การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งด้วยวิธีการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งโดยใช้ความร้อน

พิมพ์ใจ มณีพันธ์

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มีนาคม 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พิมพ์ใจ มณีพันธ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ดร.ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล)

..... กรรมการ
(ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)
วันที่ 19 เดือน เมษายน พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทผลิตภัณฑ์อาหารเมอริท จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบมะพร้าวที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งพี่ๆ และเพื่อนนิสิตปริญญาโทและนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการ ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม (MAG Window I) จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวรรณะ คุณแม่เพ็ญนภา มณีพันธ์ พี่และน้องที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่นุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

พิมพ์ใจ มณีพันธ์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

50911511: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร; วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
คำสำคัญ: มะพร้าว/ การดึงน้ำออกแบบออสโมซิส/ อบแห้ง/ อาหารกึ่งแห้ง

พิมพ์ใจ มณีพันธ์: การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งด้วยวิธีการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสร่วมกับการอบแห้งโดยใช้ความร้อน (DEVELOPMENT OF INTERMEDIATE MOISTURE COCONUT PRODUCT BY OSMOTIC DEHYDRATION COMBINED WITH THERMAL DRYING) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, Ph.D., พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล, Ph.D. 232 หน้า. ปี พ.ศ. 2553

จากการศึกษาผลของการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (1,000 และ 3,000 ppm) ผสมร่วมกับกรดฟอสฟอริก (500 ppm) และกรดแอสคอร์บิค (14.5%) ต่อคุณภาพของชิ้นมะพร้าวระหว่างรอการผลิต พบว่า การแช่ชิ้นมะพร้าวในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3,000 ppm กับกรดแอสคอร์บิค 14.5% สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดเป็นเวลา 5 วัน ศึกษาการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสที่ใช้สารละลายซูโครส 60% (w/w) เป็นสารละลายออสโมติกและแช่นาน 8 ชั่วโมง ทำได้โดยแปรวิธีการเตรียมขั้นต้นเป็น 3 วิธี คือ 1) การต้มในน้ำอุณหภูมิ 100 °C นาน 5 15 นาที และ 1 3 ชั่วโมง 2) การใช้สภาวะสุญญากาศที่ระดับความดัน 50 และ 65 mbar โดยการแช่และไม่แช่ชิ้นมะพร้าวในสารละลายซูโครส 60% การใช้สุญญากาศเป็นแบบต่อเนื่องนาน 20 นาที และแบบเป็นจังหวะ โดยใช้ความดันสุญญากาศเป็นเวลา 10 นาที ความดันบรรยากาศเป็นเวลา 10 นาที ความดันสุญญากาศเป็นเวลา 10 นาที แล้วดำเนินการต่อที่ความดันบรรยากาศ 3) การใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะที่ 7.0 kV/cm ,0.5 Hz นาน 20 60 วินาที 5 และ 15 นาที พบว่า การแช่ชิ้นมะพร้าวในสารละลายออสโมติกที่ใช้สภาวะสุญญากาศระดับความดัน 50 mbar แบบเป็นจังหวะ มีค่าการถ่ายเทมวลสารสูงที่สุดและชิ้นมะพร้าวหลังการออสโมซิสมีคุณภาพดี ศึกษาชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นที่ใช้ในการเตรียมสารละลายออสโมติก ได้แก่ ซูโครส กลูโคสและซอร์บิทอล พบว่า สารละลายออสโมติกที่เหมาะสม คือ สารละลายผสมของซูโครส 50 g/100 g กลูโคส 10 g/100g และซอร์บิทอล 2.61 g/100g ศึกษาการอบแห้งโดยนำชิ้นมะพร้าวหลังการออสโมซิส มาอบแห้งโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 และ 75 °C กำหนดความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 12±1% พบว่า ผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 °C ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ศึกษาคุณภาพและทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งที่พัฒนาได้ในสภาวะเร่งการเสื่อมเสีย พบว่า ดัชนีที่บ่งบอกการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้แก่ ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์และคะแนนความเข้มกลิ่นหืนและสามารถทำนายอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 27±2 °C ได้นาน 43 วัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

50911511: MAJOR: FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY; M.Sc.
(FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)
KEYWORDS: COCONUT/ OSMOTIC DEHYDRATION/ DRYING/ INTERMEDIATE MOISTURE FOOD

PIMJAI MANEEPAN: DEVELOPMENT OF INTERMEDIATE MOISTURE COCONUT PRODUCT BY OSMOTIC DEHYDRATION COMBINED WITH THERMAL DRYING. ADVISORY COMMITTEE: WICHAMANEE YUENYONGPUTTAKAL, Ph.D., PITCHAON MAISUTHISAKUL, Ph.D. 232 P. 2010

The effect of using sodium metabisulfite (1,000 and 3,000 ppm) mixed with acid solutions such as phosphoric acid (500 ppm) or ascorbic acid (14.5%) on the qualities of coconut meal during storage was studies. The results showed that the pieces of coconut meal soaked in 3,000 ppm sodium metabisulfite mixed with 14.5% ascorbic acid solution could prolong storage time for 5 days. The study of pre-treatments of osmotic dehydration in 60 % (w/w) sucrose solution for 8 h was carried out. Three methods of coconut meal pre-treatments were i) boiling at 100 °C in water for 5, 15 min and 1, 3 hour. ii) applying vacuum pressure at 50 and 65 mbar, with and without immersing in 60% sucrose solution. Applying vacuum pressure was conducted in two ways, first continuous vacuum pressure for 20 min, and second vacuum pulse by applying vacuum pressure for 10 min, atmospheric pressure for 10 min, vacuum for 10 min, then atmospheric pressure iii) pulse electric field at 7.0 kV/cm , 0.5 Hz for 20, 60 s. and 5, 15min. The results showed that the coconut meal immersed in 60% sucrose solution and applying 50 mbar with vacuum pulse had the highest mass transfer value and obtained the best qualities. Type and concentration of humectants used as osmotic agents including sucrose, glucose and sorbitol were studied. The optimum osmotic solution contained 50 g sucrose/100g, 10 g glucose/100g and 2.61 g sorbitol/100g. Air drying temperatures were conducted at 65°C and 75°C until reached a 12±1% moisture content of final product. The results showed that the intermediate moisture coconut product drying at 75 °C had the highest overall liking score. Qualities and accelerated shelf life prediction of developed intermediate moisture coconut product were determined. Free fatty acid, peroxide value and rancidity intensity score were the product deteriorate index. The predicted product shelf life was 43 days at 27±2°C.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

สารบัญ..... ค

สารบัญตาราง..... จ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

สมมติฐานของการวิจัย..... 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 5

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

มะพร้าว..... 6

การใช้สารเคมีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาวัตถุดิบ..... 11

การเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกแบบออสโมซิส..... 16

การดึงน้ำออกแบบออสโมซิส..... 30

อาหารกึ่งแห้ง..... 44

อายุการเก็บรักษาอาหาร..... 55

การวิเคราะห์รีเกรสชัน..... 58

การสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนอง..... 61

แผนการทดลองแบบ Central-Composite Design (CCD) 64

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 66

วัตถุดิบ..... 66

สารเคมี..... 66

เครื่องมือและอุปกรณ์..... 68

วิธีดำเนินการวิจัย..... 69

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	ผลการวิจัย	82
5	สรุปผลการวิจัย	133
	อภิปรายผลการวิจัย	133
	สรุปผลการวิจัย	151
รายการอ้างอิง		153
ภาคผนวก		165
	ภาคผนวก ก ข้อมูลจากการทดลอง	166
	ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	172
	ภาคผนวก ค ตัวอย่างวิธีการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่	175
	ภาคผนวก ง ตารางการวิเคราะห์ผลทางสถิติ	185

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำและเนื้อมะพร้าวจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่ ในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม	8
2-2	ปริมาณเกลือแร่ของน้ำและเนื้อมะพร้าวจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่	10
2-3	ปริมาณวิตามินของน้ำและเนื้อมะพร้าวจากมะพร้าวอ่อนและมะพร้าวแก่	11
2-4	สูตรทางเคมี ผลการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์และการละลายน้ำของสารกลุ่มซัลไฟต์	13
2-5	ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์อาหาร	13
2-6	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในอาหารกึ่งแห้งบางชนิด	46
2-7	ความสัมพันธ์ของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำสุดกับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ	49
3-1	สภาวะการเก็บรักษาชิ้นมะพร้าว	71
3-2	ชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการทดลอง โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 23 Factorial	76
3-3	ชนิดและความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการทดลองโดยจัดสิ่งทดลองแบบ CCD	77
4-1	ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ของวัตถุดิบมะพร้าว	82
4-2	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ	87
4-3	จำนวนยีสต์และราในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ	88
4-4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักที่ลดลงของมะพร้าวที่ระยะเวลาการออสโมซิส 8 ชั่วโมง	110
4-5	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำ (Dcw) และของแข็ง (Dcs) ของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการดึงน้ำออกแบบออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD	115
4-6	สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทมวลสารกับความเข้มข้นของสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่ระยะเวลาการออสโมซิสนาน 4 และ 8 ชั่วโมง	117
4-7	ชนิดและระดับความเข้มข้นสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่เลือกได้จากการซ้อนทับกราฟพื้นผิวตอบสนองสำหรับการออสโมซิสนาน 4 ชั่วโมง	123

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-8 ชนิดและระดับความเข้มข้นสารดูดความชื้นในสารละลายออสโมติกที่เลือกได้จากการซ้อนทับกราฟพื้นผิวตอบสนองสำหรับการออสโมซิสนาน 8 ชั่วโมง..... 123

4-9 ค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่ลดลงที่ได้จากการทดลองและค่าทำนายจากสมการรีเกรสชันและค่า RMS ของสิ่งทดลองที่เลือกจากการซ้อนทับกราฟพื้นผิวตอบสนอง..... 125

4-10 เวลาการออสโมซิส ชนิดสารละลายออสโมติกและอุณหภูมิการอบแห้งชิ้นมะพร้าว. 126

4-11 คะแนนการทดสอบด้านความชอบของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้ง..... 127

4-12 ค่าดัชนีความขาวของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 129

4-13 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 130

4-14 ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 130

4-15 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 130

4-16 คะแนนความเข้มด้านกลิ่นหืนจากสเกลเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตรของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 131

4-17 คะแนนความเข้มสีน้ำตาลจากสเกลเส้นตรงยาว 15 เซนติเมตรของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 131

4-18 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 131

4-19 ปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษา..... 132

4-20 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งที่ที่อุณหภูมิห้อง (27±2 องศาเซลเซียส) จากการทำนาย..... 132

ก-1 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง (ppm) ในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ..... 167

ก-2 ปริมาณกรดไขมันอิสระในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ 168

ก-3 ค่าเปอร์ออกไซด์ในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ..... 169

ก-4 ค่าดัชนีความขาวของชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ 170

ก-5 ค่าแรงตัดขาดของชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ 171

ค-1 ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่..... 184

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพที่ระยะเวลา 1 วัน..... 186

ง-2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพที่ระยะเวลา 3 วัน..... 187

ง-3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพที่ระยะเวลา 5 วัน..... 188

ง-4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพที่ระยะเวลา 7 วัน..... 189

ง-5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพที่ระยะเวลา 9 วัน..... 190

ง-6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
สารละลาย So1000..... 191

ง-7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
สารละลาย So1000+Ph..... 192

ง-8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
สารละลาย So1000+As..... 193

ง-9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
สารละลาย So3000..... 194

ง-10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
สารละลาย So3000+Ph..... 195

ง-11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
สารละลาย So3000+As..... 196

ง-12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ใน
น้ำกลั่น (Wa) 197

ง-13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่แช่ที่
อุณหภูมิตู้เย็น (Re) 198

ง-14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว
ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 1 ชั่วโมง..... 199

ง-15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว
ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 2 ชั่วโมง..... 199

ง-16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว
ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 3 ชั่วโมง..... 200

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-17 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 4 ชั่วโมง..... 200

ง-18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 5 ชั่วโมง..... 201

ง-19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 6 ชั่วโมง..... 201

ง-20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 7 ชั่วโมง..... 202

ง-21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 202

ง-22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่ผ่าน การต้มก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 203

ง-23 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้ม 5 นาทีก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 203

ง-24 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้ม 15 นาทีก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 204

ง-25 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้ม 1 ชั่วโมงก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 204

ง-26 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการต้ม 3 ชั่วโมงก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 205

ง-27 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 1 ชั่วโมง..... 205

ง-28 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 2 ชั่วโมง..... 206

ง-29 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 3 ชั่วโมง..... 206

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-30 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 4 ชั่วโมง..... 207

ง-31 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 5 ชั่วโมง..... 207

ง-32 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 6 ชั่วโมง..... 208

ง-33 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 7 ชั่วโมง..... 208

ง-34 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 209

ง-35 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่ผ่าน การใช้สุญญากาศก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 209

ง-36 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 50D ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 210

ง-37 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 50DP ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 210

ง-38 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 50DW ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 211

ง-39 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 50WP ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 211

ง-40 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 65D ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 212

ง-41 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 65DP ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 212

ง-42 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 65W ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 213

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-43 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้สุญญากาศแบบ 65WP ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 213

ง-44 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 1 ชั่วโมง..... 214

ง-45 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 2 ชั่วโมง..... 214

ง-46 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 3 ชั่วโมง..... 215

ง-47 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 4 ชั่วโมง..... 215

ง-48 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 5 ชั่วโมง..... 216

ง-49 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 6 ชั่วโมง..... 216

ง-50 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 7 ชั่วโมง..... 217

ง-51 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 217

ง-52 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่ผ่าน การใช้ PEF ก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 218

ง-53 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF 20 วินาทีก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 218

ง-54 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF 60 วินาทีก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 219

ง-55 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF 5 นาทีก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 219

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-56 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านการใช้ PEF 15 นาทีก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิส..... 220

ง-57 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 1 ชั่วโมง..... 220

ง-58 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 2 ชั่วโมง..... 221

ง-59 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 3 ชั่วโมง..... 221

ง-60 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 4 ชั่วโมง..... 222

ง-61 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 5 ชั่วโมง..... 222

ง-62 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 6 ชั่วโมง..... 223

ง-63 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 7 ชั่วโมง..... 223

ง-64 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 224

ง-65 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคุณภาพของชิ้นมะพร้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนการดึงน้ำออกวิธีออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมง..... 224

ง-66 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 1 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้น ที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 225

ง-67 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 2 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้น ที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 225

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-68 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 3 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 226

ง-69 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 4 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 226

ง-70 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 5 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 227

ง-71 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 6 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 227

ง-72 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 7 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 228

ง-73 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการถ่ายเทมวลสารของชิ้นมะพร้าว ระหว่างการออสโมซิสที่ 8 ชั่วโมงในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 228

ง-74 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความขาวและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์..... 229

ง-75 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความขาวและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์..... 229

ง-76 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความขาวและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์..... 230

ง-77 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความขาวและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์..... 230

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ง-78 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีความขาวของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ 231

ง-79 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวกึ่งแห้งระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ..... 231

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 ผลของค่าความเป็นกรดด่างต่อสมดุลของสารกลุ่มซัลไฟต์ 14
2-2 สูตรโครงสร้างของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 14
2-3 สูตรโครงสร้างของกรดฟอสฟอริก 15
2-4 สูตรโครงสร้างของกรดแอสคอร์บิก 16
2-5 เครื่องให้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ 22
2-6 ลักษณะของพัลซ์ 23
2-7 ผลกระทบของสนามไฟฟ้าต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิต 25
2-8 โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ของสิ่งมีชีวิต 26
2-9 ลักษณะรูแบบผันกลับได้และผันกลับไม่ได้ 26
2-10 การถ่ายเทมวลสารระหว่างการดึงน้ำออกแบบออสโม 32
2-11 สมดุลของน้ำและน้ำตาลระหว่างการดึงน้ำออกแบบออสโมซิส 32
2-12 แบบจำลองการดึงน้ำออกแบบออสโมซิส 33
2-13 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น 51
2-14 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลินทรีย์ที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่าง ๆ 52
2-15 แบบจำลองการประมาณค่าอายุการเก็บรักษาจากการทดสอบในสภาวะเร่ง 57
2-16 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา 58
2-17 Central composite design สำหรับ 3 ปัจจัย 65
4-1 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ 84
4-2 ปริมาณกรดไขมันอิสระในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ 84
4-3 ค่าเปอร์ออกไซด์ในชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ 85
4-4 ค่าดัชนีความขาวของชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ 85
4-5 ค่าแรงตัดขาดของชิ้นมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ 86
4-6 ปริมาณน้ำที่สูญเสียของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการต้มระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ 90
4-7 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการต้มระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ 90

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-8 น้ำหนักที่ลดลงของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการต้มระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ 91

4-10 ค่าความแน่นเนื้อของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการต้ม..... 91

4-5 ค่าแรงตัดขาดของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการต้ม..... 92

4-11 ค่าดัชนีความขาวของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการต้ม..... 92

4-12 ปริมาณน้ำที่สูญเสียของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สภาวะสุญญากาศระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ..... 94

4-13 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สภาวะสุญญากาศระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ..... 94

4-14 น้ำหนักที่ลดลงของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นด้นด้วยการใช้สภาวะสุญญากาศระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ..... 95

4-15 ค่าความแน่นเนื้อของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สภาวะสุญญากาศ..... 95

4-16 ค่าแรงตัดขาดของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สภาวะสุญญากาศ..... 96

4-17 ค่าดัชนีความขาวของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นด้นด้วยการใช้สภาวะสุญญากาศ..... 96

4-18 ปริมาณน้ำที่สูญเสียของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (PEF) ระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ..... 97

4-19 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (PEF) ระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ..... 98

4-20 น้ำหนักที่ลดลงขอมะพร้าวที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (PEF) ระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่าง ๆ..... 98

4-21 ค่าความแน่นเนื้อของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (PEF)..... 99

4-22 ค่าแรงตัดขาดของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (PEF) 99

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-23 ค่าดัชนีความขาวของมะพร้าวหลังการออสโมซิสจากการเตรียมขั้นต้นด้วยการใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบเป็นจังหวะ (PEF) 100

4-24 ปริมาณน้ำที่สูญเสียของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ..... 101

4-25 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ..... 101

4-26 น้ำหนักที่ลดลงของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นระหว่างการออสโมซิสที่เวลาต่างๆ..... 102

4-27 ค่าความแน่นเนื้อของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นหลังการออสโมซิส.... 102

4-28 ค่าแรงตัดขาดของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นหลังการออสโมซิส..... 103

4-29 ค่าดัชนีความขาวของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นหลังการออสโมซิส.... 103

4-30 เซลล์มะพร้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนและหลังการออสโมซิสจากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 60X..... 105

4-31 เซลล์มะพร้าวที่ผ่านและไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนและหลังการออสโมซิสจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 60X..... 106

4-32 ค่าการนำไฟฟ้าของมะพร้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการเตรียมขั้นต้นที่ช่วงความถี่กระแสไฟฟ้าต่าง ๆ..... 107

4-33 ปริมาณน้ำที่สูญเสียของมะพร้าวระหว่างการออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial..... 108

4-34 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าวระหว่างการออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial..... 109

4-35 น้ำหนักที่ลดลงของมะพร้าวระหว่างการออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ 2^3 Factorial..... 109

4-36 ปริมาณน้ำที่สูญเสียของมะพร้าวระหว่างการออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 112

4-37 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของมะพร้าวระหว่างการออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 113

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-38 น้ำหนักที่ลดลงของมะพร้าวระหว่างการออสโมซิสในสารละลายผสมของสารดูดความชื้นที่วางแผนการทดลองแบบ CCD..... 114

4-39 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่สูญเสียกับความเข้มข้นของกลูโคสและซอร์บิทอลเมื่อใช้ซูโครสที่ระดับ 50 กรัม/100 กรัม (+1.68) ออสโมซิสนาน 4 ชั่วโมง..... 118

4-40 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของกลูโคสและซอร์บิทอลเมื่อใช้ซูโครสที่ระดับ 50 กรัม/100 กรัม (+1.68) ออสโมซิสนาน 4 ชั่วโมง..... 119

4-41 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักที่ลดลงกับความเข้มข้นของกลูโคสและซอร์บิทอลเมื่อใช้ซูโครสที่ระดับ 50 กรัม/100 กรัม (+1.68) ออสโมซิสนาน 4 ชั่วโมง..... 119

4-42 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่สูญเสียกับความเข้มข้นของกลูโคสและซอร์บิทอลเมื่อใช้ซูโครสที่ระดับ 50 กรัม/100 กรัม (+1.68) ออสโมซิสนาน 8 ชั่วโมง..... 120

4-43 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นกับความเข้มข้นของกลูโคสและซอร์บิทอลเมื่อใช้ซูโครสที่ระดับ 50 กรัม/100 กรัม (+1.68) ออสโมซิสนาน 8 ชั่วโมง..... 120

4-44 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักที่ลดลงกับความเข้มข้นของกลูโคสและซอร์บิทอลเมื่อใช้ซูโครสที่ระดับ 50 กรัม/100 กรัม (+1.68) ออสโมซิสนาน 8 ชั่วโมง..... 121

4-45 พื้นที่การซ้อนทับกราฟพื้นผิวตอบสนองของค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย WL ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น SG และน้ำหนักที่ลดลง WR สำหรับการออสโมซิสนาน 4 ชั่วโมง และแสดงการเลือกสิ่งทดลองจำนวน 4 สิ่งทดลอง (1-4)..... 122

4-46 พื้นที่การซ้อนทับกราฟพื้นผิวตอบสนองของค่าปริมาณน้ำที่สูญเสีย WL ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น SG และน้ำหนักที่ลดลง WR สำหรับการออสโมซิสนาน 8 ชั่วโมง และแสดงการเลือกสิ่งทดลองจำนวน 8 สิ่งทดลอง (1-8)..... 122

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ค-1 การป้อนข้อมูล 177
ค-2 การเลือกเมนูในการวิเคราะห์ข้อมูล 179
ค-3 การกำหนดฟังก์ชันในการคำนวณ 180
ค-4 รูปแบบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ 181
ค-5 ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่ผิดพลาด 182
ค-6 ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ 183

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University