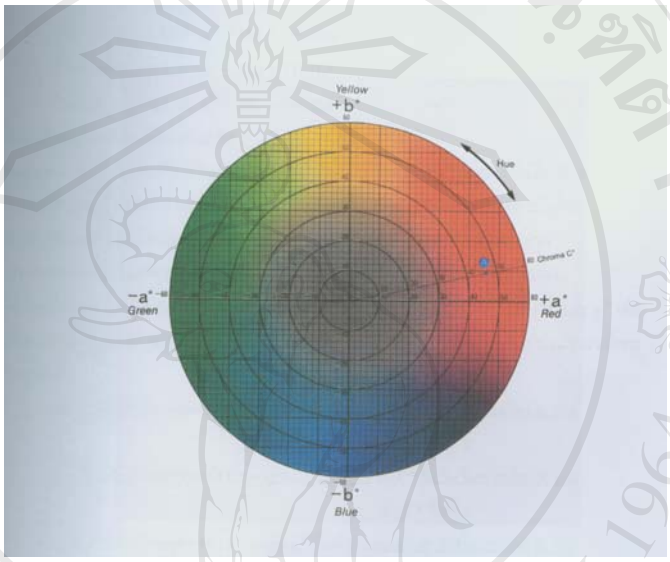
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากเข้าใกล้ 100 หมายถึง วัตถุมีสีสว่าง

a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

ทั้ง a* และ b* มีค่าอยู่ในช่วง –60 ถึง +60 หากมีค่าเป็น 0 หมายถึง วัตถุมีสีเทา



รูปที่ 3.1 : แผนภาพของสี

แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่า L* (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{L*เริ่มต้น-L*สุดท้าย})\text{x}100}{\text{L* เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่า L*(เปอร์เซ็นต์) = ค่า L* สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ L* ของชุดควบคุม เมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่า L* สัมพัทธ์เป็นบวก = มีความสว่างเพิ่มขึ้น

ค่า L* สัมพัทธ์เป็นลบ = มีความสว่างลดลง

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่า a* (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{a*เริ่มต้น-a*สุดท้าย})\text{x}100}{\text{a*เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่า a* (เปอร์เซ็นต์) = ค่า a* สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ a* ของชุดควบคุม เมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่า a* สัมพัทธ์เป็นบวก = มีสีแดงเพิ่มขึ้น

ค่า a* สัมพัทธ์เป็นลบ = มีเขียวเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่า b* (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{b*เริ่มต้น-b*สุดท้าย})\times 100}{\text{b*เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่าb* = ค่า b* สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ a*ของชุดควบคุมเมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่า b* สัมพัทธ์เป็นบวก = มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ค่า b* สัมพัทธ์เป็นลบ = มีน้ำเงินเพิ่มขึ้น

- **ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)**

ใช้เครื่อง Digital hand refractometer รุ่น PR 101 ของบริษัทATAGO ประเทศญี่ปุ่น หยดน้ำคั้นของผลส้มลงบนแผ่นปริซึมของเครื่องมือ อ่านค่าที่ออกมาได้เป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่า TSS (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{TSSเริ่มต้น-TSSสุดท้าย})\times 100}{\text{TSS เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่า TSS (เปอร์เซ็นต์) = ค่า TSS สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ TSS ของชุดควบคุมเมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่า TSS สัมพัทธ์เป็นบวก = มีค่า TSS เพิ่มขึ้น

ค่า TSS สัมพัทธ์เป็นลบ = มีค่า TSS ลดลง

- **ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)**

นำผลส้มมาคั้นน้ำโดยเครื่องคั้นน้ำส้ม นำของเหลวที่ได้ 5 มิลลิลิตรใส่ลงไปใน flask หยดสารละลาย phenophthalene 1% ลงไป 1-2 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตกับสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ วัดปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอก-ไซด์ที่ใช้แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กรดจากสูตร

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

- milliequivalent of citric acid = 0.070

แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่า TA (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{TAเริ่มต้น-TAสุดท้าย})\times 100}{\text{TA เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่า TA (เปอร์เซ็นต์) = ค่า TA สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ TA ของชุดควบคุมเมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่า TA สัมพัทธ์เป็นบวก = มีค่า TA เพิ่มขึ้น

ค่า TA สัมพัทธ์เป็นลบ = มีค่า TA ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- **อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้กับปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)**

คำนวณจากสัดส่วนของ TSS ต่อ TA โดยจะแสดงรสชาติของน้ำคั้นจากผลส้ม ซึ่งค่าที่มากขึ้น แสดงว่ารสหวานเพิ่มขึ้น

แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่า TSS/TA (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{TSS/TA เริ่มต้น} - \text{TSS/TA สุดท้าย}) \times 100}{\text{TSS/TA เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่า TSS/TA (เปอร์เซ็นต์) = ค่า TSS/TA สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ TSS/TA ของชุดควบคุม เมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่า TSS/TA สัมพัทธ์เป็นบวก = มีค่าความหวานเพิ่มขึ้น

ค่า TSS/TA สัมพัทธ์เป็นลบ = มีค่าความหวานลดลง

- **การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ (Respiration rate)**

วัดปริมาณก๊าซโดยใช้เครื่อง gas chromatography ของบริษัท Thermo Finigan รุ่น TRACE GC ประเทศอิตาลี โดยมีรายละเอียดดังนี้

- detecter : thermal conductivity detecter (TCD)
- column : packed (Heye Sep Q และ Molesreve-13X)
- carrier gas : helium , 42 ml/min
- injection temperature : 80 ^{o}C
- oven temperature : 80 ^{o}C
- column temperature : 120 ^{o}C

นำผลส้มมาชั่งน้ำหนักก่อนบรรจุลงในกล่องพลาสติกปริมาตร 2,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งทำเป็นระบบปิด ทำการเจาะรูบริเวณด้านบนกล่อง โดยมีเซปตั้มปิดไว้ที่รูเพื่อทำการดูดก๊าซ เก็บส้มในกล่อง 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นดูดก๊าซเพื่อนำมาฉีดเข้าเครื่อง gas chromatography (GC) ที่ injector port นำค่าปริมาณก๊าซที่ได้มาคำนวณค่าอัตราการหายใจ โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการหายใจ } (mgCO_2/kg.h) = \frac{\text{difference in } CO_2\ (\%) \times \text{free volume (ml)} \times 321.75}{\text{time sealed (min)} \times \text{weight (kg)} \times (273 + \text{stored temperature}^{o}C)}$$

โดยที่

difference in CO_2 (%) = CO_2 ชุดทดลอง – 0.03

free volume (ml) = ปริมาตรของกล่อง – ปริมาตรของส้ม

time sealed (min) = เวลาที่เก็บแก๊สผลส้ม

weight (kg) = น้ำหนักผลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการหายใจ (เปอร์เซ็นต์) = (อัตราการหายใจเริ่มต้น- อัตราการหายใจสุดท้าย) x100
อัตราการหายใจ เริ่มต้น

การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการหายใจ (เปอร์เซ็นต์) = ค่าสัมพัทธ์เปรียบเทียบกับอัตราการหายใจของชุดควบคุมเมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่าอัตราการหายใจสัมพัทธ์เป็นบวก = มีค่าอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

ค่าอัตราการหายใจสัมพัทธ์เป็นลบ = มีค่าอัตราการหายใจลดลง

- **ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar)**

- การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

นำน้ำส้มคั้นที่ต้องการหาปริมาณน้ำตาลจำนวน 0.1-1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ใช้น้ำกลั่นเป็น blank จากนั้นเติมสารละลาย DNS 1.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที ในระหว่างต้มควรใช้ลูกแก้ววางบนปากหลอด เพื่อลดการระเหยของน้ำ จากนั้นทำให้เย็นโดยรวดเร็ว โดยนำหลอดแก้วไปแช่ในน้ำแข็งที่ละลาย หรือใส่อ่างที่เปิดให้น้ำไหลตลอดเวลา เมื่อสารละลายเย็นแล้ว เติมน้ำ 10 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน นำไปตรวจค่า absorbance ในเครื่อง spectrophotometer ที่ ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร (nm) และนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน(standard curve)

แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น} - \text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สุดท้าย}) \times 100}{\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (เปอร์เซ็นต์) = ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของชุดควบคุมเมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สัมพัทธ์เป็นบวก = มีค่าน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น

ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ สัมพัทธ์เป็นลบ = มีค่าน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง

- การวัดปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

นำน้ำส้มคั้นที่ต้องการหาปริมาณน้ำตาลมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank เติมสารละลายฟีนอล 1 มิลลิลิตรลงในหลอดที่ใส่น้ำส้มคั้น และน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติมกรด กำมะถันเข้มข้น (sulphuric acid) ลงไป 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเขย่าแรงๆ จนผสมเข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ต่ออีกประมาณ 20 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่า absorbance ในเครื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

apectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 490 nm. และนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard curve)

แล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเริ่มต้น} - \text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสุดท้าย}) \times 100}{\text{ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์) = ค่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสัมพัทธ์เปรียบเทียบกับ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของชุดควบคุม เมื่อเริ่มทำการทดลอง

ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสัมพัทธ์เป็นบวก = มีค่าน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น

ค่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด สัมพัทธ์เป็นลบ = มีค่าน้ำตาลทั้งหมดลดลง

- การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Standard curve)

ละลายน้ำตาลที่บริสุทธิ์ในน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลที่ใช้เป็นน้ำตาลมาตรฐาน ควรเป็นน้ำตาลชนิด monomer ซึ่งเป็นน้ำตาลชนิดเดียวกับที่ต้องการทราบปริมาณ ทำให้น้ำตาลเจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ เช่น 10 , 25 , 50 , 75 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร นำสารละลายเหล่านี้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลโดยใช้วิธีเดียวกับที่ใช้วิเคราะห์น้ำตาลในน้ำส้ม และวัดค่า absorbance นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างค่า absorbance ที่ได้จากแต่ละหลอดกับค่าความเข้มข้นต่างๆ ปริมาณของน้ำตาลมาตรฐานที่ใช้ เส้นกราฟที่ได้จะใช้เป็นค่าเปรียบเทียบมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นหรือปริมาณน้ำตาลในน้ำส้มคั้นต่อไป

- **การวิเคราะห์ระยะยุบตัว (Deformation test)**

โดยใช้เครื่อง texture analyzer (TA- XT2I) โดยใช้หัวกด (probe) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง100 มิลลิเมตร P100 (100 mm COMPRESSION PLATEN) ตั้งห่างจากตัวอย่างที่ 10 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที และกำหนดแรงในการกดตัวอย่างที่ 1 นิวตัน ใช้เวลากดนาน 1 นาที เพื่อหาระยะการยุบตัวของตัวอย่างแล้วนำมาคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ โดยใช้สูตร

$$\text{การเปลี่ยนแปลงของค่าระยะยุบตัว (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{ระยะยุบตัวเริ่มต้น} - \text{ระยะยุบตัวสุดท้าย}) \times 100}{\text{ระยะยุบตัวเริ่มต้น}}$$

การเปลี่ยนแปลงของค่าระยะยุบตัว (เปอร์เซ็นต์) = ค่า ระยะยุบตัว สัมพัทธ์เปรียบเทียบกับระยะยุบตัวของชุดควบคุม เมื่อเริ่มทำการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าระยะยุบตัวสัมพัทธ์เป็นบวก = มีระยะยุบตัวเพิ่มขึ้น

ค่าระยะยุบตัวสัมพัทธ์เป็นลบ = มีระยะยุบตัวลดลง

- **อายุการเก็บรักษา**

อายุการเก็บรักษาได้กำหนดจาก

1. ลักษณะภายนอกที่ผิดปกติเกิดในผลส้ม เช่น เกิดรอยเหี่ยวย่น ช้ำ จุดฉ่ำน้ำ และ น้ำตาล ผิวสี
2. มีกลิ่นที่ผิดปกติ
3. แสดงอาการเน่าเสีย

หากเกิดลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่กล่าวมาแล้วขึ้นเพียงลักษณะเดียว ก็ให้ถือว่าส้มผลนั้นหมดอายุการเก็บรักษาได้แล้ว

การทดลองที่ 2 ศึกษาสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมกับสารเคลือบผิวจากไคโตซาน

จากผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ในการทดลองที่ 1 นำผลการทดลองที่ดีที่สุดมาศึกษาต่อ เพื่อหาสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมต่อสารเคลือบผิวจากไคโตซาน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มีสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ ดังนี้

ทวีน 80 (ไพรัตน์ และคณะ, 2536)

กลีเซอรอล (Donhowe and Fennema, 1994)

นำสารละลายไคโตซานที่น้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 มาผสมกับสารลดแรงตึงผิวโดยใช้ความเข้มข้นของ สารลดแรงตึงผิว 0.1 เปอร์เซ็นต์ เคลือบสารละลายที่ได้กับส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปฝังในพาราพลาสต์ เมื่อแข็งตัวแล้ว ตัดตามขวางแล้วตรวจโดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูลักษณะการเคลือบผิว โดยเปรียบเทียบการเกาะติดของสารเคลือบผิวกับผลส้ม

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ได้ผลดีที่สุด กับสารเคลือบผิวที่ใช้ในทางการค้า

จากการทดลองที่ 1 และ 2 เลือกสารเคลือบผิวและสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมที่สุดมาทำการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แต่ละวิธีการทำ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิว)

กรรมวิธีที่ 2 เคลือบผิวส้มด้วยสารเคลือบผิวจากไคโตซานที่มีทวีน 80 เป็นสารลดแรงตึงผิว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรรมวิธีที่ 3 เคลือบผิวส้มด้วยสารเคลือบผิวจากไคโตซานที่มีกลีเซอรอลเป็นสารลดแรงตึงผิว

กรรมวิธีที่ 4 เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า

ทำการเคลือบผิวและสุ่มตรวจคุณภาพส้มเหมือนการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของแผนการทดลองแบบ CRDในทุกคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least Significant Difference) การวิเคราะห์ผลทางสถิติได้วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SX ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved