

ผลของน้ำตาลอินเวิร์ตต่อการทำแห้งและคุณภาพของแคนตาลูป *Cucumis melo* L. แห้ อบแห้ง

นางสาวจิราพร กอศรีบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF INVERT SUGAR ON DRYING AND QUALITY OF OSMOTICALLY
DEHYDRATED-AIR DRIED CANTALOUPE *Cucumis melo* L.

Miss Jiraporn Korsrilabut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

490590

จิราพร กอศรีลบุตร : ผลของน้ำตาลอินเวิร์ตต่อการทำแห้งและคุณภาพของแคนตาลูป *Cucumis melo* L. แชน็อมบแห้ง (EFFECTS OF INVERT SUGAR ON DRYING AND QUALITY OF OSMOTICALLY DEHYDRATED-AIR DRIED CANTALOUPE *Cucumis melo* L.) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.ดร.ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล, 151 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำตาลอินเวิร์ตต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่น้ำเชื่อมแห้งในระหว่างการเก็บรักษา งานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการแช่แคนตาลูปในสารละลายผสมช่วงการ pretreatment โดยแปรระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เป็น 5 ระดับคือ 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0% (w/v) แชน็อมบปริมาณแคลเซียมในชิ้นแคนตาลูปมีค่าค่อนข้างคงที่ พบว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในชิ้นแคนตาลูปอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมจะเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วจะคงที่ และพบอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยดังกล่าว ($p \leq 0.05$) ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งของชิ้นแคนตาลูปเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ระยะเวลาการแช่ไม่มีผลต่อค่าความแข็งของชิ้นแคนตาลูป ($p > 0.05$) และไม่พบอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยดังกล่าว ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณแคลเซียมในชิ้นแคนตาลูปควบคู่กับค่าความแข็งที่วัดได้และภาพถ่ายโครงสร้างภายในจากเครื่อง Cryo-SEM พบว่าที่ระดับแคลเซียมคลอไรด์ 1% ระยะเวลาแช่ 6 วัน เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกภาวะดังกล่าวมาใช้ในกระบวนการผลิตแคนตาลูปแช่น้ำเชื่อมแห้งในขั้นต่อไป ขั้นตอนที่สองศึกษาผลของการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตร่วมกับสารละลายซูโครสที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปในระหว่างการอบแห้ง โดยแปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตในขั้นท้ายเป็น 4 ระดับคือ 0 5 10 และ 15% (v/v) ของสารละลายออสโมติกทั้งหมด อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีอัตราการอบแห้งเร็วที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 5 10 และ 15% ตามลำดับ จากนั้นนำค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองมาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายลักษณะการอบแห้ง พบว่าสามารถใช้แบบจำลองแบบ Modified Henderson and Pabis เพื่อทำนายลักษณะการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น การทดลองได้ดี เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปทั้งสี่ชุดการทดลองในระหว่างการอบแห้ง พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ มีรูปแบบที่ไม่แตกต่างกัน โดยเมื่อปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่า water activity ลดลง ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าความเหนียวและค่าการเกิดสีน้ำตาลมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการกัศเคี้ยวและปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่างการอบแห้ง และเมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตทั้งสามชุดการทดลองมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 15% ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเหนียวติดมือ ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งที่ได้ จึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0 5 และ 10% ไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในช่วงการเก็บรักษาต่อไป เมื่อเก็บในถุงพลาสติก polypropylene ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% มีคุณภาพดีที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพน้อยกว่าและมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อีกทั้งภาพถ่ายจากเครื่อง Cryo-SEM แสดงให้เห็นว่าการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตสามารถชะลอการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่อนิสิต.....จิราพร กอศรีลบุตร.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย.....
ปีการศึกษา.....2549.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล

4772595723 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: CANTALOUPE/ INVERT SUGAR/ OSMOTICALLY DEHYDRATED-AIR DRIED

JIRAPORN KORSRILABUT : EFFECTS OF INVERT SUGAR ON DRYING AND QUALITY OF OSMOTICALLY DEHYDRATED - AIR DRIED CANTALOUPE *Cucumis melo* L.

THESIS ADVISOR : KIATTISAK DAUNGMAL, Ph.D. THESIS COADVISOR : CHALEEDA BOROMPICHAICHARTKUL, Ph.D.,151 pp.

The objectives of this study were to investigate the effects of invert sugar on drying kinetics and the quality changes of osmotically dehydrated-air dried cantaloupe during storage. This study was divided into three parts. Initially, cantaloupe slices were soaked in a mix solution containing 0.5% sodium metabisulfite, 1% citric acid and calcium chloride at different levels (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% (w/v)). Calcium content and hardness of cantaloupe slices were determined everyday until the amount of calcium was constant. Calcium chloride concentration significantly affected calcium content of cantaloupe slices ($p \leq 0.05$). The hardness of cantaloupe slices was significantly affected by calcium chloride concentration ($p \leq 0.05$) while the effect of immersion time was not significant ($p > 0.05$). The results from calcium content, hardness and microstructure under Cryo-SEM showed that the cantaloupe treated with a mix solution containing 1% calcium chloride for 6 days were the best condition for pretreatment. Further study, four levels (0, 5, 10 and 15% (v/v)) of invert sugar in the final step of osmotic dehydration were applied. The cantaloupe slices were then dried in hot-air dryer at 60°C. The result showed that cantaloupe without invert sugar had the fastest drying rate. The drying rate was lower when increasing the amount of invert sugar. The moisture ratio data were fitted to ten different mathematical models. The Modified Henderson and Pabis model was found to be the best model to predict the drying kinetic of all treatments. The quality changes during drying process of four treatments showed a similar trend. The increase in invert sugar in osmotic solution led to decrease in a_w ; whilst reducing sugar content and browning increased; the pattern of changes in hardness, cutting work and sulfurdioxide content were not different during drying. The result from sensory analysis showed that the product containing 10 and 15% invert sugar were most acceptable. However, the final product containing 15% invert sugar was sticky. Therefore in the further study, cantaloupe containing 0, 5 and 10%, being kept in PP bag at room temperature (30°C), were selected for quality study during storage. Among all treatments, the product containing 10% invert sugar showed the best quality after 24 week storage, only small changes in physical qualities were found. The microstructure under Cryo-SEM showed that the use of invert sugar in osmotic solution can retard the sucrose crystal formation on the surface of osmotically dehydrated-air dried cantaloupe over 24 weeks storage period.

Department.....Food Technology..... Student's signature..... *Jiraporn Korsrilabut*
Field of study....Food Technology..... Advisor's signature..... *Kiattisak Daungmal*
Academic year.....2006..... Co-Advisor's signature..... *Chaleeda Borompichaichartkul*

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ แนวความคิดหลักในการทำงาน และเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.นินนาท ชินประห์ษ์รัฐ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช และ รศ.ดร.ศักดิ์กมล เทพหัสติน ณ อยุธยา ที่ร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และได้สละเวลาที่แนะนำแนวทาง ให้คำแนะนำ และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับกำลังใจ ความช่วยเหลือ และน้ำใจที่มีให้ และขอบคุณพี่ๆ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ สำหรับการอำนวยความสะดวกในการวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณตา คุณยาย สำหรับความรัก ความเอาใจใส่ กำลังใจ และช่วยสนับสนุนเงินทุนตลอดการศึกษา และขอบใจน้องชายและน้องสาวที่แสนดีที่อยู่ช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์ และอยู่เป็นเพื่อนทุกคืน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 แคนตาลูป.....	3
2.2 การทำแห้งผลไม้โดยการออสโมซิส.....	5
2.3 การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง.....	16
2.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....	20
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย.....	23
3.1 วัตถุประสงค์.....	23
3.2 สารเคมี.....	23
3.3 อุปกรณ์.....	24
3.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	25
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	31
4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแคนตาลูป.....	31
4.2 ศึกษาการซึมเข้าของแคลเซียมคลอไรด์สู่น้ำเนื้อแคนตาลูปในช่วงการ pretreatment ก่อนเข้าสู่กระบวนการออสโมซิส.....	32
4.3 ศึกษาอิทธิพลของการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตร่วมกับน้ำตาลซูโครสที่มีต่อเวลาในการอบแห้ง.....	38

4.4 ศึกษาอิทธิพลของการใช้น้ำตาลอินเวิร์ตร่วมกับน้ำตาลซูโครสที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้ง.....	54
4.5 ศึกษาปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา.....	68
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	95
รายการอ้างอิง.....	97
ภาคผนวก.....	105
ภาคผนวก ก.....	106
ภาคผนวก ข.....	121
ภาคผนวก ค.....	137
ภาคผนวก ง.....	146
ภาคผนวก จ.....	148
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	151

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของแคนตาลูป.....	4
2.2 คุณค่าทางโภชนาการของแคนตาลูป.....	5
2.3 ค่า a_w ของสารละลาย Humectants ต่าง ๆ ในอาหาร.....	19
4.1 องค์ประกอบ สมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแคนตาลูป.....	31
4.2 ผลของเคลือบเคลือบและระยะเวลาการแช่ต่อปริมาณเคลือบที่ซึมเข้าใน ชั้นแคนตาลูป.....	33
4.3 ผลของเคลือบเคลือบและระยะเวลาการแช่ต่อค่าความแข็งของแคนตาลูปในช่วง การ pretreatment ที่ระยะเวลาการแช่ต่าง ๆ.....	35
4.4 ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่ใช้ในการออสโมซิสทั้งสี่ชุดการทดลอง.....	38
4.5 ค่าคงที่ k (อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ผ่าน การออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ	44
4.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการอบแห้งผลไม้.....	45
4.7 ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองแบบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาล อินเวิร์ต.....	47
4.8 ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองแบบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาล อินเวิร์ต 5%.....	48
4.9 ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองแบบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาล อินเวิร์ต 10%.....	49
4.10 ค่าสัมประสิทธิ์จากแบบจำลองแบบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาล อินเวิร์ต 15%.....	50
4.11 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการ ออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ...	65
4.12 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	69
4.13 ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	70
4.14 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	71

ตารางที่	หน้า
4.15 ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	72
4.16 ค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	72
4.17 ค่าการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	76
4.18 ค่าการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	77
4.19 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	79
4.20 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ทางด้านการยอมรับด้านสีตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์.....	81
4.21 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ทางด้านการยอมรับการเกิดสีน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์.....	82
4.22 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ทางด้านการยอมรับความคงรูปของผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์	83
4.23 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ทางด้านการยอมรับการเกิดผลึกน้ำตาลบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการ เก็บ 24 สัปดาห์.....	84
4.24 คะแนนประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง ทางด้านการยอมรับโดยรวมด้านลักษณะปรากฏตลอดระยะเวลาการเก็บ 24 สัปดาห์.....	85
ก.1 ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต (mg/100ml) ของสารละลายซูโครส.....	116
ข.1 ปริมาณความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งและปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปทั้งสี่ชุดการทดลอง.....	121
ข.2 ค่า water loss และค่า solid gain ของแคนตาลูปที่ภาวะการแช่ต่าง ๆ หลังจาก อบสโมคซิส.....	121
ข.3 น้ำหนักของผลิตภัณฑ์และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาล อินเวิร์ต ณ เวลาต่าง ๆ ในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	122

ตารางที่	หน้า
ข.4	124
ข.5	126
ข.6	128
ข.7	130
ข.8	130
ข.9	131
ข.10	131
ข.11	132
ข.12	132
ข.13	133
ข.14	133
ข.15	134
ข.16	134
ข.17	135

ตารางที่	หน้า
ข.18 ค่าสีของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	136
ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้าชั้นแคนตาลูปเมื่อแปร ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาการแช่จนปริมาณแคลเซียม ที่ซึมเข้าคงที่.....	137
ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งของชั้นแคนตาลูปเมื่อแปรระดับความ เข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์และระยะเวลาการแช่จนปริมาณแคลเซียมที่ซึมเข้า คงที่.....	137
ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อบแห้งเมื่อแปรปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ต 0 5 10 และ 15% ในช่วง ท้ายของการอบสโมคซิส (อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส).....	137
ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบ อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์.....	138
ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบ อบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	138
ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งใน แต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์.....	139
ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อบแห้งใน แต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	139
ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสใน แต่ละด้านในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์.....	140
ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสใน แต่ละด้านที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	141
ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสใน แต่ละด้านที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 5% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	141

ตารางที่	หน้า
ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในแต่ละด้านที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	141
ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์.....	142
ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	142
ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์.....	143
ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองในช่วงการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	143
ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในแต่ละชุดการทดลองที่ช่วงเวลาเดียวกันตลอดการเก็บ 24 สัปดาห์.....	144
ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 0% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	145
ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 5% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	145
ค.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	145

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การถ่ายโอนมวลสารระหว่างการอบสโมซิท.....	6
2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและปริมาณน้ำตาลในชิ้นผลไม้ในระหว่างการอบสโมซิท...	6
2.3 กราฟอัตราการอบแห้งภายใต้ภาวะการอบแห้งที่คงที่.....	13
2.4 โครงสร้าง Egg-box model.....	17
2.5 ไฮโดรไลซิสของน้ำตาลซูโครสด้วยกรดและความร้อนเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต.....	18
2.6 อัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมี.....	21
3.1 ขั้นตอนการผลิตแคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้ง.....	27
4.1 ผลของการแช่เคลือบคอลโรด์ต่อการซึมเข้าของปริมาณเคลือบในชิ้นแคนตาลูป..	34
4.2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Cryo-SEM) ของแคนตาลูปที่แช่ในสารละลายเคลือบคอลโรด์ที่แปรระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ระยะเวลาการแช่ 6 วัน.....	37
4.3 กราฟการอบแห้ง (อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ผ่านการอบสโมซิทในสารละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ.....	40
4.4 กราฟ Moisture ratio (อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ผ่านการอบสโมซิทในสารละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ.....	41
4.5 กราฟอัตราการอบแห้ง (อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ผ่านการอบสโมซิทในสารละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ.....	43
4.6 กราฟ Moisture ratio (อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ผ่านการอบสโมซิทในสารละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Modified Henderson and Pabis [$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$].....	51
4.7 ภาพตัดขวางจากเครื่อง Image analyzer แสดงบริเวณส่วนด้านนอก (ก,ค,จ,ช : กำลัง ขยาย 2 เท่า) และส่วนด้านใน (ข,ง,ฉ,ช : กำลังขยาย 6 เท่า) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา.....	53

รูปที่	หน้า
4.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	56
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	57
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่า a_w ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่แปรปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตระดับต่าง ๆ อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส.....	58
4.11 การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	59
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	59
4.13 การเปลี่ยนแปลงค่างานที่ใช้ในการตัดของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	60
4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	61
4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	61
4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	62
4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	63
4.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	64
4.19 ความสัมพันธ์ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการออกซิเดชันในสารละลายละลายน้ำตาลที่แปรอัตราส่วนของน้ำตาลอินเวิร์ตที่ระดับต่าง ๆ.....	67
4.20 ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	74
4.21 ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	75

รูปที่	หน้า
4.22 ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงการเก็บรักษา 24 สัปดาห์.....	75
4.23 ความสัมพันธ์ของคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งที่ช่วงการเก็บรักษาต่าง ๆ.....	87
4.24 ภาพตัดขวางจากเครื่อง Image analyzer แสดงบริเวณส่วนด้านนอก (ก,ค,จ : กำลังขยาย 2 เท่า) และส่วนด้านใน (ข,ง,ฉ : กำลังขยาย 6 เท่า) ของผลิตภัณฑ์ แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	88
4.25 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษา (0 สัปดาห์).....	89
4.26 ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	90
4.27 บริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	91
4.28 ภาพถ่ายจากเครื่อง Image analyzer แสดงบริเวณผิวหน้าของผลิตภัณฑ์แคนตาลูป แช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ (กำลังขยาย 1 เท่า).....	92
4.29 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Cryo-SEM) บริเวณขอบและผิวหน้าของ ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งในช่วงต้นของการเก็บรักษา (0 สัปดาห์).....	93
4.30 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Cryo-SEM) บริเวณขอบและผิวหน้าของ ผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่อิ่มอบแห้งหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์.....	94
ก.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์.....	108
ก.2 กราฟจากเครื่อง Texture analyzer.....	112
ก.3 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม.....	114
ก.4 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	119
จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า In MR กับเวลาในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ อิมอบแห้งที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต.....	148
จ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า In MR กับเวลาในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ อิมอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 5%.....	148
จ.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า In MR กับเวลาในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ อิมอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 10%.....	149
จ.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า In MR กับเวลาในการอบแห้งของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปแช่ อิมอบแห้งที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ต 15%.....	149

รูปที่	หน้า
จ.5 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Cryo-SEM) ของผลิตภัณฑ์แคนตาลูปที่ไม่ได้ผ่านการแช่ (ก.) และผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% (ข.) เมื่อนำไปให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที.....	150