

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง (*Cocos nucifera* Linn.) จากบริษัทยูนิคัพ จำกัด เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการถ่ายทอดสารในระหว่างการคั่งน้ำออกแบบออสโมซิส ดังนั้น จึงกำหนดคุณภาพของมะพร้าวที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้ ใช้มะพร้าวอายุประมาณ 10 เดือน โดยสังเกตได้จากเปลือกด้านนอกสีเขียวเข้มถึงสีน้ำตาลแดง กาบมะพร้าวสีน้ำตาล มีน้ำเกือบเต็มผล เนื้อสีขาว มีความหนาประมาณ 1.0 เซนติเมตร
2. น้ำตาลทรายซูโครส (Sucrose, $C_{12}H_{22}O_{11}$, ตรามิตรผล, บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด)
3. กลูโคส (D-Glucose Monohydrate, $C_6H_{12}O_6$, Asia pacific specialty chemicals limited, Australia)
4. ซอร์บิทอล (D-Sorbitol, $C_6H_{14}O_6$, Asia pacific specialty chemicals limited, Australia)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid, H_2SO_4 , AR grade, Ajax Finechem, Australia)
2. กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3 , AR grade, Ajax Finechem, Australia)
3. กรดฟอสฟอริก (O-Phosphoric acid, H_3PO_4 , AR grade, Carlo Erba Reagenti, Italy)
4. กรดอะซิติก (Acetic acid, CH_3COOH , AR grade, Millinckrodt, USA)
5. กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid, $C_6H_8O_6$, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
6. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl , AR grade, Ajax Finechem, Australia)
7. คลอโรฟอร์ม (Chloroform, $CHCl_3$, AR grade, Lab-scan limited, Thailand)
8. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper (II) Sulfate 5 hydrate, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
9. ซิงค์อะซิเตต (Zinc acetate dhydrate, $C_4H_{10}O_6Zn$, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
10. ซีแซนด์ (Sand acid wash, AR grade, Sigma and Fluka, USA)
11. ซีไลต์ (Celite, AR grade, Sigma and Fluka, USA)

12. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride, NaCl, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
13. โซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium Thiosulphate, Na₂S₂O₃, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
14. โซเดียมไบซัลไฟต์ (Sodium bi Sulfit, NaHSO₃, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
15. โซเดียมโปแตสเซียมทาทเรท (Sodium potassium tartate, NaKC₄O₆·4H₂O, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
16. โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite, Na₂S₂O₅, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
17. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
18. ไดโซเดียม ฟอสเฟต (Disodium Phosphate, Na₂HPO₄, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
19. ไดเอทิลอีเทอร์ (Diethyl Ether, C₄H₁₀O, AR grade, Panreac, Spain)
20. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum Ether, (C₂H₅)₂O, AR grade, Panreac, Spain)
21. พาราโรซานิลิน ไฮโดรคลอไรด์ (Para-Rosaniline Hydrochloride (Fuchsin), C₂₀H₁₉N₃·HCl, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
22. โพแตสเซียมซัลเฟต (Potassium Sulphate, K₂SO₄, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
23. โพแตสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate, K₂Cr₂O₇, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
24. โพแตสเซียมเฟอโรไซยาไนด์ (Potassium Ferrocyanide, C₆N₆FeK₄, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
25. โพแตสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide, KI, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
26. โพแตสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (Potassium Hydrogen Phthalate, KHC₈H₄O₄, KHP, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
27. ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde, H₂CO, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
28. ฟีนอล์ฟทาเลอิน (Phenolphthalein, C₂₀H₁₄O₄, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
29. โมโนโซเดียม ฟอสเฟต (Monosodium Phosphate, NaH₂PO₄, AR grade, Ajax Finechem, Australia)

30. เมทิลเรด (Methyl Red, $C_{15}H_{15}N_3O_2$, AR grade, Panreac, Spain)
31. เมทิลีนบลู (Methylene Blue, $C_{16}H_{18}N_3ClS$, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
32. เมอร์คิวรี (II) คลอไรด์ (Mercury (II) Chloride, $HgCl_2$, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
33. อะซีโตน (Acetone, CH_3COCH_3 , AR grade, Ajax Finechem, Australia)
34. เอทานอล (Ethanol, CH_3CH_2OH , AR grade, Carlo Erba Reagenti, Italy)
35. เทอร์มามิล (Termamyl, AR grade, Sigma and Fluka, USA)
36. โปรทีเอส (Proteas, AR grade, Sigma and Fluka, USA)
37. อไมโลกลูโคซิเดส (Amyloglucosidase, AR grade, Sigma and Fluka, USA)
38. ไอโอดีน (Iodine, I_2 , AR grade, Ajax Finechem, Australia)
39. Catalyst mix (Selenium reagent mixture, AR grade, Ajax Finechem, Australia)
40. Sher Indicator (Kjedahl tables, Mix indicator, Merck, USA)
41. Peptone Solution (AR grade, Merck Darmstadt, Germany)
42. Plate count agar (PCA, AR grade, Merck Darmstadt, Germany)
43. Potato dextrose agar (PDA, AR grade, Merck Darmstadt, Germany)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ (Light microscope, ZM 100, OLYMPYS, Germany) เชื่อมต่อกับ กล้องถ่ายภาพ (Sony camera, SSC-DC50AP, Tokyo, Japan)
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM, JSM-5410, English)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด (AC 211S, Sartorius, Germany)
4. เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ (BA 610, Sartorius, Germany)
5. เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน
6. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter, EC Meters, COM-100, Thailand)
7. เครื่องวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้า (Precision LCR meter 20 Hz – 1MHz, 4284A, Canada)
8. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter, CG842, Schott glass mainz, Thailand)
9. เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Handy refractometer, 1001 Spectronic, Spectronic Genesys 5, USA)

10. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA-XT2, Stable Micro Systems, England)

11. เครื่องวัดสี (Handy colorimeter, 9200 Version 1.0, BYK Gardner, Germany)

12. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (810, Buchi, Germany)

13. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, AWC, Novasina, Switzerland)

14. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (Kjedahl apparatus, 323, Buchi, Switzerland)

15. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (1201 E 1001, Plus, USA)

16. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, ULE 600, Memmert, Germany)

17. ตู้บ่มอุณหภูมิ (Incubator, 1350 FX, SL Shel Lab, Germany)

18. เตาเผา (Muffle furnace, 6-160A, NEY, USA)

19. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath, CB 60 VS, Heto, Denmark)

20. Petrifilm Aerobic Count Plates (3M™ Petrifilm 6407, 3M Center, USA)

21. Petrifilm Yeast and Mold Count Plates (3M™ Petrifilm 6417, 3M Center, USA)

22. กระดาษกรอง Whatman No.1

23. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Crucible)

24. ถ้วยอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture can)

25. โถดูดความชื้น (Dessicator)

26. เครื่องแก้ว

27. อุปกรณ์งานครัว

28. อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของเนื้อมะพร้าว

จากการตรวจสอบเอกสาร พบว่า ยังไม่มีการศึกษาค่าคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าว การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อมะพร้าว เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่อไป โดยใช้เนื้อมะพร้าวพันธุ์ต้นสูง อายุประมาณ 10 เดือน แยกเนื้อมะพร้าวออกจากกะลาและปอกเยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งเป็นแผ่นบางสีน้ำตาลออกให้หมด นำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990 Method 931.04)

1.2 ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงตัดขาด โดยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (TA-XT2, Stable Micro Systems, England) ใช้วิธีการวัดแบบ Compression สำหรับการวัดค่าความแน่นเนื้อใช้ หัวกดรูปทรงกระบอก (Cylinder probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (p/ 2) กดลงตรงกลาง ชิ้นมะพร้าวด้วยความเร็ว 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะการกดร้อยละ 25 ของความสูงของชิ้นตัวอย่าง (Shah & Nath, 2008) สำหรับการวัดค่าแรงตัดขาดใช้หัววัดแบบใบมีด (HDP/ bs; Knife with Slotted Insert) ตัดชิ้นมะพร้าวให้ขาดทั้งชิ้นด้วยความเร็ว 2.0 มิลลิเมตรต่อวินาที (Singh & Reddy, 2006)

1.3 ค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยเครื่องวัดสี (9200 Version 1.0, BYK Gardner, Germany) และคำนวณหาค่าดัชนีความขาว (Whiteness Index) ดังสมการที่ 1 (Aguayo, Escalona and Artes, 2004)

$$\text{Whiteness Index} = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

1.4 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี โดยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (AWC, Novasina, Switzerland)

1.5 ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990 Method 920.39)

1.6 ปริมาณกรดไขมัน (AOAC, 1990 Method 972.28)

1.7 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1990 Method 920.152)

1.8 เถ้า (AOAC, 1990 Method 940.26)

1.9 ปริมาณเส้นใยอาหาร (AOAC, 1990 Method 985.29)

1.10 ปริมาณกรดที่โคตรที่ได้ (AOAC, 1990 Method 942.15)

1.11 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์ (AOAC, 1990 Method 925.36)

1.12 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (Acid value หรือ free fat acid (FFA))

(AOAC, 1990 Method 940.28)

1.13 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) (AOAC, 1990 Method 965.33)

1.14 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1990 Method 966.23 (C))

1.15 ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 1990 Method 940.37 (E))

2. การศึกษาผลของวิธีการเตรียมชิ้นมะพร้าวขั้นต้นก่อนการดองน้ำออกแบบบอสมอส

การเตรียมชิ้นมะพร้าว ทำได้โดยนำชิ้นมะพร้าวที่ผ่านการแยกเนื้อมะพร้าวออกจากกะลาและปอกเยื่อหุ้มเมล็ดออกให้หมดมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นขนาด 2.0×2.5 ตารางเซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นมะพร้าวที่ได้มาล้างน้ำอีกครั้ง

2.1 การศึกษาผลของการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ร่วมกับกรดต่อคุณภาพของขึ้นมะพร้าวระหว่างการผลิต

นำขึ้นมะพร้าวที่เตรียมมาแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ที่ความเข้มข้น 1,000 และ 3,000 ppm ผสมร่วมกับกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ความเข้มข้น 150 ppm หรือกรดแอสคอร์บิก ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) ความเข้มข้นร้อยละ 14.5 ที่อุณหภูมิห้อง กำหนดอัตราส่วนระหว่างขึ้นมะพร้าวกับสารละลายเป็น 1:5 (โดยน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำกลั่นและการไม่ได้แช่ ซึ่งบรรจุขึ้นมะพร้าวจำนวน 30 ชิ้นในถุง Polyethylene ปิดผนึกให้สนิทแล้วเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-7 องศาเซลเซียส) ศึกษาการเก็บขึ้นมะพร้าวและสัญลักษณ์แสดงดังตารางที่ 3-1 (ดัดแปลงจากทองทิพย์ นาถาตทอง, สัมภาษณ์ 10 กรกฎาคม 2551; Ghosh et al., 2004) นำขึ้นมะพร้าวที่เก็บรักษาเป็นเวลา 1 3 5 7 และ 9 วัน มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1.1 ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงตัดขาด (ตามวิธีในข้อ 1.2)
- 2.1.2 ค่าสี L^* , a^* , b^* และคำนวณหาค่าดัชนีความขาว (ตามวิธีในข้อ 1.3)
- 2.1.3 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (AOAC, 1990 Method 963.20)
- 2.1.4 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (AOAC, 1990 Method 940.28)
- 2.1.5 ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOAC, 1990 Method 965.33)
- 2.1.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000 Method 990.12)
- 2.1.7 ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000 Method 997.02)

ตารางที่ 3-1 ศึกษาการเก็บรักษาขึ้นมะพร้าว

สถานะ	pH	สัญลักษณ์
แช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 1,000 ppm	4.72±0.01	So1000
แช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 1,000 ppm ผสมกับ H_3PO_4 150 ppm	2.40±0.01	So1000+Ph
แช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 1,000 ppm ผสมกับ $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 14.5%	2.41±0.01	So1000+As
แช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 3,000 ppm	4.10±0.01	So3000
แช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 3,000 ppm ผสมกับ H_3PO_4 150 ppm	2.73±0.01	So3000+Ph
แช่ใน $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 3,000 ppm ผสมกับ $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 14.5%	2.73±0.01	So3000+As
แช่ในน้ำกลั่น		Wa
เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-7°C)		Re

เลือกชนิดของสารละลายที่ใช้ในการแช่ชิ้นมะพร้าวจากสิ่งทดลองที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำที่สุดและมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

การวิเคราะห์ทางสถิติ ออกแบบการทดลองแบบ Complete Randomize Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variation: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13

2.2 การศึกษาผลของวิธีการเตรียมชิ้นต้นก่อนการดองน้ำออกแบบออสโมซิสต่อค่าการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของชิ้นมะพร้าว

นำชิ้นมะพร้าวที่เตรียมมาล้างน้ำให้สะอาด ซับน้ำให้แห้งโดยวางบนกระดาษทิชชู จากนั้นนำชิ้นมะพร้าวที่ได้มาศึกษาวิธีการเตรียมชิ้นต้น ได้แก่ การต้ม การใช้สภาวะสุญญากาศ และการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะก่อนการดองน้ำออกแบบออสโมซิส เปรียบเทียบคุณภาพกับสิ่งทดลองควบคุม คือ ชิ้นมะพร้าวสด โดยมีรายละเอียดวิธีการเตรียมชิ้นต้น ดังนี้

การต้ม โดยต้มชิ้นมะพร้าวในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แปรเวลาเป็นแบบ Short Time คือ 5 และ 15 นาที และแบบ Long Time คือ 1 และ 3 ชั่วโมง กำหนดอัตราส่วนชิ้นมะพร้าวต่อน้ำที่ใช้ต้มเป็น 1 ต่อ 3 เมื่อครบเวลาที่กำหนด ตักชิ้นมะพร้าวขึ้นแล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ชิ้นมะพร้าวในน้ำเย็นอุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (ดัดแปลงจาก ทองทิพย์ นาถาดทอง, สัมภาษณ์ 10 กรกฎาคม 2551)

การใช้สภาวะสุญญากาศ โดยนำชิ้นมะพร้าว 500 กรัม บรรจุในภาชนะสำหรับเครื่องให้สภาวะสุญญากาศ แปรระดับความดัน 2 ระดับ คือ 50 และ 65 mbar แปรสภาวะการใช้สุญญากาศ 2 แบบ คือ สภาวะแห้ง (Dry, D) ไม่ใช้สารละลายออสโมติก และสภาวะเปียก (Wet, W) คือใช้สารละลายออสโมติกระหว่างการให้สภาวะสุญญากาศ แปรวิธีการใช้สุญญากาศ 2 แบบ คือ การใช้สุญญากาศแบบต่อเนื่อง (Continuous, C) นาน 20 นาที การใช้สุญญากาศแบบเป็นจังหวะ (Pulse, P) โดยใช้สภาวะสุญญากาศนาน 10 นาทีและกลับสู่สภาวะบรรยากาศนาน 10 นาทีและให้สภาวะสุญญากาศอีกครั้งนาน 10 นาที (ดัดแปลงจาก ทองทิพย์ นาถาดทอง, สัมภาษณ์ 10 กรกฎาคม 2551; Atares et al., 2009)

การใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ นำชิ้นมะพร้าววางบนแผ่นอิเล็กโทรด แล้วกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ กำหนดสภาวะของกระบวนการ ดังนี้ ความเข้มสนามไฟฟ้า 7 kV/cm ความถี่ 0.5 Hz โดยแปรเวลาแบบ Short Time คือ 20 และ 60 วินาที และแบบ Long Time คือ 5 และ 15 นาที (Ade-Omowaye, Angersbach, Eshtiaghi et al., 2001)

การหาค่าการถ่ายเทมวลสารระหว่างการดึงน้ำออกแบบออสโมซิส ทำได้โดย นำชิ้นมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นจากการทดลองข้อ 2.2 มาล้างด้วยน้ำสะอาด โดยให้น้ำไหล ผ่านชิ้นมะพร้าวเป็นเวลา 30 วินาที ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูชั่งน้ำหนักและหาความชื้น บันทึกเป็นน้ำหนักและความชื้นเริ่มต้น จากนั้นนำชิ้นมะพร้าวไปแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส เข้มข้นร้อยละ 60 (น้ำหนัก/ น้ำหนัก) กำหนดให้อัตราส่วนระหว่างชิ้นมะพร้าวกับสารละลาย ออสโมติกเป็น 1 : 5 (โดยน้ำหนัก) เทสารละลายออสโมติกลงในโหลแก้ว แล้วนำชิ้นมะพร้าว บรรจุในตะแกรงสแตนเลสแล้วแช่ในสารละลายออสโมติก เพื่อให้ชิ้นมะพร้าวจมอยู่ในสารละลาย ออสโมติกตลอดเวลา นำอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดโหลแก้ว เพื่อป้องกันฝุ่นละออง

นำชิ้นมะพร้าวที่แช่ในสารละลายออสโมติกเป็นเวลา 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำชิ้นมะพร้าวออกจากสารละลายแล้วล้างชิ้นมะพร้าว เพื่อกำจัดสารละลายส่วนเกินออก โดยให้น้ำไหลผ่านชิ้นมะพร้าวเป็นเวลา 30 วินาที วางพักบน ตะแกรงให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้วซับให้แห้งโดยวางบนกระดาษทิชชู นำ ชิ้นมะพร้าวไป ชั่งน้ำหนักและหาความชื้น บันทึกเป็นน้ำหนักและความชื้นหลังการออสโมซิส คำนวณหาค่าการ ถ่ายเทมวลสาร (Amami, Fersi, Khezami et al., 2007) ดังนี้

2.2.1 ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water Loss; WL) โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 2

$$WL \text{ (ร้อยละ)} = \frac{(W_0 M_0 - W_t M_t)}{W_0} \times 100 \quad (2)$$

2.2.2 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG) โดยมีสูตรการคำนวณดัง สมการที่ 3

$$SG \text{ (ร้อยละ)} = \frac{(W_t (100 - M_t) / 100 - W_0 (100 - M_0) / 100) \times 100}{W_0} \quad (3)$$

2.2.3 น้ำหนักที่ลดลง (Weight Reducing; WR) โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 4

$$WR \text{ (ร้อยละ)} = \frac{(W_0 - W_t)}{W_0} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ W_0 และ W_t คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลาหลังการออสโมซิส (กรัม)

M_0 และ M_t คือ ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลา หลังการออสโมซิส

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพชั้นมะพร้าวหลังการดึงน้ำออกแบบออสโมซิส

นำชั้นมะพร้าวที่ผ่านการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสนาน 8 ชั่วโมง มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1 ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงตัดขาด (ตามวิธีในข้อ 1.2)

2.3.2 ค่าสี L^* , a^* , b^* และคำนวณหาค่าดัชนีความขาว (ตามวิธีในข้อ 1.3)

2.3.3 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเซลล์ชั้นมะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยตัดชั้นมะพร้าวเป็นแผ่นบางประมาณ 1 มิลลิเมตร จากนั้นย้อมสีชั้นมะพร้าวโดยใช้สารละลายเมทิลีนบลู ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 นาน 15 วินาที ล้างสีส่วนเกินโดยใช้ในน้ำกลั่น นาน 5 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาส่องดูโครงสร้างเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (ดัดแปลงวิธีของ Mayor, Canha, & Sereno, 2007; Mayor, Pissarra, & Sereno, 2008)

2.3.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเซลล์ชั้นมะพร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยตัดชั้นมะพร้าวเป็นแผ่นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร แช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลาย Glutaraldehyde ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 น้ำหนักต่อปริมาตรและ Paraformaldehyde ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 น้ำหนักต่อปริมาตรในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่พีเอช 7.0 นาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4.0 องศาเซลเซียส ล้างตัวอย่างด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ 3 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที จากนั้นแช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลาย Osmium tetroxide ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 น้ำหนักต่อปริมาตรในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์และน้ำกลั่น แล้วแช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 80 90 95 นานครั้งละ 10 นาทีและแช่ในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 100 น้ำหนักต่อปริมาตร 3 ครั้ง นานครั้งละ 10 นาที จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้ง ณ จุดวิกฤต (CPD Dryer) นำชิ้นตัวอย่างที่ได้มาติดบนสตัป (Stub) ด้วยเทปคาร์บอน แล้วนำไปเคลือบทองในสภาวะสุญญากาศ ที่ความเข้มกระแสไฟฟ้า 40 มิลลิแอมแปร์เป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในช่วงความต่างศักย์ไฟฟ้า 5-15 กิโลโวลต์ (ดัดแปลงวิธีของ Deng & Zhao, 2008)

2.3.5 ค่าดัชนีการแตกของเยื่อหุ้มเซลล์ (Z_p) นำชั้นมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นตัดให้มีขนาดเท่ากับขนาดของแผ่นอิเล็กโทรดของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้า (Precision LCR meter 20 Hz-1MHz, 4284A, Canada) กระตุ้นชิ้นตัวอย่างด้วยไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ในช่วง 1 kHz (ความถี่ต่ำ) ถึง 1 MHz (ความถี่สูง) ด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้า นำข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้า (R) ที่ได้มาแปลงเป็นค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะ ($\sigma = L/AR$) ซึ่งสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัด (A) และความหนา (L) ของตัวอย่าง คำนวณค่า Z_p ได้ดังสมการที่ 5

$$Z_p = \frac{\left(\frac{\sigma_h^i}{\sigma_h^t} \right) \cdot \sigma_l^t - \sigma_l^i}{\sigma_h^i - \sigma_l^i} \quad (5)$$

เมื่อ σ_l^i และ σ_l^t คือ ค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างเริ่มต้นและตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการที่ช่วงความถี่ต่ำ ตามลำดับ

σ_h^i และ σ_h^t คือ ค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างเริ่มต้นและตัวอย่างที่ผ่านเตรียมขั้นตอนที่ช่วงความถี่สูง ตามลำดับ (Angersbach et al., 1999; Rastogi et al., 2000; Ade-Omowaye, Angersbach, Eshtiaghi et al., 2001)

การวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับการทดลองในข้อ 2.2-2.3 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design โดยกำหนดปัจจัยที่ศึกษาเป็น คือ วิธีการเตรียมชั้นมะพร้าว ขึ้นต้น 4 ระดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variation: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13

3. การศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่เหมาะสมในการดื่มน้ำออกจากชั้นมะพร้าวแบบออสโมซิส

3.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารของชั้นมะพร้าว

เตรียมชั้นมะพร้าวตามวิธีที่เลือกได้จากข้อ 2.2 นำมาแช่ในสารละลายออสโมติก ซึ่งเป็นสารละลายผสมของสารดูดความชื้น 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส (30-50 กรัม/ 100 กรัม) กลูโคส (0-10 กรัม/ 100 กรัม) และซอร์บิทอล (0-10 กรัม/ 100 กรัม) จัดสิ่งทดลองแบบ 2^3 Factorial จะได้ 8 สิ่งทดลอง ตามค่ารหัสและค่าจริงซึ่งแสดงดังตารางที่ 3-2 ใช้วิธีการดื่มน้ำออกจากชั้นมะพร้าวแบบออสโมซิสตามวิธีข้อ 2.2 กำหนดค่าการถ่ายเทมวลสาร ได้แก่ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (WL)

ดังสมการที่ 3 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (SG) ดังสมการที่ 4 และน้ำหนักที่ลดลง (WR) ดังสมการที่ 5

3.2 การศึกษาหาชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกต่อค่าการถ่ายเทมวลสารของชั้นมะพร้าว

เตรียมชั้นมะพร้าวตามวิธีที่เลือกได้จากข้อ 2.2 นำมาแช่ในสารละลายออสโมติก ซึ่งเป็นสารละลายผสมของสารดูดความชื้น 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส กลูโคสและซอร์บิทอลโดยจัดสิ่งทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) ได้ 18 สิ่งทดลอง ตามค่ารหัสและค่าจริงซึ่งแสดงดังตารางที่ 3-3 ใช้วิธีการดื่มน้ำออกจากชั้นมะพร้าวแบบออสโมซิสตามวิธีข้อ 2.2 กำหนดค่าการถ่ายเทมวลสารและกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (Telis et al., 2004; Andrade et al., 2007) ดังนี้

3.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ (D_{ew}) คำนวณได้จากสมการที่ 6

$$\frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n + 1)^2} \exp \left[- (2n + 1)^2 \pi^2 \cdot \frac{D_{ew} t}{L^2} \right] \quad (6)$$

3.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของตัวถูกละลาย (D_{es}) คำนวณได้สมการที่ 7

$$\frac{S_t - S_e}{S_0 - S_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n + 1)^2} \exp \left[- (2n + 1)^2 \pi^2 \cdot \frac{D_{es} t}{L^2} \right] \quad (7)$$

เมื่อ M₀, M_t และ M_e คือ ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น
ที่เวลาหลังการออสโมซิสและที่สภาวะสมดุล (กรัมของน้ำ/ 100 กรัมของน้ำหนักรีดเริ่มต้น)

S₀, S_t และ S_e คือ ปริมาณของแข็งเฉลี่ยในตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้น
ที่เวลาหลังการออสโมซิสและที่สภาวะสมดุล (กรัม/ 100 กรัมของน้ำหนักรีดเริ่มต้น)

n คือ จำนวนตัวอย่าง

t คือ เวลาในการแพร่ (วินาที)

L คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่าง (เซนติเมตร)

ตารางที่ 3-2 ชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการทดลอง
โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2³ Factorial

สิ่ง ทดลอง	ค่ารหัส			ค่าจริง		
ที่	ซูโครส	กลูโคส	ซอร์บิทอล	ซูโครส (กรัม/ 100กรัม)	กลูโคส (กรัม/ 100กรัม)	ซอร์บิทอล (กรัม/ 100กรัม)
1	-1	-1	-1	30	0	0
2	-1	-1	+1	30	0	10
3	-1	+1	-1	30	10	0
4	-1	+1	+1	30	10	10
5	+1	-1	-1	50	0	0
6	+1	-1	+1	50	0	10
7	+1	+1	-1	50	10	0
8	+1	+1	+1	50	10	10

ตารางที่ 3-3 ชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการทดลอง โดยจัดสิ่งทดลองแบบ CCD

สิ่ง ทดลอง ที่	ค่ารหัส			ค่าจริง		
	ซูโครส	กลูโคส	ซอร์บิทอล	ซูโครส	กลูโคส	ซอร์บิทอล
				(กรัม/ 100 กรัม)	(กรัม/ 100 กรัม)	(กรัม/ 100 กรัม)
1	-1	-1	-1	34	2	2
2	-1	-1	+1	34	2	8
3	-1	+1	-1	34	8	2
4	-1	+1	+1	34	8	8
5	+1	-1	-1	46	2	2
6	+1	-1	+1	46	2	8
7	+1	+1	-1	46	8	2
8	+1	+1	+1	46	8	8
9	-1.68	0	0	30	5	5
10	+1.68	0	0	50	5	5
11	0	-1.68	0	40	0	5
12	0	+1.68	0	40	10	5
13	0	0	-1.68	40	5	0
14	0	0	+1.68	40	5	10
15	0	0	0	40	5	5
16	0	0	0	40	5	5
17	0	0	0	40	5	5
18	0	0	0	40	5	5

3.3 การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติก

นำข้อมูลค่าการถ่ายเทมวลสารที่ได้ จากข้อ 3.2 มาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก ด้วยวิธีรีเกรสชันโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13 โดยมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$Y = f(X_1, X_2, X_3)$$

โดย Y คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่ลดลง

X_1 คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส (กรัม/100กรัม)

X_2 คือ ความเข้มข้นของกลูโคส (กรัม/100กรัม)

X_3 คือ ความเข้มข้นของซอร์บิทอล (กรัม/100กรัม)

พิจารณาความน่าเชื่อถือของสมการจากค่า R^2 (Coefficient of Determination) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ โดยทั่วไปควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.75 (Haaland, 1989; Hu, 1999) ค่า Model Significance ซึ่งบ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างค่า Y และ X ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงถึง ค่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Hu, 1999) และค่า RMS (Root Mean Square) ซึ่งบ่งบอกถึงค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายจากการใช้สมการ ถ้ามีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20 แสดงว่า ค่าที่ได้จากการทำนายมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงน้อย (Julian, 2004) ซึ่งคำนวณค่า RMS (Telis et al., 2004) ได้จากสูตรดังสมการที่ 8

$$RMS = 100 \sqrt{\sum (Y_{exp} - Y_{pred})^2 / N} \quad (8)$$

เมื่อ Y_{exp} คือ ค่าตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

Y_{pred} คือ ค่าตอบสนองที่ได้จากการทำนาย

N คือ จำนวนข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

นำสมการรีเกรสชันที่มีความน่าเชื่อถือมาสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองโดยใช้โปรแกรม Statistica version 5.0 เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่เหมาะสมที่สุดในการดึงน้ำออกจากชิ้นมะพร้าวแบบออสโมซิส โดยพิจารณาจากค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่ลดลง

การวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับการทดลองในข้อ 3.1 วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial Experiment in Complete Randomize Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และการทดลองในข้อ 3.2 และ 3.3 วางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variation: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13

4. การศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งชิ้นมะพร้าวหลังการคังน้ำออกแบบบอสโมซิส

นำชิ้นมะพร้าวที่ผ่านการคังน้ำออกแบบบอสโมซิสตามวิธีที่เลือกได้จากข้อ 3 มาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ควบคุมความเร็วลมที่ 1 เมตรต่อวินาที ตลอดการทดลอง แปรระดับอุณหภูมิในกระบวนการอบแห้ง 2 ระดับ คือ 65 และ 75 องศาเซลเซียส

การอบแห้งในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของชิ้นมะพร้าวให้อยู่ในช่วงของผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง ดังนั้น จึงกำหนดความชื้นสุดท้ายของชิ้นมะพร้าวในช่วงร้อยละ 12 ± 1 (ไพโรจน์ วิริยะจารีย์, 2539; ชมพู่ ยิ้มโต, 2550; Barbosa-Canovas et al., 2003) นำมะพร้าวทั้งแห้งที่ได้มาทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale จากผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยทดสอบความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม (แบบทดสอบแสดงดังภาคผนวก ข) (ไพโรจน์ วิริยะจารีย์, 2545) ทั้งนี้ เลือกวิธีการอบแห้งจากสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

การวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับการทดลองในข้อ 4 ออกแบบการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design: RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variation: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13

5. การศึกษาและทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะพร้าวทั้งแห้ง

นำผลิตภัณฑ์มะพร้าวทั้งแห้งที่เลือกจากข้อ 4 มาเก็บรักษาในถุงอูมิเนียมพอยล์บรรจุ 100 ± 5 กรัมต่อถุง ดำเนินการดังนี้

5.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะพร้าวทั้งแห้ง

นำผลิตภัณฑ์มะพร้าวทั้งแห้งมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นสถานะที่ใช้จริงในการเก็บผลิตภัณฑ์และเก็บรักษาที่สภาวะเร่งการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ประเมินการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ค่าคุณภาพที่บ่งบอกการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ทุก 7 วันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดังนี้

5.1.1 ค่าดัชนีความขาวดั่งสมการที่ 1

5.1.2 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (ตามวิธีในข้อ 1.4)

5.1.3 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น (AOAC, 1990 Method 940.28)

5.1.4 ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOAC, 1990 Method 965.33)

5.1.5 การทดสอบความเข้มด้านกลิ่นเหม็นหืนและสีน้ำตาล โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 10 คน (แบบทดสอบแสดงดังภาคผนวก ข)

5.1.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1990 Method 966.23 (C))

5.1.7 ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 1990 Method 940.37 (E))

5.2 การทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแข็ง

ทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะการเก็บจริงซึ่งเป็นอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องในช่วง 27 ± 2 องศาเซลเซียส โดยใช้สมการของ Labuza (1982) ทำนายอายุการเก็บรักษาที่สภาวะการเก็บรักษาจริงได้ดังนี้

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_1 (^{\circ}\text{C})}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_2 (t_2 + 10) (^{\circ}\text{C})} \dots\dots\dots (9)$$

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_1 (45^{\circ}\text{C})}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_2 (55^{\circ}\text{C})}$$

$$Q_{10}^{\Delta_{10}} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_r (27^{\circ}\text{C})}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_2 (55^{\circ}\text{C})} \dots\dots\dots (10)$$

เมื่อ Δ = ผลต่างของ t_r และ t_2

กำหนดเกณฑ์การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

5.2.1 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ใช้เกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2532) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว (มอก. 203-2520) กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของน้ำมันมะพร้าวในด้านค่าของกรด (Acid Value) ให้มีค่าไม่เกิน 3 mgKOH/g

5.2.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ ใช้เกณฑ์มาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของน้ำมันมะพร้าวในด้านค่าเปอร์ออกไซด์ให้มีค่าไม่เกิน 10 mEq/kg

5.2.3 คะแนนความชื้นด้านกลืนเหินเหินและสีน้ำตาล จากการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 10 คน กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีค่าคะแนนความชื้นด้านกลืนเหินเหินและสีน้ำตาลได้ไม่เกิน 7.4 ± 0.32 และ 8.93 ± 0.29 ตามลำดับ

5.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา ใช้เกณฑ์มาตรฐานของ

มาตรฐานของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2532) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้แห้ง (มอก. 919-2352) กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้งในด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ให้มีค่าไม่เกิน 1×10^4 และ $1 \times 10^2 \text{ CFU/g}$ ตามลำดับ

ดังนั้น เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าคุณภาพใดเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ถือว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียจากค่าคุณภาพนั้น ทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ แทนค่าอายุการเก็บที่อุณหภูมิ t_1 (45 องศาเซลเซียส) และ t_2 (55 องศาเซลเซียส) ในสมการที่ 9 เพื่อหาค่า Q_{10} จากนั้นนำค่า Q_{10} ที่ได้มาแทนค่าในสมการที่ 10 เพื่อหาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ t_r (27 ± 2 องศาเซลเซียส)

การวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับการทดลองในข้อ 5 ออกแบบการทดลองแบบ Complete Randomized Design: CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variation: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 13