บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. ลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย (ที่มีความแก่เต็มที่)
2. น้ำตาลทรายขาวชนิดรีไฟน์

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์การผลิตลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง

1. กระป๋องดีบุกขนาด 20 OZ. (307x409)
2. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ขนาด 20 OZ. (307x409)
3. ขวดแก้วขนาด 16 OZ.
4. รางไล่อากาศ (Exhaust box)
5. เครื่องปิดฝากระป๋อง (Seamer, Canco 400, America)
6. หม้อต้มฆ่าเชื้อ

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

3.2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-300
2. เครื่องวัดสุญญากาศ

3.2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Hanna instrument: Model pH 211, U.S.A.)
2. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer, Atago Brix 0~32, Japan)
3. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer: Model Biomate 5, Unican Co., Ltd., England)
4. เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (Varian รุ่น SpectrAA220, ประเทศออสเตรเลีย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 สารเคมี

1. กรดซิตริก (citric acid food grade, Japan)
2. แคลเซียมคลอไรด์ (calciumcloride food grade, Japan)
3. โซเดียมอิริทอร์เบท (sodium erythorbate food grade, Japan)
4. โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (sodium hexametaphosphate; $(NaPO_3)_6$, CARLO ERBA, France)
5. กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid food grade, Japan)
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH, Germany)
7. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein; $C_{20}H_{10}O_4$, Merck, Germany)
8. กรดซัลฟูริก เข้มข้น 95-97% (sulfuric acid; H_2SO_4, Merck, Germany)
9. กรดไนตริก เข้มข้น 69% (nitric acid; HNO_3, Merck, Germany)
10. กรดเปอร์คลอริก เข้มข้น 69% (perchloric acid; $HClO_4$, Merck, Germany)
11. กลูโคส (D-glucose; $CH_2OHCH(CHOH)_4O$, Univar, Australia)
12. โซเดียมโปแตสเซียมทาร์เทรทเตตระไฮเดรท (sodium potassium tartrate tetrahydrate ; $NaKC_4O_6.4H_2O$, Univar, Australia)
13. 3,5- ไดไนโตรซิลิคไซลิค (3,5-dinitrosalicylic acid; $C_2H_4N_2O_7$, Fluka, Switzerland)
14. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (sodium hydrogen carbonate; $CHNaO_3$, Merck, Germany)
15. ฟีนอล (phenol; C_6H_6O, Merck, Germany)
16. กรดเมตาฟอสฟอริก (meta-phosphoric acid; H_3PO_4, Merck, Germany)
17. กรดอะซิติก (acetic acid; CH_3COOH, J.T.Baker, USA.)
18. 2,6 ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล (2,6-dichlorophenolindophenolindophenol; Merck, Germany)
19. 2,4 ไดไนโตรเฟนนิลไฮดราซีน (2,4-dinitrophenyl hydrazine; Univar, Australia)
20. โพแทสเซียมโบรเมต (potassium bromate; $KBrO_3$; Poole, England)
21. โพแทสเซียมคลอไรด์ 99.5% (potassium chloride; KCl, Merck, Germany)
22. ไธโอยูเรีย (thiourea; H_2NCSNH_2, Merck, Germany)
23. Tin Standard Solution 100 ppm (Sn, Fisher Chemicals, England)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาส่วนประกอบทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อลิ้นจี่

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยวัดค่า Lightness (L) Chroma (C) และ Hue (h) ระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR –300

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่

1. ค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter (AOAC, 2000 ; 42.1.04)
2. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดมาลิก (AOAC, 1984 ;)
3. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (AOAC, 2000 ; 44.1.04)
4. ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000 ; 2.4.03)
5. ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2000 ; 4.6.01)
6. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (James, 1995 ; 124-125)
7. ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ranganna, 1977 ; 94-101 และ Mamoru *et al.*, 1978 ; 604-608)

ตอนที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ในระหว่างการเก็บรักษาและที่เก็บรักษา 90 วัน

การทดลองตอนนี้ เพื่อศึกษาผลของภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ และศึกษาผลของการใช้แอนติออกซิแดนท์เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ โดยเติมแอนติออกซิแดนท์ในน้ำเชื่อมปริมาณ 0.20% (w/w) ซึ่งปริมาณการใช้กรดแอสคอร์บิกและโซเดียมอิริทอร์เบทในงานวิจัยนี้เป็นปริมาณต่ำสุดของการใช้กรดแอสคอร์บิกในผลไม้กระป๋อง (มณฑาทิพย์, 2539) และในงานวิจัยตอนนี้ได้ควบคุมสมดุลย์ของผลิตภัณฑ์ไม่ให้เกิดความแตกต่างกัน โดยการปรับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 21 °Brix และค่า pH เท่ากับ 3.8 ซึ่งค่า pH จะมีผลต่อกระบวนการผลิตในขั้นตอนของการฆ่าเชื้อและรสชาติของผลิตภัณฑ์ จากการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์พบว่าค่า pH ต่ำมีผลให้เกิดการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ได้มากกว่าค่า pH สูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่า pH เท่ากับ 3.8 การทดลองตอนนี้แบ่งเป็น 2 ตอน คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาติดตามแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง ($28\pm2^{o}C$) และอุณหภูมิ $37^{o}C$ ที่ระยะเวลา 0 15 30 60 และ 90 วัน

ภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่

1. กระป๋องดีบุก ขนาด 20 OZ. (307x409)
2. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ขนาด 20 OZ. (307x409)
3. ขวดแก้ว ขนาด 16 OZ.

แอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) 3 ชนิด ได้แก่

1. กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) หรือ วิตามินซี
2. โซเดียมอิริทอร์เบท (sodium erythorbate)
3. โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (sodium hexametaphosphate)

งานทดลองมีทั้งหมด 9 ทรีทเมนต์ คือ

DC = กระป๋องดีบุกและกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w)

DE = กระป๋องดีบุกและโซเดียมอิริทอร์เบท 0.20% (w/w)

DP = กระป๋องดีบุกและโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.20% (w/w)

LC = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์และกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w)

LE = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์และโซเดียมอิริทอร์เบท 0.20% (w/w)

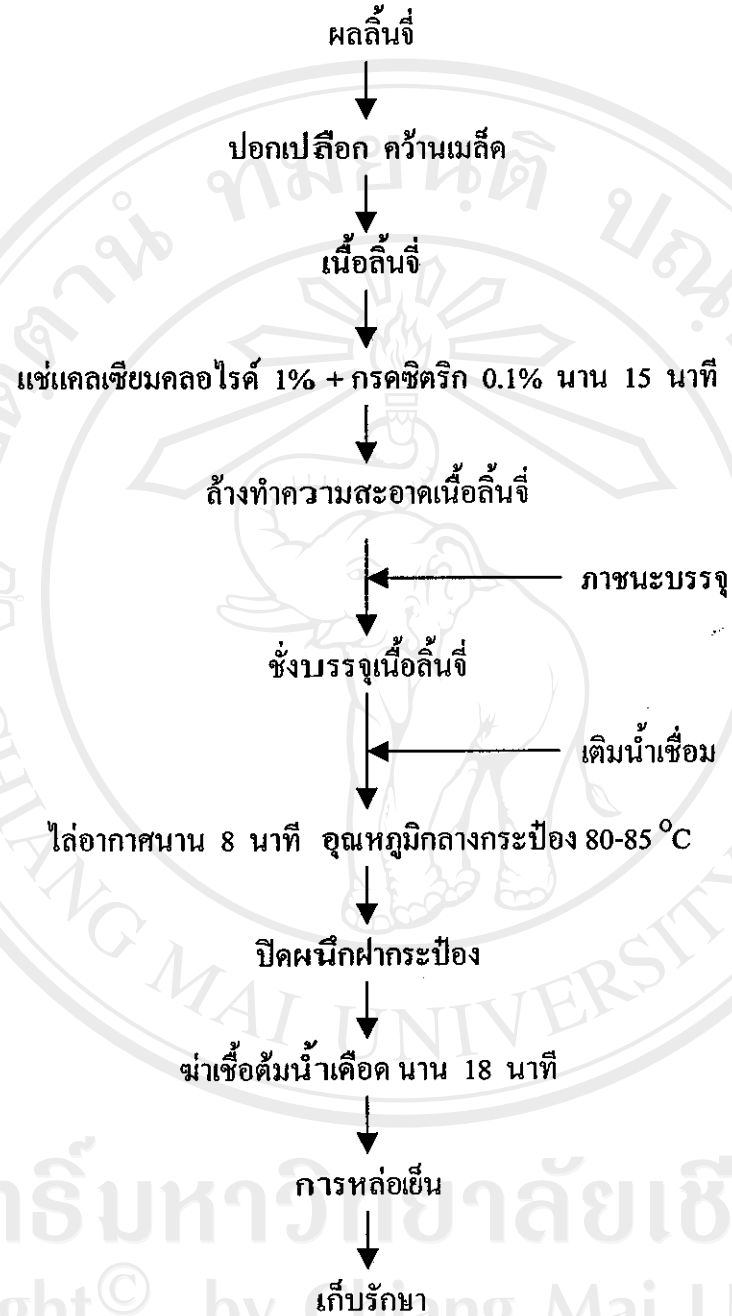
LP = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.20% (w/w)

GC = ขวดแก้วและกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w)

GE = ขวดแก้วและโซเดียมอิริทอร์เบท 0.20% (w/w)

GP = ขวดแก้วและโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต 0.20% (w/w)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 3.1 แผนภูมิกระบวนการผลิตลิ้นจี่ในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรรมวิธีการผลิตลิ้นจี่บรรจุกระป๋อง

1. เตรียมวัตถุดิบลิ้นจี่โดยปอกเปลือกและคว้านเมล็ดออก

2. นำเนื้อลิ้นจี่มาแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% และกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.1% นาน 15 นาที

3. ล้างลิ้นจี่ด้วยน้ำสะอาด และตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำรอการบรรจุภาชนะ

4. เตรียมภาชนะบรรจุโดยการล้างทำความสะอาด

5. นำเนื้อลิ้นจี่บรรจุภาชนะ และชั่งน้ำหนักเนื้อลิ้นจี่ ดังนี้

กระป๋องดีบุกและกระป๋องเคลือบแลคเกอร์ 20 OZ. = 250 กรัม

ขวดแก้ว 16 OZ. = 200 กรัม

6. เตรียมน้ำเชื่อมโดยต้มน้ำสะอาดให้เดือดก่อนประมาณ 10 นาที จากนั้นจึงเตรียมส่วนผสมน้ำตาลทรายขาวและกรดซิตริก สัดส่วนของการเตรียมได้จากการคำนวณจุดสมดุลย์ของลิ้นจี่กระป๋อง ที่ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 21 ^{o}Brix และปรับ pH 3.8 น้ำเชื่อมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ เติมกรดแอสคอร์บิก หรือ โซเดียมอิริทอร์เบท หรือ โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง (ภาคผนวก ก)

7. เติมน้ำเชื่อมให้ท่วมเนื้อลิ้นจี่และเหลือช่องว่างระหว่างผิวน้ำเชื่อมกับฝากระป๋องประมาณ 1 เซนติเมตร น้ำหนักของน้ำเชื่อมที่เติมลงภาชนะบรรจุโดยประมาณ ดังนี้

กระป๋อง 20 OZ. = 350 กรัม

ขวดแก้ว 16 OZ. = 280 กรัม

8. จากนั้นไล่อากาศ นาน 8 นาที วัดอุณหภูมิกลางกระป๋อง (I.T.) ประมาณ 80-85 ^{o}C จะได้สุญญากาศในกระป๋องหลังปิดฝาประมาณ 10-15 inHg

9. ปิดผนึกฝากระป๋องด้วยเครื่องซีมเมอร์

10. ฆ่าเชื้อโดยต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 18 นาที

11. ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว โดยการแช่ในน้ำที่ไหลหมุนเวียนเป็นเวลาประมาณ 8-10 นาที กลางกระป๋องจะมีอุณหภูมิ 35-38 ^{o}C

12. เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28$\pm$2^{o}C) และอุณหภูมิ 37 ^{o}C เป็นเวลา 0 15 30 60 และ 90 วัน

นำลิ้นจี่กระป๋องเก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (28$\pm$2^{o}C) และอุณหภูมิ 37^{o}C ในเวลาต่างๆ มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. ชั่งน้ำหนักสุทธิและน้ำหนักเนื้ออาหาร (กรัม)
2. วัดปริมาณช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง (mm)
3. วัดความเป็นสุญญากาศ ด้วยเครื่องวัดสุญญากาศ (inHg)
4. วิเคราะห์ค่าสีของเนื้อลิ้นจี่โดยวัดค่า Lightness (L) Chroma (C) และ Hue (h) ระบบ CIE

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) (AOAC, 2000 ; 42.1.04)
2. วัดปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก (AOAC, 1984; 22.058)
3. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand Refractometer (AOAC, 2000 ; 44.1.04)
4. วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (James, 1995 ; 124-125)
5. วิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ranganna, 1977 ; 94-101 และ Mamoru *et al.*, 1978 ; 604-608)
6. วิเคราะห์ปริมาณดีบุก (AOAC, 1995 ; 9.2.35)

การศึกษาหาปริมาณดีบุกในภาชนะบรรจุลิ้นจี่ได้จัดส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37^{o}C ระยะเวลา 0 30 60 และ 90 วัน โดยส่งวิเคราะห์ที่สถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สวท-มช)

2.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่เก็บรักษา 90 วัน

การทดลองตอนนี้วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3x3x2 โดยนำผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28$\pm$2^{o}C) และอุณหภูมิ 37^{o}C ที่เวลา 90 วัน

ปัจจัยที่ 1 ภาชนะบรรจุ คือ กระป๋องดีบุก กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ และขวดแก้ว

ปัจจัยที่ 2 แอนติออกซิแดนท์ คือ กรดแอสคอร์บิก โซเดียมอิริทอร์เบท และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต

ปัจจัยที่ 3 อุณหภูมิการเก็บรักษา คือ อุณหภูมิห้อง (28$\pm$2^{o}C) และอุณหภูมิ 37^{o}C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนที่ 3 ศึกษาผลของการเติมกรดแอสคอร์บิกและการปรับ pH ด้วยกรดซิตริกในผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่

การทดลองตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกและปรับ pH ด้วยกรดซิตริกต่อการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37^{o}C เป็นเวลา 30 วัน แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองตอนนี้เพื่อติดตามแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เวลาการเก็บรักษา 0 15 และ 30 วัน

ภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่

1. กระป๋องดีบุก ขนาด 20 OZ. (307x409)
2. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ขนาด 20 OZ. (307x409)
3. ขวดแก้ว ขนาด 16 OZ.

เติมกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และปรับ pH ด้วยกรดซิตริกในน้ำเชื่อม ได้แก่

1. ไม่เติมสารใดและไม่ปรับ pH
2. กรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และไม่ปรับ pH
3. กรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และปรับ pH ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3.8
4. กรดซิตริก และปรับ pH ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3.8

งานทดลองมีทั้งหมด 12 ทรีทเมนต์ คือ

D1 = กระป๋องดีบุกและไม่เติมสารใดและไม่ปรับ pH

D2 = กระป๋องดีบุกและกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และไม่ปรับ pH

D3 = กระป๋องดีบุกและกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และปรับ pH เท่ากับ 3.8

D4 = กระป๋องดีบุก ไม่เติมกรดแอสคอร์บิก และปรับ pH เท่ากับ 3.8

L1 = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์และไม่เติมสารใดและไม่ปรับ pH

L2 = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์และกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และไม่ปรับ pH

L3 = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์และกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และปรับ pH เท่ากับ 3.8

L4 = กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ ไม่เติมกรดแอสคอร์บิก และปรับ pH เท่ากับ 3.8

G1 = ขวดแก้วและไม่เติมสารใดและไม่ปรับ pH

G2 = ขวดแก้วและกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และไม่ปรับ pH

G3 = ขวดแก้วและกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) และปรับ pH เท่ากับ 3.8

G4 = ขวดแก้ว ไม่เติมกรดแอสคอร์บิก และปรับ pH เท่ากับ 3.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่ผ่านกระบวนการผลิตมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 °C ที่ระยะเวลา 0 15 และ 30 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี สำหรับขั้นตอนวิธีการผลิตและการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี ใช้วิธีการเช่นเดียวกับตอนที่ 2.1 ยกเว้นการหาปริมาณดีบุก

3.2 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา 30 วัน

การทดลองตอนนี้วางแผนการทดลองแบบ Factorial 3x2x2 โดยนำผลข้อมูลของผลิตภัณฑ์ลิ้นจี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 °C ที่เวลา 30 วัน

ปัจจัยที่ 1 ภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ กระป๋องดีบุก กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ และขวดแก้ว

ปัจจัยที่ 2 เติมหรือไม่เติมกรดแอสคอร์บิก 0.20% (w/w) ในน้ำเชื่อม

ปัจจัยที่ 3 ปรับค่า pH ของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3.8 ด้วยกรดซิตริกหรือไม่ปรับ pH

การแปรผลทางสถิติ

นำผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี จำนวน 2 ซ้ำ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Ducan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 10.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved