

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดึงน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

OSMOTIC DEHYDRATION OF CANTALOUPE



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2546

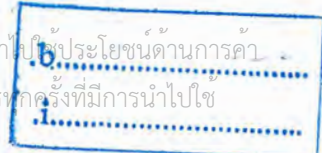
เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 58560

วันที่ขึ้นปี..... 25 ธ.ค. 2549

รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การดื่มน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก



พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดื่มน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

นางสาวเพชรภาวี รักตะสุวรรณ

นายเสวต ทำดีสม

นายอมรเทพ วัฒนา

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัป (45-55 องศาบริกซ์), ปริมาณกรดซิตริก (0-1 % น้ำหนักโดยปริมาตร), อุณหภูมิ (25-60 องศาเซลเซียส) และเวลาแช่ (2-8 ชั่วโมง) ในการดื่มน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก การเติมกรดซิตริก 1 เปอร์เซ็นต์ในสารละลายออสโมติกทำให้ค่า ปริมาณน้ำสูญเสีย (Water Loss, WL) และ ปริมาณของแข็งเพิ่ม (Solid Gain, SG) มีค่าสูงขึ้น และช่วยลดเวลาสมดุลของการดื่มน้ำออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การมีอิทธิพลรวมของความเข้มข้นซูโครสไซรัปและอุณหภูมิต่อค่า WL และ SG พบว่ามีค่า WL สูงสุดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสและความเข้มข้นซูโครสไซรัป 55 องศาบริกซ์ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายออสโมติกจะทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพสีและเปอร์เซ็นต์การหดตัวของแคนตาลูปหลังการแช่

OSMOTIC DEHYDRATION OF CANTALOOPE

Miss Petchpawee Ruktasuwan

Mr.Sawet Tadeesom

Mr.Amontep Wuttana

AssProfDr.Pimpen Pornchloempong Advisor

2003

Abstract

This research was to study effect of sucrose syrup concentration (45-65 °Brix), citric acid (0-1% wt. by volume), temperature (25-60 °C) and soaking time (2-8 hours) on osmotic dehydration (OD) of cantaloupe. Adding 1 % of citric acid in osmotic solution (OS) increased Water Loss (WL) and Solid Gain (SG) and decreased equilibrium OD time significantly ($p \leq 0.05$). Interaction effects of sucrose syrup concentration and temperature on WL and SG were found. Maximum WL was found for OS temperature of 45 °C and sucrose concentration of 55 °Brix. However, increasing OS temperature had a negative effect on color and shrinkage of cantaloupe after soaking.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	ก-ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูปภาพ	ง
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับแคนคาบูล	2
2.2 หลักการคั่งน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก	4
2.3 ชนิดของการทำแห้งแบบออสโมติก	8
2.4 ข้อดีของการคั่งน้ำออกแบบออสโมติก	10
2.5 การเตรียมวัตถุดิบก่อนผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีออสโมติก	10
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการคั่งน้ำออกแบบออสโมติก	11
2.7 ข้อพิจารณาในการเลือกสภาวะของการคั่งน้ำออกแบบออสโมติก	12
2.8 ชนิดของสารที่ใช้แช่ก่อนผ่านกระบวนการคั่งน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก	14
2.9 การตรวจสอบคุณภาพของอาหารที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีออสโมติก	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	18
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	18
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการและวิธีการทดลอง	19
3.4 การตรวจสอบคุณภาพแคนคาบูล	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	
ตอนที่ 1 การหาเวลาสมดุลในการถ่ายเทมวลสารของจีนแคนตาลูปใน การคั่งน้ำออกแบบออสโมติก	
4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งในจีน แคนตาลูปหลังการแช่ที่เวลาต่างๆ	24
ตอนที่ 2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัป อุณหภูมิ และปริมาณกรดซิตริกต่ออัตราการออสโมซิสของจีนแคนตาลูป ในการคั่งน้ำออกแบบออสโมติก	
4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งของจีน แคนตาลูปหลังการแช่	26
4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของจีนแคนตาลูปหลังการแช่	30
4.4 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การหดตัวของจีนแคนตาลูป ภายหลังการแช่	32
4.5 การเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของค่าสีของจีนแคนตาลูป ภายหลังแช่ซูโครสไซรัป	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	35
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การปรับความเข้มข้นของซูโครสไซรัปด้วยวิธี ของ Pearson Square	37
ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผลการทดลองรวม	
ภาคผนวก ค. ตารางวิเคราะห์ปัจจัยในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วย วิธี ANOVA	47
ภาคผนวก ง. แสดงรูปการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง	52
กิจกรรมประกาศ	55
เอกสารอ้างอิง	56

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง		
ตารางที่ 2.1	แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแคนตาลูปหนัก 100 กรัม	3
ตารางที่ 3.1	แสดงรูปแบบการทดลอง	21
ตารางที่ 4.1	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแคนตาลูปหลังแช่ ซูโครสไซรัป	26
ตารางที่ 4.2	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลการหาคั่วของชิ้นแคนตาลูป หลังแช่ซูโครสไซรัป	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่		
รูปที่ 2.1	การถ่ายเทมวลสารระหว่างมวลสารภายในเซลล์อาหารและสารละลายออสโมติก	4
รูปที่ 2.2	โมเดลของกระบวนการออสโมซิส	5
รูปที่ 2.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและน้ำตาลระหว่างการดึงน้ำออกจากผลไม้แบบออสโมติก	7
รูปที่ 2.4	การเปลี่ยนแปลง Water Activity (a_w) ของอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์	17
รูปที่ 3.1	แสดงขั้นตอนการทดลองการดึงน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก	19
รูปที่ 3.2	การหาปริมาณของซึ้นตัวอย่างโดยการแทนที่ของเหลว	23
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงค่า WL และ SG ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปเข้มข้น 65 o Brix ที่อุณหภูมิห้อง และเวลาต่าง ๆ	24
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงค่า WL และ SG ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่ปริมาณกรดซิตริกต่าง ๆ	27
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงค่า WL และ SG ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่อุณหภูมิและปริมาณกรดซิตริกต่าง ๆ	28
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงค่า WL และ SG ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยความเข้มข้นซูโครสไซรัปที่อุณหภูมิต่าง ๆ	29
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงค่า a_w ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปความเข้มข้นต่าง ๆ	31
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงค่า a_w ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่อุณหภูมิต่าง ๆ	31
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงความแตกต่างของค่า ΔE^* ของซึ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่อุณหภูมิต่าง ๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

แคนตาลูปเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย และยังมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ นอกจากแคนตาลูปสามารถบริโภคผลสด ยังเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากเป็นผลไม้ที่ให้ผลตอบแทนกำไรต่อไร่สูงเมื่อเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ จึงมีมูลค่าทางเศรษฐกิจหลายล้านบาทต่อปี

เกษตรกรไทยนิยมปลูกแคนตาลูปในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม และเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้มีผลผลิตสู่ท้องตลาดมาก จึงเกิดปัญหาการแข่งขันในด้านการตลาด การขนส่ง ผลผลิตที่มีคุณภาพจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ผลผลิตที่ด้อยคุณภาพจึงไม่เป็นที่ต้องการของท้องตลาด นับเป็นปัญหาที่สำคัญด้านการตลาดของเกษตรกรผู้ผลิต

การคั้นน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติกจึงเป็นจุดเริ่มในงานวิจัยนี้เพื่อกำหนดสถานะที่เหมาะสมในการคั้นน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยหลักการออสโมติก เพื่อเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรที่สนใจ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถประหยัดพลังงานเพราะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพทางประสาทสัมผัส กลิ่น สี และรสชาติ เป็นการถนอมอาหารให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น สามารถเก็บไว้บริโภคเองหรือจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบ เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติเพื่อประกอบเป็นรายได้เสริม ลดปัญหาทางด้านการตลาดในช่วงผลผลิตล้นตลาด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครส ไซรัป ปริมาณกรดซิตริก อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ และเวลาที่ใช้ในการแช่ ที่มีผลต่อการคั้นน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ใช้แคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อกำหนดสถานะที่เหมาะสมในการคั้นน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก
2. เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษา การแปรรูปด้วยการคั้นน้ำออกโดยวิธีออสโมติกกับผักผลไม้ชนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับแคนตาลูป

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

แคนตาลูปเป็นผลไม้ล้มลุกที่ปลูกกันในช่วงปลายฤดูฝน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน แห้งปลูกที่มีชื่อเสียง ได้แก่ อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย เพชรบุรี ปราจีนบุรีและประจวบคีรีขันธ์ แคนตาลูปสามารถปลูกได้ในดินปนทราย ดินร่วน ตลอดจนดินค่อนข้างเหนียว สภาพดินเป็นกลาง ระบายน้ำได้ดี แคนตาลูปจะมีคุณภาพดีในการปลูกช่วงเดือนธันวาคม ซึ่งมีโรคและแมลงรบกวนน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของแคนตาลูป ถูกจำแนกไว้ในตระกูลเดียวกับแตงโมและแตงกวา เป็นพืชตระกูลแตง (Family : Cucurbitaceae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* *Lim. var reticularis* Naudin. *Var. rindorus* Naudin. (คำนึ่ง, 2543) แคนตาลูปเป็นแตงที่มีแหล่งกำเนิดในอินเดีย ชื่อดั้งเดิมไม่ปรากฏ ต่อมาได้นำเข้าปลูกในยุโรปที่เมืองแคนตาลูโป้ (Cantalupo) ซึ่งอยู่ใกล้กรุงโรม ประเทศอิตาลี จึงถูกเรียกว่า “แคนตาลูป” (Cantaloupe) ตั้งแต่นั้นมา แตงที่อยู่ในตระกูลเดียวกับแคนตาลูปมี 4 ชนิด ได้แก่

- แคนตาลูป ผลค่อนข้างใหญ่ ผลหนึ่งๆหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม เปลือกหนาแข็ง
- มันส์เมล่อน ผลกลม เล็กกว่าแคนตาลูป เปลือกมักมีตาข่ายสานกัน เนื้อสีส้ม
- ฮันนี่ดีว ผลเล็กกว่าแคนตาลูป ผิวเรียบ ไม่มีตาข่าย กลิ่นหอมมาก เนื้อสีขาวขำง หรือเขียวอ่อน
- แตงไทย ผลมีลักษณะยาว เปลือกบางกว่า เนื้อและกว่าแคนตาลูป เนื้อแตงมีสีเขียว สีขาว

แคนตาลูปสามารถปรับสภาพให้เข้ากับแหล่งเพราะปลูกได้ดี จึงมีแหล่งเพราะปลูกกระจายไปทั่วโลก ตั้งแต่ ประเทศสหรัฐอเมริกา อเมริกาใต้ และบางประเทศในอเมริกากลาง ในทวีปเอเชียนอกจากจะปลูกที่ประเทศอินเดียซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดดั้งเดิมแล้ว ยังมีปลูกในญี่ปุ่นและไต้หวัน แคนตาลูปเป็นพืชที่มีลักษณะเป็นเถาเลื้อย ใบคล้ายใบพิททอง ฐานใบเว้า การออกดอกเป็นได้ทั้งแบบมีดอกตัวผู้และดอกสมบูรณ์เพศอยู่บนต้นเดียวกัน และแบบมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน เปลือกแข็ง ผิวหยาบ ผลมีสีเขียวหรือสีน้ำตาลคล้ำ มีร่องลึกรอบ ๆ ผล เปลือกมีสายคล้ายร่างแหหรือตาข่ายสีขาวหรือสีฟางคลุมตลอดทั้งผล เนื้อในชุ่มจ่ำมีสีส้มหรือสีจ้ำปา มีกลิ่นหอม และรสหวาน (คำนึ่ง, 2543)

2.1.2 แคนตาลูปมีหลายพันธุ์ ที่นิยมปลูก ได้แก่

- 1) ชั้นเลดี้ ปลูกง่าย ติดผลมาก ผลกลมรูปไข่ หนักประมาณ 1 กิโลกรัม เปลือกสีเขียวครีม
- เกลี้ยง เนื้อหนามีสีส้ม รสหวานจัด มีกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เจดิว ผลคก ด้านทานต่อโรคราและไวรัส ผลเกือบกลมค่อนข้างใหญ่ หนักประมาณ 1.3 กิโลกรัม ผิวเรียบสีเขียวอมเหลืองและมีลายเส้นเล็กน้อย เนื้อสีเขียว หนา หวาน มีน้ำมาก

3) สกาย รอคเก็ต แข็งแรง ด้านทานต่อโรคแป้งและราน้ำค้าง เหมาะที่จะปลูกกลางแจ้ง ให้ผลคก เป็นพันธุ์หนักปานกลาง ผลทรงกลมสีเขียวมีลายร่างแห หนักประมาณ 1 กิโลกรัม เนื้อสีเขียวมีน้ำหนักรวมและรสหวาน

4) ฮันนี่ เวลด์ เป็นแตงพันธุ์เบา รูปทรงเหมือนลูกโลก ผิวเกลี้ยงและสีเขียวครีม เนื้อสีเขียวอ่อน นุ่ม และหวาน หนักประมาณ 1.7 กิโลกรัม เก็บไว้ได้นาน และเหมาะที่จะขนส่งทางไกล

5) นิว เซนทอรี่ ต้นแข็งแรงและให้ผลคก ด้านทานต่อโรค ผลกลมยาว ผิวสีเขียวอมเขียวอ่อน ๆ หนักประมาณ 1.5 กิโลกรัม เนื้อหนา สีส้มอ่อน ระดับน้ำตาลประมาณ 14 บริกซ์ เนื้อนุ่ม กรอบ รสอร่อยมาก(ค่านิ่ง,2543)

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของแคนตาลูป

คุณค่าทางโภชนาการของแคนตาลูปหนัก 100 กรัม มีรายละเอียดในตารางที่ 2.1 ดังนี้

องค์ประกอบ	หน่วย
พลังงาน (energy)	30 แคลอรี (calories)
ไขมัน (fat)	0.1 กรัม (gm.)
คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)	7.5 กรัม (gm.)
โปรตีน (protein)	0.7 กรัม (gm.)
แคลเซียม (calcium)	14 มิลลิกรัม (mg.)
ฟอสฟอรัส (phosphorus)	16 มิลลิกรัม (mg.)
เหล็ก (iron)	0.4 มิลลิกรัม (mg.)
ไนอะซิน (niacin)	0.6 มิลลิกรัม (mg.)
วิตามินบี 1 (vitamin B1)	0.04 มิลลิกรัม (mg.)
วิตามินบี 2 (vitamin B2)	0.03 มิลลิกรัม (mg.)
วิตามินซี (vitamin C)	3 มิลลิกรัม (mg.)

ที่มา : <http://www.Klangplaza.com>

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแคนตาลูปหนัก 100 กรัม

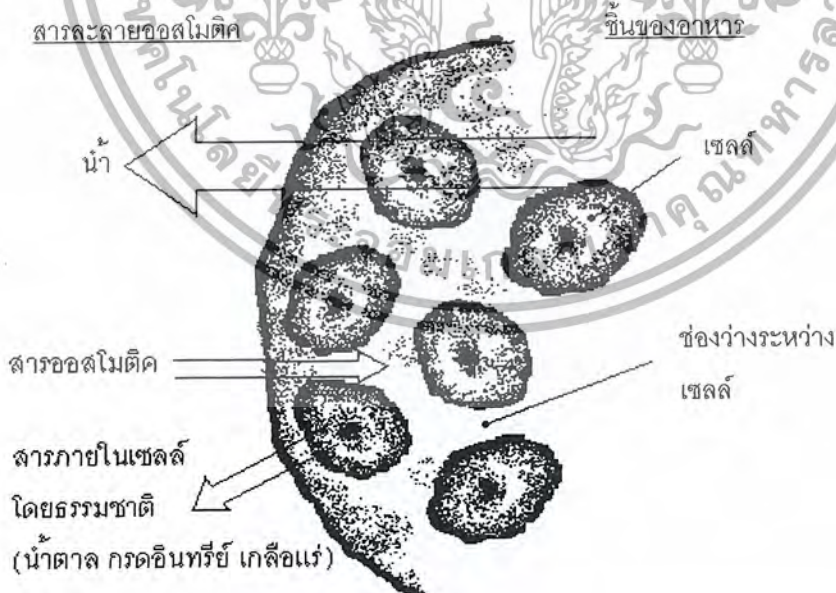
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก (Osmotic Dehydration)

การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก คือวิธีการที่ใช้ในการถนอมอาหารวิธีหนึ่งโดยอาศัยหลักของการออสโมซิส หมายถึง การกำจัดน้ำออกจากอาหาร โดยการแช่ในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงหรือมีค่า a_w (water activity) ต่ำกว่าอาหาร สารที่นำมาใช้ทำสารละลายนี้เรียกว่า สารออสโมติก (osmotic agent) อาทิเช่น น้ำตาล เกลือ sorbitol glycerol เป็นต้น

สารออสโมติก คือสารที่ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างชั้นของอาหารและสารละลายออสโมติก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงขับ (driving force) เป็นแรงที่นำไปใช้ในการถ่ายเทมวลสารในกระบวนการออสโมซิส สามารถอธิบายได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) น้ำจะซึมออกจากเซลล์อาหาร โดยผ่านผนังเซลล์ซึ่งทำหน้าที่เป็น semipermeable membrane ผู้สารละลายออสโมติก
- 2) สารออสโมติก (osmotic agent) เช่น น้ำตาลจะซึมจากละลายออสโมติกสู่ภายในเซลล์ของอาหาร
- 3) สารบางอย่างซึ่งมีอยู่ภายในเซลล์โดยธรรมชาติ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ เกลือแร่ จะซึมผ่านออกนอกผนังเซลล์ของอาหารสู่สารละลายออสโมติก
- 4) กระบวนการทั้งหมดนี้จะดำเนินไปจนกระทั่งเกิดความสมดุลระหว่างแรงดันออสโมติสในชั้นอาหารและสารละลายออสโมติก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1

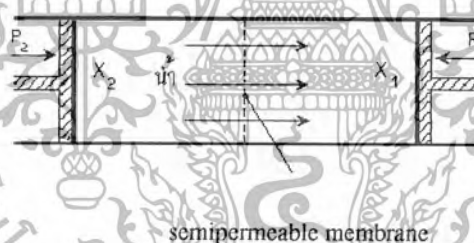


รูปที่ 2.1 การถ่ายเทมวลสารระหว่างมวลสารภายในเซลล์อาหารและสารละลายออสโมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการถ่ายเทมวลสารของกระบวนการออสโมซิส โมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีความเข้มข้นต่ำในเซลล์อาหารจะเป็น โมเลกุลที่มีพลังงานอิสระสูงกว่า โมเลกุลของน้ำในสารละลายออสโมติก ในขณะที่โมเลกุลของตัวถูกละลายในสารละลายออสโมติกก็มีพลังงานอิสระสูงกว่า โมเลกุลของตัวถูกละลายจากสารละลายเจือจางในเซลล์อาหารเช่นกัน โมเลกุลที่มีพลังงานอิสระสูงทั้งสองโมเลกุลนี้จะเกิดความไม่เสถียรภายในตัว จึงเปลี่ยนแปลงไปเป็นโมเลกุลที่มีความเสถียร โดยการพยายามลดพลังงานภายในให้ต่ำลง ทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันระหว่างเซลล์ของอาหารและสารละลายออสโมติก เรียกแรงดันนี้ว่า แรงดันออสโมซิส (osmosis pressure) ซึ่งเป็นแรงดันที่ทำให้เกิดแรงขับ (driving force) ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วในข้างต้น ทั้งนี้เพื่อที่จะกำจัดพลังงานอิสระทั้งหมดในกระบวนการนั่นเอง ซึ่งถ้าหากแรงดันออสโมซิสที่เกิดขึ้นนี้มีค่ามากจะทำให้อัตราการออสโมซิสสูงขึ้นด้วย

โดยกระบวนการออสโมซิส เป็นกระบวนการที่สามารถเกิดขึ้นเองได้ในธรรมชาติ เช่น กระบวนการออสโมซิสในพืช น้ำในดินจะซึมผ่านเยื่อผนังเซลล์รากของพืชเพื่อหล่อเลี้ยงลำต้นและใบ เป็นต้น แต่เมื่อใดที่แรงดันในสารละลายออสโมติกมีค่ามากกว่าแรงดันออสโมซิส โมเลกุลของน้ำก็จะไหลไปในทิศทางตรงกันข้ามเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส (reverse osmosis) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถเกิดขึ้นเองได้ในธรรมชาติ นั่นคือต้องเพิ่มแรงดันจาก



รูปที่ 2.2 โมเดลของกระบวนการออสโมซิส (อ่อนรวี, 2533)

หมายเหตุ : สัญลักษณ์

X_1 คือ สายละลายที่ 1

X_2 คือ สายละลายที่ 2

P_1 คือ partial pressure ของน้ำในสารละลาย X_1

P_2 คือ partial pressure ของน้ำในสารละลาย X_2

P คือ แรงดันที่จะต้องใช้ดันสารละลาย X_1 เพื่อให้เกิดสถานะสมดุลระหว่างแรงดันของสารละลายทั้งสอง

ภายนอกช่วยเสริมให้แก่สารละลายออสโมติก และแรงดันนั้นจะต้องเพิ่มมากกว่าเพื่อเอาชนะแรงดันออสโมซิส ซึ่งกระบวนการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารได้เช่นกัน อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์น้ำดื่ม RO ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้นซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 โมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนตัวจากบริเวณที่มี partial pressure สูงไปสู่บริเวณที่มีค่าต่ำกว่า ซึ่งสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำจะมี partial pressure ของน้ำสูง และถ้าให้ X_1 เป็นสารละลายความเข้มข้นสูง และ X_2 เป็นสารละลายความเข้มข้นต่ำ นั่นคือน้ำจะเคลื่อนตัวจากสารละลายที่ 2 ไปสู่สารละลายที่ 1 ซึ่งมี partial pressure ต่ำกว่านั่นเอง โดยเคลื่อนตัวผ่าน semipermeable membrane ดังรูป แรงดัน ρ (atm) เป็นแรงดันที่จะต้องใช้ดันสารละลายที่ 1 เพื่อให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างแรงดันของสารละลายทั้งสอง นั่นคือไม่เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างกัน โดยแรงดัน ρ มีค่าเป็นไปตามสมการ ดังนี้

$$\rho = \frac{RT}{V} \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} \text{ (atm)} \quad (2.1)$$

R = gas constant ($82.0 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm} \cdot \text{K} \cdot \text{mole}^{-1}$)

T = absolute pressure (K)

V = partial molar volume ของน้ำ ($\text{cm}^3 \cdot \text{mole}^{-1}$)

P_1 = partial pressure ของน้ำในสารละลายที่ 1 (atm)

P_2 = partial pressure ของน้ำในสารละลายที่ 2 (atm)

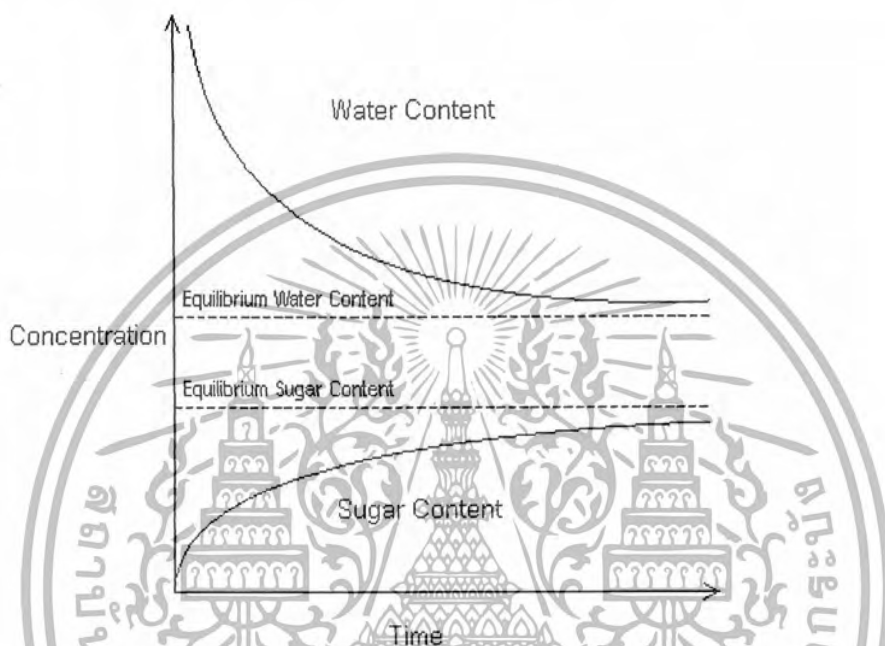
ค่า ρ นี้อาจเรียกว่า diffusion pressure deficit หรือ suction force เมื่อ ρ มีค่าเป็นบวก แสดงว่าต้องใช้แรงดันในด้านที่มีสารละลายที่ 1 ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่าต้องใช้ในด้านตรงข้าม คือในสารละลายที่ 2 (อ่อนรวิ, 2533)

สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาคั่งน้ำออกแบบออสโมติกนั้นมักเป็นอาหารประเภทที่เสื่อมเสียได้ง่าย(perishable) เช่น ผัก ผลไม้ ที่มีน้ำ แฉ่ง น้ำตาลและสารอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบภายในค่อนข้างสูงซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ในกระบวนการทำแห้งสารต่าง ๆ เหล่านี้จะรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารละลายเจือจางภายในเซลล์โดยที่เปลือกหรือผิวหนังของวัตถุดิบจะทำหน้าที่เป็น semipermeable membrane ที่มีประสิทธิภาพ นั่นคือมันจะยอมให้น้ำซึมผ่านมากกว่าสารออสโมติก กล่าวคือน้ำที่อยู่ภายในเซลล์อาหารจะซึมแพร่ผ่านผนังเซลล์ออกมายังสารละลายออสโมติกได้ง่ายกว่า ด้วยอัตราการซึมผ่านจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกภายหลังจากนั้นจะลดลง ขณะเดียวกันสารออสโมติกจากสารละลายก็จะซึมแพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์เช่นกันทำให้ความเข้มข้นของตัวถูกละลายภายในเซลล์เพิ่มขึ้น แต่อัตราการซึมผ่านเข้าสู่ผนังเซลล์จะช้ากว่าอัตราการซึมผ่านออกจากผนังเซลล์ของน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3

ดังนั้นจึงทำให้สารออสโมติกที่ซึมแพร่เข้าไปส่วนใหญ่จับอยู่เฉพาะบริเวณขอบของชิ้นอาหาร นั่นคือหากใช้ซูโครสไซรัปเป็นสารละลายออสโมติก ผลไม้ซึ่งนำมาแช่ไว้เป็นระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่นานนักน้ำในเซลล์ผลไม้จะซึมออกได้มากกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำตาลซึ่งจะซึมเข้าไปได้เฉพาะบริเวณขอบ ๆ และส่วนใหญ่จะอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ของอาหาร ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการทำแห้งผักผลไม้ด้วยวิธีออสโมติกนี้เป็นการทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื่องจาก น้ำตาลซึมเข้าไปและปริมาณน้ำลดลงเนื่องจากการสูญเสียน้ำซึ่งทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลงและสามารถลดลงได้ถึงร้อยละ 50 - 60 ของน้ำหนักวัตถุดิบที่นำมาทำแห้ง



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและน้ำตาลระหว่างการคั่งน้ำออกจากผลไม้แบบออสโมติก

(Karuna, 1996)

ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในการคั่งน้ำออกด้วยซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น ฉะนั้นผักผลไม้ที่ผ่านกระบวนการคั่งน้ำออกแบบออสโมติกนี้จึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน เพราะมีแรงดันออสโมติกของน้ำตาลสูงและค่า a_w (water activity) ต่ำ ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อยีสต์ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผักผลไม้เน่าเสีย ผักผลไม้ที่ได้มีผู้นำมาทำการศึกษาด้วยการคั่งน้ำออกโดยวิธีนี้ เช่น มะม่วง (Wahyuningsh et.al.,2002) มันฝรั่ง (Maria and Florencia, 2003) แอปเปิล (Shyam et.al.,2001) ฝรั่ง (Ladaporn and Prasong, 1997) มะละกอ (A. Levi et.al.,1983) ลูกแพร์ (Kil, 2002) พริกหยวก (B.I.O.Ade-Omowaye et.al.,2002) พริกทอง (วนิดาและปราณี, 2544) เป็นต้น

ปิยวรรณและคณะ (2542) ได้กล่าวว่ามีผักผลไม้ 2 ชนิดที่ไม่สามารถนำมาคั่งน้ำออกด้วยวิธีนี้ได้ชนิดแรกได้แก่ ผักผลไม้ที่มีปริมาณน้ำภายในโครงสร้างเซลล์น้อย อาทิเช่น หอม และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเทียม และอีกชนิดได้แก่ผักผลไม้ที่มีปริมาณน้ำภายในโครงสร้างเซลล์มากแต่มีองค์ประกอบของพวกแป้งหรือน้ำตาลน้อย เช่น แดงโม

2.3 ชนิดของการดึงน้ำออกแบบออสโมติก

ชนิดของการดึงน้ำออกแบบออสโมติกแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ตามตัวกลางที่ใช้ในการออสโมติก (osmotic medium) คือ ระบบแห้ง (dry system) และระบบสารละลาย (solution system) (ปิยวรรณและคณะ, 2542)

2.3.1 การออสโมติกโดยระบบแห้ง

การออสโมติกโดยระบบแห้ง คือการกำจัดน้ำออกจากชิ้นของผลไม้โดยการออสโมซิสใน osmotic medium ที่แห้ง ได้แก่ น้ำตาลทรายซึ่งเป็นตัวกลางออสโมติกที่นิยมใช้กัน โดยการโรยสลับเป็นชั้น ๆ กับชิ้นผลไม้จนได้ความหนาประมาณ 1 นิ้ว ด้วยอัตราส่วนต่อชิ้นผลไม้ประมาณ 1 : 1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่ 50 องศาเซลเซียสหรือ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง น้ำหนักชิ้นผลไม้จะลดลงได้ถึงร้อยละ 50 ตัวกลางออสโมติกที่แห้งนี้จะละลายกับน้ำที่ถูกขับออกมาจากชิ้นผลไม้ (exosmosis) วิธีการออสโมติกแบบนี้มีอัตราการออสโมซิสช้ากว่าระบบสารละลาย และผลึกน้ำตาลที่ได้จะมีลักษณะของคุณภาพเนื้อสัมผัสไม่ดีนักเพราะถูกผลึกของตัวกลางออสโมติกคดลงไปผิวหน้าทำให้ข้างจึงไม่เป็นที่นิยม การออสโมติกด้วยวิธีนี้ได้แก่แบบ static treatment, แบบ tumbling and mixing, และแบบ fluidized bed

1) static treatment เป็นวิธีที่ไม่มีการคนชิ้นของผลไม้แต่อย่างใดจึงมีการแตกชิ้นน้อยกว่าวิธีอื่น แต่บริเวณผิวหน้าโดยเฉพาะผลไม้ชนิดที่มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม เช่น กัลย ก็เสียหายไปบ้าง มีวิธีการทำคือหลังจากการออสโมติกชิ้นผลไม้จนได้น้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 50 แล้วจะแยกชิ้นผลไม้ออกจากตัวกลางออสโมติก ที่เคลือบผิวออกโดยจุ่มลงในน้ำสะอาดหรืออาจจะไม่ล้างออกก็ได้แล้วจึงนำไปทำแห้งด้วยวิธีอื่นต่อไป

2) tumbling and mixing เป็นวิธีที่อาศัยการคนหรือการคลุกเคล้าผลไม้กับตัวกลางออสโมติกในระหว่างการออสโมติก อัตราการออสโมซิสจะเพิ่มขึ้นจากวิธีแรกเพราะมีการคนหรือทำให้ชิ้นส่วนผลไม้เคลื่อนไหวในตัวกลางออสโมติก น้ำที่ถูกกำจัดออกจากชิ้นผลไม้บริเวณผิวหน้าจะทำให้ความเข้มข้นของตัวกลางออสโมติกลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากมีน้ำเข้าไปทำละลายจึงทำให้อัตราการออสโมซิสช้าลง ดังนั้นการคนหรือการเคลื่อนไหวชิ้นผลไม้จึงเป็นการกระจายความเข้มข้นภายนอกชิ้นผลไม้ช่วยให้อัตราการออสโมซิสเร็วขึ้น การคนจำเป็นต้องทำอย่างเบา ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นผลไม้ชำและแตกหักได้ วิธีการนี้มีประโยชน์มากสามารถไล่ความชื้นออกจากชิ้นผลไม้ที่ต้องการในระยะเวลาสั้น ๆ ได้หากใช้อุณหภูมิในการคนสูง

3) fluidized bed เป็นวิธีที่ใช้อากาศร้อนแบบ fluidized bed เข้าร่วมด้วย โดยนำชิ้นผลไม้คลุกเคล้ากับตัวกลางออสโมติกอย่างเดียวหรือตัวกลางออสโมติกที่ผสมกับสารอื่นก็ได้ อาทิเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้ง วิธีการนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักแต่มีผลดีเนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้นและสามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีข้อเสียคือการจับตัวแข็งของตัวกลางออสโมติก บริเวณขอบของชิ้นผลไม้ สาเหตุเกิดจากมีอัตราการออสโมซิสเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้งในตอนแรก น้ำที่ถูกขับออกจากชิ้นผลไม้จะทำให้โมเลกุลของตัวกลางออสโมติกเคลื่อนที่เข้าไปในผิวหน้าชิ้นผลไม้มากขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกันจนน้ำไม่สามารถซึมออกมาได้ทัน จึงเกิดการจับตัวแข็งของตัวกลางออสโมติกบริเวณขอบของชิ้นผลไม้ ซึ่งมีวิธีแก้ไขคือใช้ส่วนผสมของตัวกลางออสโมติกที่เหมาะสม ร่วมกับการเติมแป้งลงไปผสมเล็กน้อย น้ำที่ถูกขับออกจากชิ้นของผลไม้จะจับตัวกับแป้งเมื่อได้รับความร้อนจากลมร้อนจะเปลี่ยนสภาพเป็นเจลที่มีความหนืด ซึ่งจะหน่วงเหนี่ยวและสกัดกั้นโมเลกุลของตัวกลางออสโมติกให้เคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นผลไม้ได้ช้าลงจึงเป็นการทำให้อัตราการออสโมซิสช้าลง

2.3.2 การออสโมซิสโดยระบบสารละลาย

การออสโมซิสโดยระบบสารละลาย คือการใช้ตัวกลางออสโมติกเป็นสารละลาย ระบบสารละลายนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ระบบแห้ง และสะดวกในการที่จะนำสารละลายออสโมติกกลับมาใช้ใหม่จึงช่วยประหยัดในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความเข้มข้นของสารละลายที่นิยมใช้จะอยู่ในช่วงประมาณ 50-70 องศาบริกซ์ หากใช้สารละลายเป็นซูโครสไซรัปที่มีความเข้มข้นสูงเกินกว่า 67 องศาบริกซ์ ซึ่งเป็นจุดอิ่มตัวของน้ำตาลซูโครสควรใช้น้ำตาลอินเวิร์ทรวมด้วย เพราะจะช่วยให้ความสามารถในการละลายของน้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทรายมีมากขึ้น วิธีการออสโมซิสโดยระบบนี้มีหลายวิธี ได้แก่ แบบ static method, แบบ mechanical-agitated, และแบบ reconcentration of syrup

1) Static method เป็นวิธีที่สะดวกที่สุดชิ้นผลไม้จะแช่อยู่ในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงในเวลาสั้นหรือความเข้มข้นต่ำแต่ใช้เวลานาน อาจเก็บที่อุณหภูมิสูงถึง 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือเก็บที่อุณหภูมิต่ำก็ได้จนกว่าน้ำหนักของผลไม้จะลดลงไปประมาณร้อยละ 50 แล้วนำขึ้นมาล้างน้ำหรือไม่ล้างก็ได้ก่อนการนำไปตากแห้งด้วยวิธีอื่นต่อไป

2) Mechanical-agitated เป็นวิธีที่มีการหมุนเวียนตัวกลางออสโมติกทำให้อัตราการออสโมซิสเร็วขึ้นกว่าวิธีแรก การใช้สารละลายจะช่วยให้ชิ้นผลไม้ไม่บอบช้ำมาก แต่ก็ควรทำอย่างช้าๆและเบาๆ เพื่อป้องกันโครงสร้างของเซลล์ผลไม้ถูกทำลาย วิธีที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ คือการใช้ปั๊มให้สารละลายหมุนเวียนอยู่ในภาชนะที่ใส่แช่ผลไม้

3) Reconcentration of syrup เป็นวิธีที่รักษาความเข้มข้นของตัวกลางออสโมติกให้คงที่อยู่ตลอดเวลาเพื่อให้อัตราการออสโมซิสคงที่ โดยการปั๊มสารละลายบางส่วนในระหว่างการออสโมติกเข้าไปในเครื่องระเหยแบบความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure evaporator) ซึ่งเป็นตัวระเหยน้ำที่ถูกขับออกมาจากผลไม้ แล้วปั๊มสารละลายที่ได้ใหม่นี้กลับลงภาชนะที่ทำการออสโมติกอีกครั้ง การใช้เครื่องระเหย (evaporator) จะใช้พลังงานเพียงร้อยละ 25 ในการระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำออกจากสารละลาย เมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้ในการทำแห้งด้วยลมร้อน (hot air dehydration) การที่ความเข้มข้นของสารละลายคงที่เช่นนี้จึงสามารถใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำได้ เช่น 50 องศาบริกซ์ ในกรณีที่ต้องการให้การออสโมซิสมีอัตราเร็ว โดยไม่ใช้วิธีนี้จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นของสารละลายสูงเพราะในระหว่างการออสโมติกความเข้มข้นของสารละลายจะลดลงเรื่อย ๆ พบว่าอัตราการออสโมซิสโดยวิธีนี้เกือบจะเร็วเท่ากับการใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงในการออสโมติกแต่การใช้สารละลายเจือจางจะสะดวกต่อการทำงานของปื้มเนื่องจากมีความหนืดต่ำ และเป็นการประหยัดในด้านของค่าใช้จ่ายในการเตรียมสารละลายด้วย

2.4 ข้อดีของการดึงน้ำออกแบบออสโมติก

1) ผักผลไม้เมื่อนำมาผ่านการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก ก่อนนำไปอบแห้งด้วยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง การทำแห้งแบบสุญญากาศ การทำแห้งแบบลมร้อน จะช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการอบ และช่วยประหยัดพลังงาน

2) ช่วยรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสเนื่องจากวิธีการนี้ไม่ใช้อุณหภูมิสูงจึงไม่เกิดการสูญเสียเนื่องจากความร้อน สีของผลไม้จึงสด การสูญเสียกลิ่นมีน้อย นอกจากนี้วิธีการนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาล โดยมีสาเหตุมาจากเอนไซม์และออกซิเจน (enzyme oxidative browning) เนื่องจากในระหว่างกระบวนการผลไม้มักจะแช่อยู่ในน้ำเชื่อมไม่ได้สัมผัสกับอากาศ และความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกสูงมาก

3) การนำไปอบแห้งจะทำให้ได้ผักผลไม้อบแห้งที่มีรสชาติดีขึ้น อันเนื่องมาจากระหว่างการทำออสโมติก ตัวถูกละลายบางส่วน (กรดเกลือ น้ำตาล) ที่มีอยู่ในผักผลไม้จะออสโมซิสออกไปกับน้ำด้วย

2.5 การเตรียมวัตถุดิบก่อนผ่านกระบวนการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก

2.5.1 การเตรียมชิ้นผลไม้

การตัด ผ่า และหั่นชิ้นผลไม้ที่จะนำไปออสโมติกมีอยู่หลายวิธี โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ และความต้องการของตลาด อาทิ หั่นชิ้นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดต่าง ๆ เช่นแบบลูกเต๋า (บุญมา, 2528) ทำมะม่วงอบแห้งด้วยวิธีออสโมติก โดยหั่นมะม่วงหนา 0.5 เซนติเมตร มีความยาวเท่ากับ ความยาวของผลมะม่วง

2.5.2 การลวก

เป็นขั้นตอนการให้ความร้อนแก่ผลไม้ เนื่องจากผลไม้อาจมีเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ชนิดนี้ การลวกจะทำให้โครงสร้างบางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไปทำให้อัตราการสูญเสียน้ำจากชิ้นผลไม้เกิดขึ้นได้ดีและรวดเร็ว ระยะเวลาในการลวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับผลไม้แต่ละชนิด นอกจากนี้ผลไม้บางชนิดจะต้องลวกในสารละลายต่าง ๆ กันเพื่อรักษาสีของผลไม้ให้คงที่ตามต้องการ หลังจากการลวกแล้วจะต้องทำให้ผลไม้เย็นลงทันทีเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงกลิ่นอันเนื่องมาจากความร้อน

2.5.3 การแช่สารละลายออสโมติก

การแช่ผลไม้ในสารละลายออสโมติกนี้เป็นขั้นตอนของการลดน้ำหนักหรือลดความชื้นของผลไม้โดยในสารละลายจะมีสารออสโมติก (osmotic agent) เป็นตัวที่ช่วยทำให้เกิดแรงดันออสโมซิส สารออสโมติก (osmotic agent) ต่างชนิดกันก็จะให้ผลในการลดความชื้นหรือการลดน้ำหนักได้แตกต่างกัน โดยมากในขั้นตอนนี้จะลดความชื้นของผลไม้ได้ประมาณร้อยละ 50-60

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการดึงน้ำออกแบบออสโมติก

2.6.1 ชนิดของผลไม้ พันธุ์ และความสุก

ชนิดของผลไม้มีผลต่ออัตราการเร็วของการซึมของน้ำออกจากเซลล์ผลไม้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและ โครงสร้างของผนังเซลล์และเนื้อเยื่อของเซลล์ Pag et.al. (2003) ได้เปรียบเทียบการออสโมซิสของมะม่วง แอปเปิ้ล และเมล่อนในสารละลายที่มีความดันบรรยากาศ พบว่ามะม่วงมีอัตราการสูญเสียน้ำและน้ำหนักเร็วกว่าเมล่อนและแอปเปิ้ล นอกจากนี้พันธุ์และความแก่อ่อนของผลไม้ก็มีผลต่ออัตราการออสโมซิสด้วย วณิชและปราณี (2544) พบว่า ฟักทองอ่อนจะมีอัตราการออสโมซิสสูงกว่าฟักทองแก่ เนื่องจากฟักทองอ่อนมีปริมาณน้ำอยู่สูงเมื่อแช่ลงในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง จะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ระหว่างภายในเซลล์ของฟักทองกับสารละลายภายนอกสูงกว่าฟักทองแก่

2.6.2 รูปร่างและขนาดของผลไม้

รูปร่างและขนาดของผลไม้มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตร ถ้าอัตราส่วนนี้สูง จะทำให้น้ำซึมออกจากเซลล์ของผลไม้เร็วขึ้น เพราะว่า สารละลายสามารถสัมผัสกับพื้นที่ผิวได้มากขึ้น ทำให้ สารออสโมติก สามารถดึงน้ำออกจากชิ้นผลไม้ได้มาก ดังนั้น ผลไม้ถ้าเป็นชิ้นใหญ่หรือมีรูปร่างกลม น้ำจะซึมออกได้น้อย เพราะว่าพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมีค่าน้อย ปิยวรรณและคณะ (2542) ได้กล่าวไว้ว่า การตัดผลไม้ทุกชนิดแบบวงแหวนจะมีการสูญเสียน้ำมากที่สุด รองลงมาเป็นแบบลูกเต๋า การที่แบบลูกเต๋ามีการสูญเสียน้ำมากในขณะที่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่านั้นอาจเป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (diffusion coefficient) ซึ่งเป็นผลมาจากการมีปริมาณของแข็งเข้าไป (Solid agent) สูง จึงสรุปได้ว่า แม้ว่าจะเป็นภายใต้สภาวะออสโมซิสเดียวกัน แต่เนื่องจากความแตกต่างของขนาดผลไม้ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะแตกต่างกันด้วย

2.7 ข้อพิจารณาในการเลือกสภาวะของการดองน้ำออกแบบออสโมติก

ปิยวรรณและคณะ (2542) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า สารออสโมติก ไว้ว่า “เป็นสารที่ใช้เป็นตัวแทนทำให้เกิดแรงเคลื่อนที่ออสโมซิส”

2.7.1 ปัจจัยที่ใช้ในการเลือกสารออสโมติก

- 1) สารออสโมติกที่ใช้ต้องไม่ส่งผลทำให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป
- 2) ราคาของสารออสโมติกต้องมีราคาต่อหน่วยถูก ไม่ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงชันมาก
- 3) สารออสโมติกที่ใช้ควรมีน้ำหนักโมเลกุลสูง เพราะถ้ามีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น น้ำตาล กูลโคสจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลซึมเข้าไปในเนื้อผลไม้เพิ่มมากกว่าการสูญเสีย น้ำ
- 4) สารออสโมติกที่ต้องใช้ต้องมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ต่ำ
- 5) สารออสโมติกที่ใช้ต้องมีแรงดันออสโมซิสได้
- 6) สารออสโมติกที่ใช้ต้องไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และมีรสชาติเป็นที่ยอมรับ

2.7.2 สารออสโมติก ที่นิยมใช้กับผลไม้ ได้แก่

1) น้ำตาลทรายขาว (ซูโครส) ในการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก ผลของน้ำตาลที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มี 2 ประการคือ ประการที่ 1 จะมีผลมากในการเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากออกซิเจน (Oxidative browning) ประการที่ 2 ใช้ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยไปได้ระหว่างการทำแห้ง แม้ว่าจะทำภายใต้สภาวะสุญญากาศสูง ๆ อื่น ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ความเข้มข้นอยู่ที่ 30-70°Brix แต่การใช้น้ำตาลก็มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดการตกผลึกของ น้ำตาลได้ ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันโดยการเติมสารเคมีที่เรียกว่า “คอกเตอร์” เช่น กรดน้ำส้ม (น้ำส้มสายชู), กรดซิตริก ลงไป อ่อนรวี (2533) ได้กล่าวว่าสารละลาย กูลโคสช่วยกำจัดน้ำได้ดีกว่าฟรุกโตสและซูโครสแต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ สารละลายซูโครส เนื่องจากเป็นสารที่ให้แรงดันออสโมซิส ให้รสหวาน ทำให้เกิดน้ำหนัก และยังมีราคาถูกกว่าน้ำตาลชนิด

2) กรด ในสารละลายออสโมติกจะมีการเติมกรดลงไปเพื่อเพิ่มอัตราการออสโมซิส และกรดยังช่วยถนอมอาหารหรือยืดอายุการเก็บของอาหาร ช่วยเพิ่มกลิ่นและรสให้กับอาหาร สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ซึ่งจะช่วยให้ผลไม้มีกลิ่น รส สี และลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงธรรมชาติมากขึ้น

ในบรรดากรดอินทรีย์ทั้งหลาย พบว่า กรดแลคติกจะมีผลต่ออัตราการดองน้ำออกมากที่สุด ส่วนกรดอะซิติกจะมีผลรองลงมา โดยกรดจะไปยับยั้งการเกิดเจลของสารประกอบเพคตินจากการดองเอาซูโครสเข้าไป ทำให้อัตราการสูญเสีย น้ำน้อยลงเพราะเจลจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของ น้ำ วนิกา และ ปราณี (2544) พบว่า การใช้กรดซิตริกร่วมกับซูโครสให้ผลให้ค่า Water Loss

(WL) และ Solid Gain (SG) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้กรดซิตริกในปริมาณสูงชัน เนื่องจากกรดซิตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแตกตัวเป็นไอออนที่มีขนาดเล็ก ทำให้สารละลายเข้มข้นของไอออน (Molar concentration) เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมซิสระหว่างภายในชั้นฟักทองกับสารละลายภายนอกมีค่าสูงขึ้น มีผลให้สามารถดึงน้ำออกจากชั้นฟักทองได้มากขึ้น นอกจากนี้ขนาดไอออนที่เล็กลงยังมีผลต่อการซึมผ่านของตัวถูกละลายเข้าไปในเซลล์เมมเบรนของชั้นฟักทองได้ง่ายกว่าทำให้ชั้นฟักทองมีปริมาณของแข็งสูงขึ้นด้วย

3) กลีเซอรอล การใช้กลีเซอรอลในการอบแห้ง เพื่อทำให้ค่า water activity ต่ำลง Jayaraman และคณะ (1977) ได้นำกลีเซอรอลมาใส่ลงไปใต้น้ำเชื่อมร้อยละ 42.33 ในการดึงน้ำออกแบบออสโมติกของสับปะรด Ramanuja และ Jayaraman (1980) พบว่า เทคนิคการเตรียมอาหารที่มีความชื้นปานกลาง (intermediate moisture food) โดยใช้วิธีออสโมติก เพื่อทำให้เป็นผลไม้แปรรูปพร้อมที่จะบริโภค (ready to eat process fruit) ควรจะมีความชื้นร้อยละ 25 โดยการใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลและสารกันรา โดยได้ทดลองกับกล้วย ฝรั่ง มะม่วงและสับปะรด ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

4) โซเดียมคลอไรด์ร่วมกับกลูโคสไซรัป การใช้โซเดียมคลอไรด์ร่วมกับกลูโคสไซรัปมีผลให้ water loss และ solid gain มีค่าเพิ่มขึ้น วนิดา และ ปราวณี(2544) กล่าวว่า อัตราการออสโมซิสจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ โซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ แต่จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของขนาดและ molar concentration ของโซเดียมคลอไรด์ สามารถแตกตัวเป็นไอออนที่มีขนาดเล็ก ไอออนของเกลือจึงสามารถซึมผ่านเซลล์เมมเบรนได้ง่ายกว่า ทำให้ปริมาณของแข็งมีค่าสูงกว่าแต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกมาจะมีค่าสูงขึ้นด้วยเนื่องจากโมเลกุลของตัวถูกละลายมีในปริมาณมากกว่าเมื่อไม่ใช้โซเดียมคลอไรด์

ในส่วนของข้อดีของการใช้เกลือ คือ สามารถทดแทนน้ำตาลบางส่วนซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ เพราะเกลือมีราคาถูก ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหารด้วย ทำให้ค่า water activity ลดต่ำลง และยังช่วยยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

2.7.3 ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติก

สารละลายออสโมติกควรมีความเข้มข้นสูง เพราะความเข้มข้นมีส่วนช่วยดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ โดยทำให้ค่า water activity ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าน้อยลง จึงเกิดอัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นและอัตราการแพร่เข้าของตัวถูกละลายลดลง แต่ขณะเดียวกันน้ำตาลที่ซึมเข้าไปในผลไม้ได้มากขึ้นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงเป็นข้อดีอันหนึ่งของวิธีการนี้ คือ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่หวานจนเกินไป และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสูงขึ้น

2.7.4 อัตราส่วนระหว่าง สารละลายออสโมติกกับผลไม้

ถ้าอัตราส่วนของสารละลายออสโมติกมากจะทำให้อัตราการออสโมซิสเร็วขึ้นกว่าการใช้สารละลายออสโมติกน้อย ๆ แต่เนื่องจากการใช้สารละลายออสโมติกมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น และยังมีปัญหาในเรื่องการจัดการกับสารละลายหลังการออสโมติก แต่ถ้าใช้สารละลายออสโมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยเกินไปมีผลให้ความเข้มข้นของสารละลายเจือจางลง ส่งผลให้แรงดันออสโมติกลดลงด้วย ดังนั้นจึงต้องหาอัตราส่วนของสารละลายออสโมติกต่อผลไม้ให้เหมาะสมเพื่อคั้นน้ำออกจากผลไม้ได้มาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย และผลไม้มີคุณภาพดีด้วย Lenart และ Flink (1984) พบว่า อัตราการออสโมติกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่ออัตราส่วนของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก 1:2 1:3 1:4 และ 1:5 ตามลำดับ และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการออสโมติก คือ 1 : 3

2.7.5 อุณหภูมิ

ถ้าอุณหภูมิของสารละลายออสโมติกที่ใช้แช่สูงขึ้นไปประมาณ 30–50 °C น้ำจะซึมออกจากเซลล์ได้เร็วขึ้นเนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงจะทำให้โครงสร้างบางส่วนของผลไม้ เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพไป คือ เยื่อหุ้มเซลล์จะอ่อนตัวลง ทำให้ความแน่นเนื้อของผลไม้เปลี่ยนไปด้วย ซึ่งผลที่ตามมา คือทำให้การซึมผ่านของน้ำและ K^{+} เป็นไปได้ดีกว่าและเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ Levi et.al (1983) พบว่า ในการทำมะละกอแห้ง เมื่อแช่มะละกอในน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิสูงจะมีอัตราการสูญเสียน้ำสูงกว่าในน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิต่ำ โดยอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่เหมาะสม คือ 20 – 45 องศาเซลเซียส

แต่ก็มีข้อจำกัดไม่ให้ใช้อุณหภูมิที่แช่เกิน 49 องศาเซลเซียส เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากความร้อน (non-enzymatic browning) ได้ และเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสขึ้น ดังนั้น ถ้าต้องการใช้อุณหภูมิในการออสโมติกจำเป็นต้องลดเวลาในการออสโมติกให้น้อยลงด้วย ทำให้เกิดวิธี high temperature short time osmosis (HTST osmosis)

2.7.6 การกวนหรือการคน

การกวนหรือการคนสารละลายที่แช่ระหว่างการทำออสโมติก เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของน้ำที่ซึมออกมาอยู่ล้อมรอบผลไม้ ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แช่จึงมีความสม่ำเสมอเท่ากันหมด ดังนั้นอัตราการออสโมติกของสารละลายที่มีการคนตลอดเวลาจะเร็วกว่าของสารละลายที่ไม่ได้คน นอกจากวิธีการกวนแล้วในอุตสาหกรรมอาจใช้วิธีการระเหยน้ำ ทำให้น้ำเชื่อมเข้มข้นขึ้นแล้วทำให้ไหลเวียนผ่านผลไม้อย่างต่อเนื่อง (continuous reconcentration)

2.8 ชนิดของสารที่ใช้แช่ก่อนผ่านกระบวนการออกน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก

2.8.1 สารที่ช่วยให้เนื้อสัมผัสคงตัว

1) เกลือแคลเซียม โดยไปทำปฏิกิริยากับ pectin substance ในผักและผลไม้ ทำให้โครงสร้างของเซลล์ผักและผลไม้แข็งแรงขึ้น มีผลให้การเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ในระหว่างการแปรรูปลดลง โดยที่กัญญรัตน์ (2536) พบว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์ในการแปรรูปแอพริคอตกระป๋อง จะทำให้เนื้อสัมผัสคงตัวดีขึ้นหรือการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในแอปเปิ้ลสด จะทำให้ความคงตัวของลักษณะเนื้อสัมผัสของแอปเปิ้ลดีขึ้นในระหว่างการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โซเดียมไฟโรฟอสเฟต เป็นสารประกอบเกลือฟอสเฟต นิยมเติมลงไปใต้น้ำร้อนที่ใช้ลวก จุดประสงค์เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและช่วยลดการสูญเสียสารอาหารในขณะลวก ใช้ได้ผลดีกับมันฝรั่ง แครอท เห็ด

2.8.2 สารที่ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล

1) สารประกอบกำมะถัน ที่นิยมใช้จะอยู่ในรูปของ โซเดียมซัลไฟท์ร่วมกับ โซเดียมไบซัลไฟท์ในปริมาณเท่า ๆ กัน หรือในรูปของ โปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (KMS) ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มีอยู่ในผลไม้ โดยเมื่อนำมาละลายน้ำ สารประกอบกำมะถันจะแตกตัวให้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา นิยมเติมไปใต้น้ำที่ใช้ลวกหรือใช้แช่ก่อนนำไปอบแห้ง จุดประสงค์เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา ทำให้ผักและผลไม้ยังคงมีสีตามธรรมชาติ อีกทั้งยังป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้ผักผลไม้เก็บได้นานขึ้น และแมลงไม่ค่อยเข้าทำลาย

สำหรับผลไม้ส่วนใหญ่ วิธีการแช่ในสารละลายซัลไฟท์ไม่ค่อยนิยมเพราะจะมีการชะเอาน้ำตาล, กรดจากผลไม้ออกมา จึงนิยมใช้วิธีการรมควันกำมะถันที่เกิดจากการเผาผงกำมะถันในตู้ที่ปิดสนิท

2) กรด

2.1) กรดแอสคอร์บิก ทำโดยการจุ่มน้ำผลไม้ที่หั่นแล้วลงในสารละลายกรดแอสคอร์บิก ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้แห้ง โดยการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล

2.2) กรดซิตริก จะช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล และป้องกันการเกิดออกซิเดชันของส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้การจุ่มกล้วยหรือแอปเปิ้ลลงในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกและกรด erythorbic จะช่วยชะลอสีน้ำตาลที่จะเกิดขึ้นด้วย

2.9 การตรวจสอบคุณภาพของอาหารที่ผ่านการดองน้ำออกด้วยวิธีออสโมติก

2.9.1 ค่า WL (water loss) และ SG (solid gain)

เป็นค่าที่ใช้ในการหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร (Pag et.al., 2003)

$$WL = \frac{\text{ปริมาณน้ำในแคนตาลูปก่อนแช่} - \text{ปริมาณน้ำในแคนตาลูปหลังแช่}}{\text{น้ำหนักแคนตาลูปสดเริ่มต้นก่อนแช่}} \quad (2.2)$$

$$SG = \frac{\text{ปริมาณของแข็งในแคนตาลูปหลังแช่} - \text{ปริมาณของแข็งในแคนตาลูปก่อนแช่}}{\text{น้ำหนักแคนตาลูปสดเริ่มต้นก่อนแช่}} \quad (2.3)$$

เมื่อ WL คือ ปริมาณน้ำที่ลดลงในแคนตาลูปภายหลังการแช่ (water loss) (กรัม/100กรัม)

SG คือ ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในแคนตาลูปภายหลังการแช่ (solid gain) (กรัม/100กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ระบบการวัดค่าสี

สีเป็นปัจจัยคุณภาพปัจจัยแรกที่สุดที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจยอมรับคุณภาพของอาหาร เพราะสีเป็นสิ่งที่คนเรารับรู้ได้ง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสชนิดอื่น สียังสามารถบอกถึงปัจจัยคุณภาพอื่น คือ ความแก่อ่อน, ความสุก และความสด ซึ่งมนุษย์จะมีการจดจำความหมายของสีที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีค่าสีมาตรฐานเพื่อใช้บ่งชี้ว่าสีที่เราเห็นมีค่าเท่าใดเพื่อที่เกษตรกร ผู้ซื้อ ผู้ผลิตและผู้บริโภคได้เข้าใจตรงกันและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ

ซึ่งระบบการวัดค่าสีที่นิยมใช้ในงานวิจัยทางด้านอาหารจะนิยมใช้ระบบ Hunter Color (L, a, b) ซึ่งเป็นระบบที่มีการพัฒนามาจากค่าสีไอโอโทรนิมิวติส (X, Y, Z) และค่าพิคซีไอโอโทรนิมิวติส (x, y, z) เพื่อให้สามารถบอกค่าความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งความหมายของค่า Hunter L, a, b มีดังนี้

- 1) ค่า Hunter L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดยที่
 ค่า Hunter L* = 0 แสดงถึงความมืดดำอย่างสมบูรณ์
 ค่า Hunter L* = 100 แสดงถึงความสว่างอย่างสมบูรณ์
- 2) ค่า Hunter a* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว โดยที่
 ค่า Hunter a* เป็นบวก แสดงความเป็นสีแดง
 ค่า Hunter a* เป็นลบ แสดงความเป็นสีเขียว
- 3) ค่า Hunter b* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือความเป็นสีน้ำเงิน โดยที่
 ค่า Hunter b* เป็นบวก แสดงความเป็นสีเหลือง
 ค่า Hunter b* เป็นลบ แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในกรณีที่มีตัวอย่างหลายๆ ชิ้นที่ต้องการเทียบสีกับตัวอย่างมาตรฐาน อาจบอกค่าความแตกต่างโดยใช้ค่า ΔE^* ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (2.4)$$

2.9.3 ค่า a_w (Water Activity)

เป็นการหาปริมาณน้ำอิสระในอาหารซึ่งมีความสำคัญและต้องคำนึงถึงในการถนอมและแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง โดยมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ การเสื่อมเสีย และการเน่าเสียของอาหาร รูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัป ปริมาณกรดซิตริก อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการแช่ ที่มีผลต่อการทำดองน้ำออกแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก โดยศึกษาที่ความเข้มข้นของซูโครสไซรัปที่ความเข้มข้น 45, 55 และ 65 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดซิตริก 0, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิห้อง, 45 และ 65 องศาเซลเซียส เวลาในการแช่ที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง โดยลักษณะสำคัญที่มีผลกระทบต่อการทำแฉงแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก คือ ค่าการสูญเสีย น้ำหลังการแช่ (Water loss, WL), ค่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งหลังการแช่ (Solid gain, SG), ค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE^*), ค่า a_w และ %การหดตัว

3.1 วัสดุุดิบและสารเคมี

- 1) แคนตาลูปพันธุ์ชั้นเลิศ
- 2) น้ำตาลทรายขาว
- 3) กรดซิตริก
- 4) แคลเซียมคลอไรด์
- 5) โซเดียมเมทอะไบซัลไฟต์

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1) Hot air oven ยี่ห้อ Memmart รุ่น 500 ประเทศเยอรมันนี
- 2) Water bath ยี่ห้อ Memmart รุ่น D-91126 ประเทศเยอรมันนี
- 3) เครื่องวัด a_w ยี่ห้อ Aqualab รุ่น CX3TE ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 4) เครื่อง colorimeter ยี่ห้อ TRI-STI MULUS รุ่น JC-801 ประเทศญี่ปุ่น
- 5) Hand refractrometer ยี่ห้อ Tamco ที่ 0-28 °Brix, 28-62 °Brix, 58-91 °Brix ประเทศญี่ปุ่น
- 6) เครื่องชั่งน้ำหนัก
 - a) ยี่ห้อ Yamato Capacity Max 120 g รุ่น HB-120 ประเทศไทย
 - b) ยี่ห้อ Shimadzu Capacity Max 3100 g รุ่น B×3000 ประเทศไทย
- 7) เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการและวิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัป ปริมาณกรดซิตริก อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ และ เวลาที่ใช้ในการแช่



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทดลองการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเตรียมชิ้นแกนตาอุป

เลือกผลแกนตาอุปพันธุ์ชั้นเลิศ ปอกเปลือก คว้านเอาเมล็ดออก ผ่าและหั่นเป็นชิ้นเท่า ๆ กัน ขนาด 0.9x0.9x6 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องหั่นมันฝรั่ง แช่ในแคลเซียมคลอไรด์ 1% นาน 30 นาที แล้วนำชิ้นมาลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที

3.3.3 การเตรียมซูโครสไซรัป

เตรียมน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 45, 55 และ 65 °Brix (ปริมาณน้ำตาลและน้ำที่ใช้แสดงไว้ในภาคผนวก) โดยการตั้งหม้อสำหรับเคี่ยวบนเตา เติมน้ำและน้ำตาลในส่วนที่เตรียมไว้ส่วนหนึ่ง แล้วเคี่ยวด้วยไฟปานกลางจนกระทั่งน้ำตาลละลายแล้วจึงค่อย ๆ เติมน้ำและน้ำตาลในส่วนที่เหลือ โดยคอยตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำเชื่อมหรือซูโครสไซรัปด้วย hand refractometer เป็นระยะ ๆ จนกระทั่งได้ความเข้มข้นตามต้องการ

3.3.4 การแช่ในซูโครสไซรัป

นำชิ้นแกนตาอุปที่เตรียมไว้ แช่ในซูโครสไซรัป เติมกรดซิตริก โซเดียมเมท-ตะไบซัลไฟต์ 0.5% โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

- 1) ความเข้มข้นของซูโครสไซรัป 3 ระดับ คือ ที่ความเข้มข้น 45, 55 และ 65 °Brix
- 2) ปริมาณกรดซิตริก 3 ระดับ คือ ที่ 0, 0.5 และ 1%
- 3) อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิห้อง (25 °C), 45 และ 60 °C
- 4) เวลาที่ใช้ในการแช่ 4 ระดับ คือ ที่ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง

ดังนั้นจะมีหน่วยทดลอง คือ 3x3x3x4 หน่วย และทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมการทดลองทั้งหมด คือ 324 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างได้ทำการใส่ชิ้นแกนตาอุป 8 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง แช่ในซูโครสไซรัป เติมกรดซิตริก โซเดียมเมทตะไบซัลไฟต์ 0.5% บรรจุในถุงพลาสติก แล้วนำไปวัดค่า WL/SG 2 ชั้น, ค่า a_w 2 ชั้น และ %การหดตัว 2 ชั้น ซึ่งสามารถแสดงเป็น ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ความเข้มข้นของซูโครสไซรป์ (องศาบริกซ์)	อุณหภูมิของการแช่ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณกรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	เวลาในการแช่ (ชั่วโมง)
		0	2, 4, 6 และ 8
	อุณหภูมิห้อง	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
45	45	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
	65	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
	อุณหภูมิห้อง	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
55	45	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
	60	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
	อุณหภูมิห้อง	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
65	45	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8
		0	2, 4, 6 และ 8
	60	0.5	2, 4, 6 และ 8
		1	2, 4, 6 และ 8

ตารางที่ 3.1 แสดงรูปแบบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การตรวจสอบคุณภาพของแคนตาลูป

3.4.1 การวัดค่า WL (water loss) และ SG (solid gain)

ทำการชั่งน้ำหนักแคนตาลูปก่อนแช่ แล้วนำแคนตาลูปที่ผ่านการแช่เป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมงแล้วนำขึ้นมาล้างเอาคราบน้ำตาลที่ผิวออก ซับด้วยกระดาษให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักก่อนที่จะนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักของชิ้นแคนตาลูปมีค่าคงที่ ชั่งน้ำหนักสุดท้ายที่ได้ แล้วนำไปเทียบกับค่าที่วัดได้จากแคนตาลูปสดด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน แล้วนำไปหาค่าตามสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$WL = \frac{\text{ปริมาณน้ำในแคนตาลูปก่อนแช่} - \text{ปริมาณน้ำในแคนตาลูปหลังแช่}}{\text{น้ำหนักแคนตาลูปสดเริ่มต้นก่อนแช่}} \quad (3.1)$$

$$SG = \frac{\text{ปริมาณของแข็งในแคนตาลูปหลังแช่} - \text{ปริมาณของแข็งในแคนตาลูปก่อนแช่}}{\text{น้ำหนักแคนตาลูปสดเริ่มต้นก่อนแช่}} \quad (3.2)$$

เมื่อ WL คือ ปริมาณน้ำที่ลดลงในแคนตาลูปภายหลังการแช่ (water loss) (กรัม/100กรัม)

SG คือ ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในแคนตาลูปภายหลังการแช่ (solid gain) (กรัม/100กรัม)

3.4.2 การวัดค่าสี

นำชิ้นตัวอย่างแคนตาลูปมาวัดค่าสีด้วย colourmeter (TRI-STI MULUS model Color J.C. 801, Japan) โดยการเข้าโปรแกรมการวัดสี เลือกคำสั่ง MEASUREMENT ต่อจากนั้นเปิดเครื่องวัดสี เลื่อนแถบกันแสง แล้วนำ Light Tap Block วางครอบช่องวัดสีของตัวอย่าง กด F1 ใส่แผ่นมาตรฐานที่เป็นวัตถุขาววางครอบช่องวัดสีของตัวอย่าง จากนั้นเปิดเครื่องวัดสีเลื่อนแถบกันแสงเข้าที่เดิมแล้วกด F1 ตรวจวัดค่าวัตถุขาวให้ได้ตามกล่อง ซึ่งมีค่า L^* , a^* , b^* ดังนี้ 99.10, 0.11, -0.40 ใส่ตัวอย่างแคนตาลูปลงไป แล้วกด Enter 2 ครั้ง และใช้การบอกค่าสีด้วยระบบ Hunter (L, a, b) โดย L คือค่าที่แสดงควมสว่าง, a คือค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว, b คือค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน

นอกจากนี้ในกรณีที่มีตัวอย่างหลาย ๆ ชิ้นที่ต้องการเทียบสีกับตัวอย่างมาตรฐาน อาจบอกค่าความแตกต่างโดยใช้ค่า ΔE^* ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.3)$$

3.4.3 ค่า a_w (Water Activity)

ทดลองโดยการ วอร์มเครื่องเป็นเวลา 30 นาที Calibrate ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ค่า $a_w = 1.000$ แล้วใส่ตัวอย่างลงไปในภาชนะบรรจุอาหารและไปวางในลิ้นชัก หมุนปุ่มจาก OPEN/LOAD ไปที่ READ รอจนมีสัญญาณเตือน อ่านค่า a_w ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การวัดเปอร์เซ็นต์การหดตัว

โดยการจุ่มชิ้นแกนคาลูปลงในกระบอกตวงที่บรรจุเฮกเซน ประมาณ 500 มิลลิลิตร เพื่อวัดปริมาณระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น และการหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4 นี้



รูปที่ 3.2 การหาปริมาตรของชิ้นตัวอย่าง โดยการแทนที่ของเหลว

$$\varepsilon = \frac{btv - atv}{btv} \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ ε คือ เปอร์เซ็นต์การหดตัว

btv คือ ปริมาตรของแกนคาลูปก่อนแช่ (before treatment volume) (มิลลิลิตร)

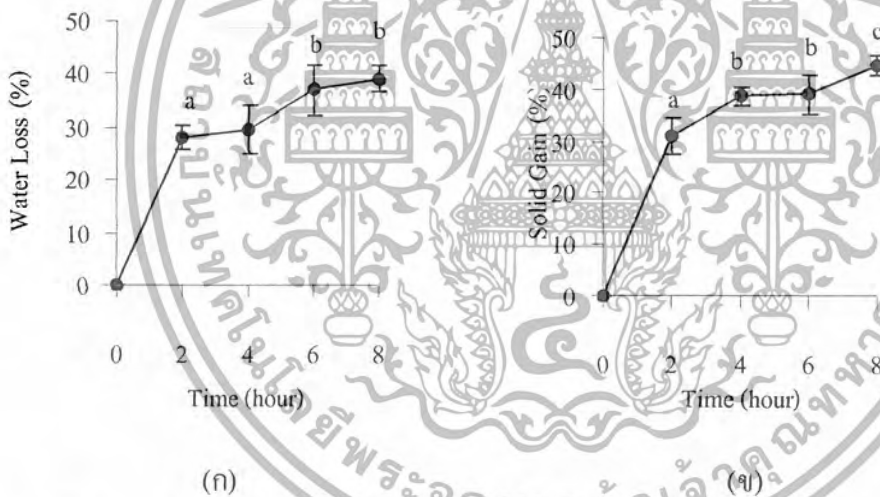
atv คือ ปริมาตรของแกนคาลูปหลังการแช่ (after treatment volume) (มิลลิลิตร)

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์

ตอนที่ 1 การหาเวลาสมดุลในการถ่ายเทมวลสารของชิ้นแคนตาลูปในการดึงน้ำออกแบบออสโมติก

4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งในชิ้นแคนตาลูปหลังการแช่ที่เวลาต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครส ไซรัปความเข้มข้น 65 ° Brix ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า 2 ชั่วโมงแรก มีการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว เท่ากับ 28 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น และเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ทำให้อัตราเร็วในการสูญเสียน้ำลดลง โดยปริมาณน้ำสูญเสียน้ำเฉลี่ย เท่ากับ 30, 36 และ 38 % ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า เมื่อเพิ่มเวลา 2 ชั่วโมง เป็น 4 ชั่วโมง การสูญเสียน้ำไม่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลา 4 ชั่วโมง เป็น 6 ชั่วโมง มีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อเพิ่มเวลา 6 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง ไม่ทำให้การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น รูปที่ 4.1(ก)



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) วิธี DMRT
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่า WL และ SG ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครส ไซรัปเข้มข้น 65 ° Brix ที่อุณหภูมิห้อง และเวลาต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งในชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครส ไซรัป มีแนวโน้มเดียวกันกับการสูญเสียน้ำ คือ 2 ชั่วโมงแรก มีการเพิ่มปริมาณของแข็งอย่างรวดเร็ว เท่ากับ 30% เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ทำให้อัตราเร็วในการเพิ่มปริมาณของแข็งลดลง โดยปริมาณของแข็งเฉลี่ย เท่ากับ 38, 40 และ 43 % ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า เมื่อเพิ่มเวลา 2 ชั่วโมง เป็น 4 ชั่วโมง มีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อ

เพิ่มเวลา 4 ชั่วโมง เป็น 6 ชั่วโมง ไม่ทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลา 6 ชั่วโมง เป็น 8 ชั่วโมง มีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย รูปที่ 4.1 (จ)

กล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในแคนตาลูปหลังแช่สารละลายออสโมติก 6 ชั่วโมง เริ่มเข้าสู่ภาวะสมดุล คือ ไม่มีการสูญเสียน้ำเพิ่ม แต่ยังพบปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลา อาจเป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งยังไม่เข้าสู่ภาวะสมดุล ณ เวลานี้ คั้งนั้นเวลาที่เหมาะสมในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีการออสโมติก ไม่ควรเกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากสามารถคั่งน้ำออกได้มากที่สุดโดยไม่ทำให้สารออสโมติกซึมเข้าไปในเนื้อแคนตาลูปมากเกินไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัป อุณหภูมิ และปริมาณกรดซิตริกต่อ อัตราการอสโมซิสของชิ้นแคนตาลูปในการดึงน้ำออกแบบออสโมติก

ผลการวิเคราะห์ห้อิทธิพลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัป อุณหภูมิ และปริมาณกรดซิตริกต่อค่า Water Loss (WL), Solid Gain (SG), ค่า a_w , เปอร์เซ็นต์การหดตัว และความแตกต่างของค่าสี (ΔE^*) หลังแช่แคนตาลูปในซูโครสไซรัป 6 ชั่วโมง แสดง ในตารางที่ 4.1 ดังนี้

Variables	df	WL	SG	a_w	Shrinkage	ΔE^*
Sucrose syrup concentration	2	58.19**	13.85**	36.87**	7.78**	0.37
Citric acid	2	3.59*	5.69**	0.46	6.11**	0.24
Temperature	2	20.10**	7.20**	33.25**	5.35**	5.13**
Sucrose syrup * Citric acid	4	0.69	0.87	1.60	2.49*	0.79
Sucrose syrup* Temperature	4	40.82**	27.09**	0.91	2.08	0.90
Citric acid* Temperature	4	1.04	0.41	0.75	1.13	0.86
Sucrose syrup * Citric acid * Temperature	8	0.91	0.24	0.74	3.48**	0.33

หมายเหตุ : F value

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$

** หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.01$

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ห้ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแคนตาลูปหลังการแช่ซูโครสไซรัปด้วยวิธี

ANOVA

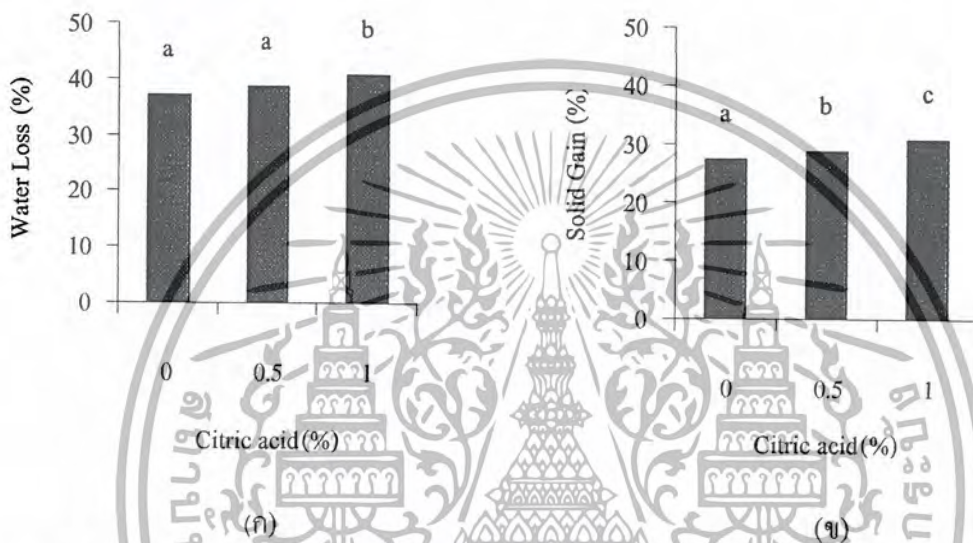
4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและปริมาณของแข็งของชิ้นแคนตาลูปหลังการแช่

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสไซรัปและอุณหภูมิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ค่า WL และ ค่า SG ($p \leq 0.01$) และยังมีอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของซูโครสไซรัปกับอุณหภูมิ ส่วนปริมาณกรดซิตริกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ค่า WL ($p \leq 0.05$) และ ค่า SG ($p \leq 0.01$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกับตัวแปรอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลของกรดซิตริก

การใช้กรดซิตริกร่วมกับซูโครสไซรัป มีผลทำให้ ค่า WL และ SG สูงขึ้นทุกหน่วยทดลอง โดยค่าเฉลี่ย WL เพิ่มขึ้นเมื่อใช้กรด 1 % รูปที่ 4.2 (ก) ส่วน ค่า SG เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณกรด รูปที่ 4.2 (ข) สอดคล้องกับการทดลองของวนิดาและปราณี (2544) ซึ่งพบว่าการใช้กรดซิตริกทำให้ WL และ SG ของฟักทอง เพิ่มขึ้นเช่นกัน



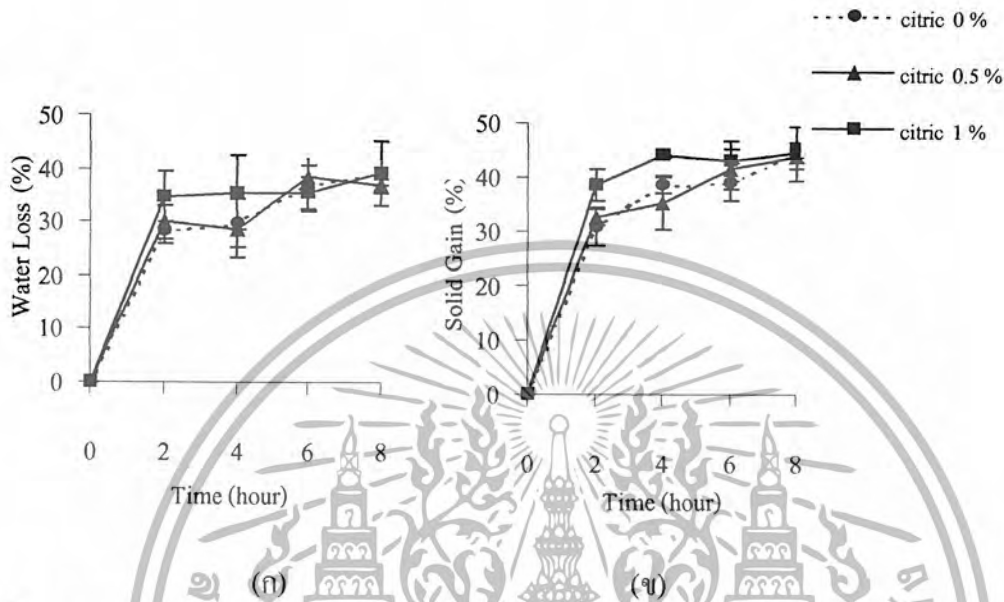
หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) วิธี DMRT รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่า WL และ SG ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่ปริมาณกรดซิตริกต่าง ๆ

การใช้กรดซิตริก 1 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับซูโครสไซรัป ยังทำให้การสูญเสียน้ำและการเพิ่มปริมาณของแข็งในชิ้นแคนตาลูปเข้าสู่สภาวะสมดุลเร็วยิ่งขึ้น โดยการใส่กรด 1 % ทำให้ค่า WL เข้าสู่สมดุลที่เวลา 2 ชั่วโมง ส่วนค่า SG เข้าสู่สมดุลที่เวลา 4 ชั่วโมง ในขณะที่การใส่กรด 0 และ 0.5 % ค่า WL และ SG จะเข้าสู่สมดุลพร้อมกันที่เวลา 6 ชั่วโมง รูปที่ 4.3

กล่าวได้ว่ากรดซิตริกช่วยทำให้ประหยัดเวลาในการคังน้ำออก เนื่องจากกรดสามารถแตกตัวเป็นไอออนที่มีขนาดเล็ก ความเข้มข้นของไอออนที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างชิ้นแคนตาลูปกับสารละลาย ทำให้มีการสูญเสียน้ำเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้กรดยังช่วยให้สารออสโมติกซึมเข้าไปในเนื้อแคนตาลูปด้วยแต่เป็นข้อเสียที่ต้องนำมาพิจารณาในการใช้กรด ถึงอย่างไรก็ตามการใช้กรดทำให้เกิดประโยชน์ในการทำออสโมติกที่อุณหภูมิสูงคือ หากแคนตาลูปที่นำมาคังน้ำออกมีสารประกอบเพคตินสูง เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดเจลของเพคตินได้ โดยจะดูดซับเอาสารออสโมติกเข้าไปด้วย และยังขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ เมื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรคร่วมกับสารละลายออสโมติก กรดสามารถช่วยยับยั้งการเกิดเจลของสารประกอบเพคตินนี้ได้ (ปิยวรรณและคณะ, 2542)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่า WL และ SG ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปเข้มข้น 65° Brix ที่อุณหภูมิห้อง และเวลาต่าง ๆ

4.2.3 ผลของความเข้มข้นของซูโครสไซรัปร่วมกับอุณหภูมิ

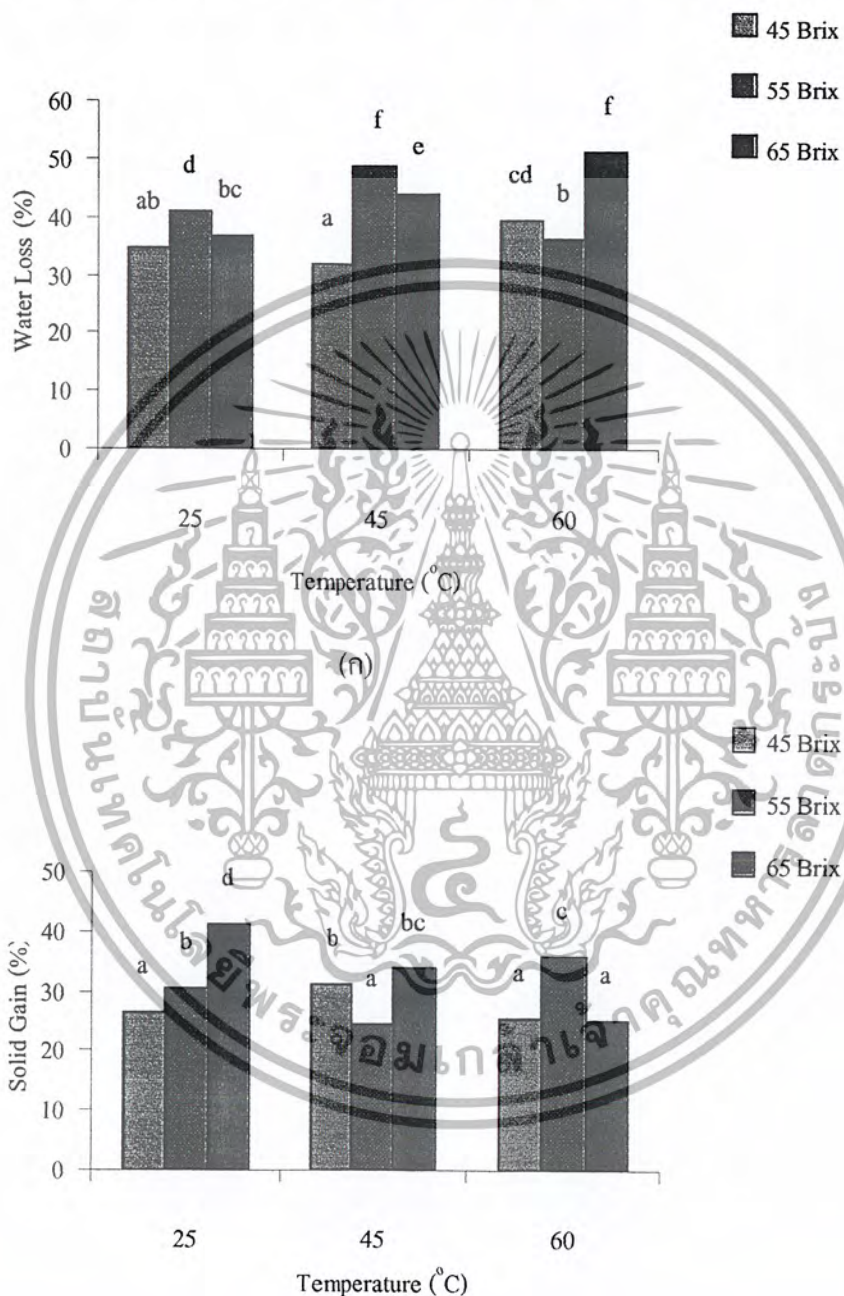
เมื่อพิจารณาค่า WL และ ค่า SG ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีค่า WL สูงสุด เมื่อใช้ความเข้มข้นของซูโครสไซรัป 55° Brix และ ค่า SG เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครสไซรัป รูปที่ 4.4 (ก) และ 4.4 (ข)

กล่าวได้ว่าการเพิ่มความเข้มข้นของซูโครสไซรัปทำให้ค่า WL และ SG สูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างชิ้นแคนตาลูปกับสารละลาย ทำให้เกิดการถ่ายมวลสารได้มาก แต่การใช้ความเข้มข้นสูงเกิน 55° Brix จะทำให้ค่า WL ลดลง เพราะมีสารออสโมติกซึมผ่านเข้าชิ้นแคนตาลูปมากขึ้นจึงทำให้ความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างชิ้นแคนตาลูปกับสารละลายลดลง ชะลออัตราเร็วในการดึงน้ำออกให้ช้าลง ทำให้มีค่า WL ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Giraldo et al. (2002) ซึ่งทดลองในมะม่วงพบว่า ความเข้มข้นที่ทำให้แนวโน้มค่า WL สูงสุด อยู่ที่ 45° Brix

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของซูโครสไซรัปเป็น 45° C พบว่าการแช่แคนตาลูปในซูโครสไซรัปเข้มข้น 55 และ 65° Brix มีค่า WL สูงขึ้น และค่า SG ลดลง เมื่อเทียบกับการแช่ที่อุณหภูมิห้อง รูปที่ 4.4 (ก) และ 4.4 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิของซูโครสไซรัปทำให้ ค่า WL สูงขึ้น แต่ค่า SG ลดลง การใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ 55 ° Brix ขึ้นไป ความเข้มข้นที่มากพอและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเร่งอัตราเร็วในการคั่งน้ำออกให้เร็วยิ่ง ความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างขึ้นแคนตาลูปกับสารละลายลดลงอย่างรวดเร็ว จะตอไม่ให้สารออสโมติกซึมเข้าในเซลล์ได้มาก



(ข)

หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) วิธี DMRT รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า WL และ SG ของขึ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยความเข้มข้นของซูโครสไซรัปและอุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออุณหภูมิเป็น 60°C มีผลให้ค่า WL เพิ่มขึ้น และค่า SG ลดลง เมื่อใช้ความเข้มข้น 45 และ 65°Brix ส่วนการใช้ความเข้มข้น 55°Brix ทำให้ค่า WL ลดลง แต่ไม่ทำให้ค่า SG เพิ่มขึ้น รูปที่ 4.4 (ก) และ 4.4 (ข)

กล่าวได้ว่าความร้อนสูงมีผลทำให้ผนังเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง การใช้ความเข้มข้น ต่ำกว่า 65°Brix จะทำให้ความแตกต่างของแรงดันการออสโมติคระหว่างชั้นแคนตาลูปกับสารละลายไม่เพียงพอที่จะเร่งให้มีอัตราการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นได้เร็ว เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล จะทำให้ความเข้มข้นของสารออสโมติคภายในชั้นแคนตาลูปและสารละลายสมดุลกัน การใช้ความเข้มข้น 65°Brix ความแตกต่างของแรงดันออสโมติคระหว่างชั้นแคนตาลูปกับสารละลายมีมากพอ จึงเกิดการเร่งอัตราการดึงน้ำออกจากเซลล์ให้เร็วยิ่งขึ้น สารออสโมติคจึงซึมเข้าเซลล์ได้น้อยลง

4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น (a_w) ของชั้นแคนตาลูปหลังการแช่

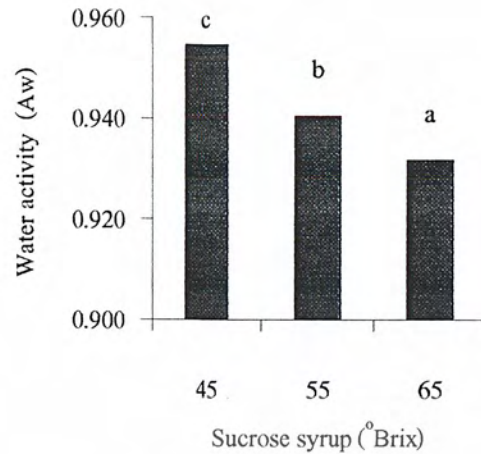
จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสไซรัป และอุณหภูมิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ค่าความชื้น (a_w) ของชั้นแคนตาลูปหลังการแช่ ($p \leq 0.01$)

4.3.1 ผลของความเข้มข้นซูโครสไซรัป

การเพิ่มความเข้มข้นของซูโครสไซรัปทำให้ค่า a_w ลดลง รูปที่ 4.5 เนื่องจากการถ่ายเทมวลสารระหว่างชั้นแคนตาลูปกับสารละลายจะเกิดขึ้นจนกระทั่ง ทำให้ a_w ภายในชั้นแคนตาลูปและสารละลายสมดุลกัน ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติคที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า a_w ลดลง จึงทำให้ชั้นแคนตาลูปหลังแช่มีค่า a_w ลดลงด้วย

4.3.2 ผลของอุณหภูมิ

การใช้อุณหภูมิ 60°C มีผลทำให้ ค่า a_w ลดลง รูปที่ 4.6 เนื่องจากความร้อนทำให้การถ่ายเทมวลสารระหว่างชั้นแคนตาลูปกับสารละลายเกิดได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลจะทำให้ค่า a_w ของชั้นแคนตาลูปสมดุลกับค่า a_w ของสารละลายออสโมติคมากยิ่งขึ้น



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) วิธี DMRT รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า a_w ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปความเข้มข้นต่าง ๆ



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) วิธี DMRT รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่า a_w ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นแคนตาลูปภายหลังการแช่

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความเข้มข้นของซูโครสไซรัป ปริมาณกรดซิตริก และอุณหภูมิ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ เปอร์เซ็นต์การหดตัว ($p \leq 0.01$) โดยทั้งสามตัวแปรนี้มีอิทธิพลร่วมกัน ($p \leq 0.01$) และยังมีอิทธิพลร่วมเฉพาะความเข้มข้นของซูโครสไซรัปกับปริมาณกรดซิตริก ($p \leq 0.05$)

พบว่า การใช้ความเข้มข้นของซูโครสไซรัป 55° Brix ทำให้เกิดการหดตัวของชิ้นแคนตาลูปสูงสุด มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 43.82 ถึง 58.72 เปอร์เซ็นต์ ตารางที่ 4.2 เนื่องจากแคนตาลูปที่แช่สารละลายออสโมติกเข้มข้น 55° Brix ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าการใช้สารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้นอื่น ๆ จึงเกิดการหดตัวได้มากกว่า

การเพิ่มปริมาณกรดทำให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นแคนตาลูปเพิ่มขึ้น เนื่องจากไอออนของกรดช่วยเพิ่มความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างชิ้นแคนตาลูปกับสารละลาย ทำให้สามารถดึงน้ำออกได้เร็วและมากขึ้น การหดตัวจึงเกิดขึ้นได้มาก

การเพิ่มอุณหภูมิทำให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นแคนตาลูปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนนอกจากจะทำให้ผนังเซลล์แคนตาลูปเกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วยังเร่งกระบวนการถ่ายเทมวลสารระหว่างชิ้นแคนตาลูปกับสารละลาย ทำให้การสูญเสียน้ำเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ชิ้นแคนตาลูปจึงหดตัวได้มาก

Sucrose syrup concentration(°Brix)	Citric acid	Temperature(°C)	Shrinkage(%)	
45	0	25	27.35 ^{ab}	
		45	47.32 ^{de}	
		60	50.29 ^{de}	
	0.5	25	38.54 ^{bcd}	
		45	40.28 ^{bcd}	
		60	49.49 ^{de}	
	1	25	50.99 ^{de}	
		45	44.06 ^{cde}	
		60	44.93 ^{cde}	
55	0	25	46.50 ^{de}	
		45	48.47 ^{de}	
		60	45.31 ^{de}	
	0.5	25	50.99 ^{de}	
		45	48.39 ^{de}	
		60	58.72 ^e	
	1	25	50.34 ^{de}	
		45	58.56 ^e	
		60	43.82 ^{cde}	
	65	0	25	40.12 ^{bcd}
			45	21.53 ^a
			60	40.99 ^{bcd}
0.5		25	41.28 ^{bcd}	
		45	52.25 ^{de}	
		60	58.08 ^e	
1		25	29.33 ^{abc}	
		45	40.74 ^{bcd}	
		60	49.81 ^{de}	

หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) วิธี DMRT ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปด้วยวิธี

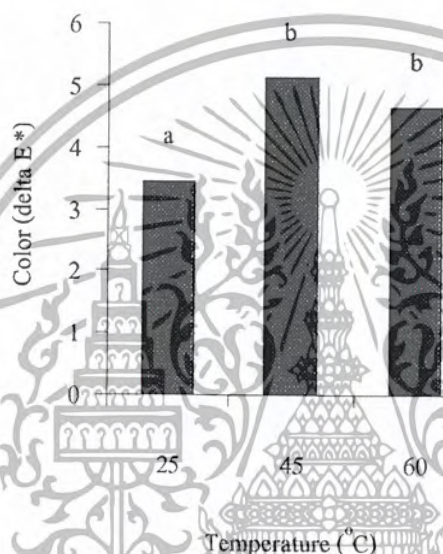
ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของค่าสี(ΔE^*)ของชิ้นแคนตาลูปภายหลังแช่ซูโครสไซรัป

จากตารางที่ 4.1 พบว่า อุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของค่าสี(ΔE^*)ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ ($p \leq 0.01$) และตัวแปรอื่นๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

การใช้ซูโครสไซรัปร่วมกับการเพิ่มอุณหภูมิ ทำให้ความแตกต่างของค่าสีของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่เพิ่มขึ้น รูปที่ 4.9 เนื่องจากความร้อนจะเร่งการเกิดสีน้ำตาล (non-enzymatic browning) จึงทำให้เนื้อแคนตาลูปมีสีน้ำตาลมากขึ้น



หมายเหตุ : วิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) วิธี DMRT
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความแตกต่างของค่าสี (ΔE^*) ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ซูโครสไซรัปที่อุณหภูมิต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สภาวะในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากผลการทดลองที่ได้ มีหลายทางเลือกขึ้นอยู่กับความสะดวกและความต้องการของผู้บริโภค

การใช้เวลา เวลาที่เหมาะสมในการแช่ไม่เกิน 6 ชั่วโมง และหากต้องการประหยัดเวลาจากนี้ การใช้กรดซิตริกร่วมด้วย 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้เวลาแช่เพียง 2 ชั่วโมง แต่มีข้อเสียที่ต้องพิจารณาทั้งเรื่องเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เนื่องจากการเค็มกรจะส่งผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และหากเค็มกรปริมาณมากจนเกินไปอาจทำให้เกิดรสเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์ได้

การใช้ความเข้มข้น ความเข้มข้นของซูโครสไซรัป 55° Brix สามารถคั่งน้ำออกได้มากที่สุดโดยไม่ทำให้น้ำตาลซึมเข้าในเนื้อมากจนเกินไป แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเกิดการหดตัวมากกว่าการใช้ความเข้มข้นอื่น หากยอมรับให้ผลิตภัณฑ์มีความหวานเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย อาจใช้ความเข้มข้น 65° Brix เพราะทำให้ผลิตภัณฑ์หดตัวได้น้อยที่สุด เนื่องจากน้ำตาลที่ซึมเข้าไปจะช่วยทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้

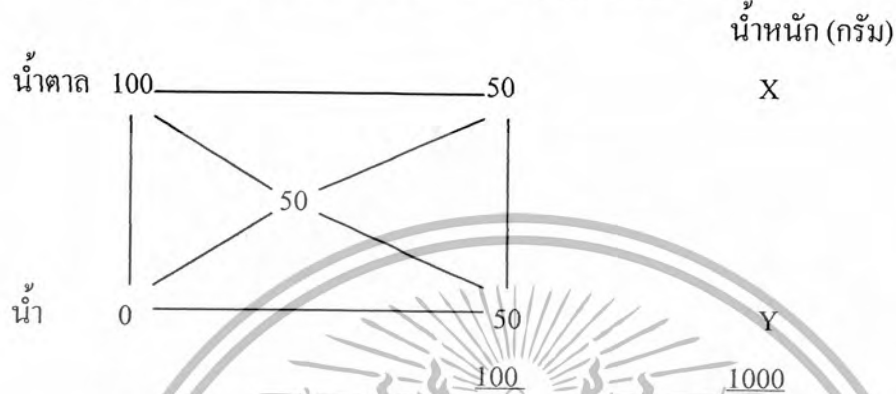
การใช้อุณหภูมิ โดยทั่วไปนิยมทำที่อุณหภูมิห้องเนื่องจากสะดวกและช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต แต่การเพิ่มอุณหภูมิซูโครสไซรัปเพียง 45 องศาเซลเซียส ช่วยให้การคั่งน้ำออกได้มากยิ่งขึ้นและลดปริมาณน้ำตาลที่ซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์ลงได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มอุณหภูมิจะมีผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. การปรับความเข้มข้นของซูโครสไซรัปโดยวิธีของ Pearson Square

ยกตัวอย่างในการปรับความเข้มข้นของซูโครสไซรัป เช่น หากต้องการเตรียมซูโครสไซรัปเข้มข้น 50 องศาบริกซ์จำนวน 1000 กรัม มีวัตถุดิบ คือ น้ำตาลซูโครส (100 องศา บริกซ์) และน้ำสะอาด (0 องศาบริกซ์) จะคำนวณโดยวิธีของ Pearson Square ดังนี้



วิธีคำนวณ

ที่มุมบน และ ล่าง ของด้านซ้ายของสี่เหลี่ยม จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด ของวัตถุดิบ ตรงกลางเป็นระดับความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ต้องการ ส่วนมุมบน และ ล่างด้านขวาของสี่เหลี่ยม จะเป็นผลจากการลบระหว่างค่าที่มุมบน และ ล่าง กับค่าตัวเลขตรงกลางสำหรับค่า X และ Y เป็นน้ำหนักของวัสดุที่ใช้แต่ละชนิด

$$\text{น้ำตาลที่ใช้ (X)} = 50/100 = X/1000$$

$$X = 500 \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำที่ใช้ (Y)} = 50/100 = Y/1000$$

$$Y = 500 \text{ กรัม}$$

หากวัตถุดิบเริ่มต้นเป็นน้ำเชื่อม จะต้องปรับให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ให้ใช้วิธีเดียวกัน โดยต้องทราบค่าความเข้มข้นของน้ำเชื่อม แล้วใช้ refractometer วัด

ภาคผนวก ข. ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไฮรอป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี		
45	0	25	2	1	24.18	15.81	0.964	35.27	0		
				2	34.25	14.33	0.966	38.29	0		
				3	35.22	19.25	0.984	44.32	0		
			4	1	31.97	20.06	0.963	29.09	1.71		
				2	35.63	22.71	0.962	33.11	6.17		
				3	29.96	27.49	0.969	49.42	5.22		
			6	1	32.03	23.77	0.962	21.05	2.72		
				2	39.17	21.75	0.946	8.76	6.36		
				3	33.09	28.17	0.966	45.40	3.33		
			8	1	34.44	21.74	0.951	43.75	1.34		
				2	37.79	22.27	0.952	37.60	4.22		
				3	38.92	31.25	0.958	55.09	4.82		
		45	0	60	2	1	26.83	22.41	0.946	47.34	0
						2	24.40	22.90	0.960	27.85	0
						3	22.30	19.66	0.962	13.70	0
					4	1	28.79	26.73	0.950	52.25	2.38
						2	29.42	27.60	0.944	38.07	5.35
						3	23.98	27.82	0.957	51.07	5.15
					6	1	32.35	29.10	0.942	48.24	2.63
						2	29.31	29.33	0.960	35.47	6.28
						3	29.30	30.10	0.961	36.65	7.67
					8	1	35.40	32.93	0.945	31.22	4.89
						2	26.40	29.97	0.947	34.76	2.45
						3	28.37	31.85	0.950	37.36	6.57
60	0	60	2	1	27.50	21.24	0.952	47.57	0		
				2	32.72	17.09	0.951	48.26	0		
				3	34.71	18.91	0.958	46.41	0		
			4	1	30.96	22.32	0.917	0.96	0.85		
				2	35.17	21.06	0.946	23.89	6.49		
				3	33.47	25.08	0.950	42.80	2.69		
			6	1	35.37	20.57	0.941	43.98	3.27		
				2	42.88	20.20	0.952	42.09	8.85		
				3	40.82	25.01	0.944	46.35	2.23		
			8	1	40.59	27.63	0.945	30.27	3.65		
				2	43.88	18.30	0.951	12.78	7.23		
				3	43.68	24.79	0.951	56.98	1.15		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไซรัป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี		
45	0.5	25	2	1	27.67	18.45	0.964	37.13	0		
				2	29.56	19.68	0.964	54.76	0		
				3	32.15	23.49	0.965	47.34	0		
			4	1	31.27	22.81	0.968	28.15	2.76		
				2	36.48	19.16	0.956	15.15	3.71		
				3	32.55	28.70	0.968	39.02	3.38		
			6	1	34.28	27.90	0.977	52.96	3.15		
				2	33.65	25.30	0.969	46.58	1.19		
				3	33.61	30.44	0.960	60.53	5.29		
			8	1	34.27	27.47	0.974	54.62	5.44		
				2	37.17	23.56	0.964	28.15	4.21		
				3	36.39	31.89	0.973	40.44	2.45		
		45	0.5	45	2	1	31.11	25.43	0.965	39.22	0
						2	25.67	23.86	0.958	34.11	0
						3	25.26	21.53	0.966	32.95	0
					4	1	28.98	27.38	0.960	8.05	4.24
						2	27.25	27.68	0.951	33.11	3.77
						3	27.32	27.32	0.964	47.05	1.72
					6	1	29.00	31.20	0.965	37.36	5.64
						2	31.68	30.16	0.951	36.42	4.89
						3	31.51	32.22	0.957	44.93	2.57
					8	1	31.03	36.70	0.976	36.42	7.53
						2	33.67	32.86	0.952	39.96	6.11
						3	33.41	28.50	0.966	44.69	8.17
	60	0.5	60	2	1	35.25	18.48	0.956	41.07	0	
					2	35.73	16.26	0.952	43.86	0	
					3	30.59	21.09	0.965	54.30	0	
				4	1	37.36	25.48	0.959	16.09	0.65	
					2	40.28	19.26	0.935	41.85	1.29	
					3	28.28	26.70	0.951	54.15	5.52	
				6	1	37.46	26.00	0.946	49.18	2.95	
					2	43.91	21.12	0.946	7.11	3.51	
					3	31.71	31.57	0.943	45.64	3.43	
				8	1	39.16	24.44	0.964	42.80	4.92	
					2	48.34	29.39	0.942	25.78	2.04	
					3	38.25	42.88	0.937	20.11	2.34	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครส ไซรัป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี
45	1	25	2	1	31.39	22.48	0.968	46.64	0
				2	34.31	18.44	0.977	25.99	0
				3	35.31	26.90	0.977	21.35	0
			4	1	44.56	25.76	0.971	52.49	3.95
				2	38.88	23.21	0.980	41.62	1.65
				3	39.85	27.21	0.975	28.62	7.28
			6	1	35.27	27.19	0.964	54.38	3.25
				2	37.40	27.44	0.954	39.73	6.21
				3	38.41	33.49	0.956	51.31	3.60
			8	1	35.63	26.83	0.967	39.49	4.28
				2	38.86	26.08	0.955	51.31	6.69
				3	38.60	31.91	0.961	58.87	4.73
		2	1	32.17	29.11	0.964	54.06	0	
			2	29.04	27.63	0.960	53.14	0	
			3	25.12	27.35	0.960	38.29	0	
		4	1	35.16	32.97	0.957	51.07	4.76	
			2	35.92	33.28	0.953	43.51	4.60	
			3	33.21	26.13	0.959	53.67	3.84	
		6	1	38.59	34.67	0.960	23.89	2.08	
			2	33.24	34.50	0.950	46.58	5.26	
			3	31.56	33.19	0.957	57.22	4.97	
		8	1	33.99	32.20	0.955	40.20	3.26	
			2	32.45	34.51	0.953	37.84	6.86	
			3	30.22	33.97	0.929	28.85	9.43	
		2	1	36.77	21.55	0.956	50.82	0	
			2	41.47	20.62	0.955	42.70	0	
			3	29.57	26.72	0.956	51.74	0	
		4	1	36.68	26.59	0.955	41.62	3.33	
			2	38.70	24.29	0.943	66.44	4.30	
			3	33.78	29.54	0.939	67.62	4.11	
		6	1	39.99	25.76	0.951	26.25	0.96	
			2	43.22	21.76	0.944	31.93	3.20	
			3	37.79	28.98	0.945	56.98	7.21	
		8	1	44.12	23.74	0.938	59.58	3.27	
			2	38.46	28.69	0.946	14.67	9.38	
			3	42.25	29.79	0.941	37.84	3.21	
60	1	45	4	1	36.77	21.55	0.956	50.82	0
				2	41.47	20.62	0.955	42.70	0
				3	29.57	26.72	0.956	51.74	0
			6	1	36.68	26.59	0.955	41.62	3.33
				2	38.70	24.29	0.943	66.44	4.30
				3	33.78	29.54	0.939	67.62	4.11
			8	1	39.99	25.76	0.951	26.25	0.96
				2	43.22	21.76	0.944	31.93	3.20
				3	37.79	28.98	0.945	56.98	7.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไฮรอป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี	
55	0	25	2	1	28.46	23.69	0.962	28.78	0	
				2	31.87	19.13	0.970	11.14	0	
				3	33.02	23.06	0.961	47.10	0	
			4	1	33.01	30.07	0.959	44.45	2.11	
				2	39.40	27.06	0.964	50.13	2.50	
				3	33.53	28.86	0.957	50.13	6.97	
			6	1	32.52	31.02	0.955	22.47	1.57	
				2	46.74	26.03	0.946	43.98	3.61	
				3	42.37	33.14	0.951	40.20	5.27	
			8	1	36.12	33.58	0.947	12.78	4.46	
				2	38.59	26.28	0.950	43.75	5.04	
				3	30.05	45.70	0.974	49.18	6.05	
			2	1	34.41	17.75	0.958	20.42	0	
				2	38.82	13.69	0.960	30.40	0	
				3	39.12	23.94	0.958	48.50	0	
			4	1	46.94	16.63	0.942	40.91	9.77	
				2	43.45	20.86	0.954	26.73	2.41	
				3	41.20	30.28	0.958	8.05	7.52	
			6	1	46.56	20.27	0.948	43.27	5.70	
				2	48.47	21.13	0.940	60.53	4.17	
				3	50.51	21.17	0.939	44.22	7.02	
			8	1	48.40	24.60	0.944	42.56	7.34	
				2	48.04	23.39	0.952	26.73	2.99	
				3	40.10	36.19	0.957	45.40	6.02	
		2	1	26.81	23.98	0.950	45.94	0		
			2	24.91	23.71	0.944	19.03	0		
			3	23.11	24.07	0.952	52.90	0		
		4	1	29.48	32.05	0.943	39.25	4.56		
			2	27.30	31.42	0.948	39.02	5.75		
			3	29.64	27.73	0.943	45.64	3.44		
		6	1	31.21	34.89	0.949	43.27	2.89		
			2	34.36	30.60	0.932	58.40	7.66		
			3	31.99	35.22	0.937	43.98	7.52		
		8	1	34.87	40.78	0.947	45.64	2.90		
			2	33.62	31.88	0.940	44.93	3.71		
			3	27.72	31.03	0.940	27.91	6.14		
		60	0	2	1	26.81	23.98	0.950	45.94	0
					2	24.91	23.71	0.944	19.03	0
					3	23.11	24.07	0.952	52.90	0
				4	1	29.48	32.05	0.943	39.25	4.56
					2	27.30	31.42	0.948	39.02	5.75
					3	29.64	27.73	0.943	45.64	3.44
				6	1	31.21	34.89	0.949	43.27	2.89
					2	34.36	30.60	0.932	58.40	7.66
					3	31.99	35.22	0.937	43.98	7.52
				8	1	34.87	40.78	0.947	45.64	2.90
					2	33.62	31.88	0.940	44.93	3.71
					3	27.72	31.03	0.940	27.91	6.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไซรัป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี
55	0.5	25	2	1	31.80	29.14	0.948	44.09	0
				2	31.48	22.49	0.957	55.46	0
				3	33.91	30.90	0.958	42.93	0
			4	1	35.96	38.41	0.957	33.58	2.89
				2	37.36	25.74	0.945	35.95	3.97
				3	33.41	31.27	0.957	49.42	2.48
			6	1	41.67	37.23	0.938	24.13	4.69
				2	40.79	23.99	0.938	19.16	1.10
				3	47.11	32.44	0.960	26.49	1.63
			8	1	34.65	39.53	0.963	36.42	7.86
				2	41.57	22.86	0.946	39.25	1.35
				3	39.38	26.56	0.943	66.44	5.11
		45	2	1	39.81	16.73	0.945	29.01	0
				2	45.88	13.50	0.956	38.75	0
				3	40.42	20.09	0.959	22.51	0
			4	1	49.41	17.72	0.935	48.47	6.02
				2	51.04	18.93	0.940	57.93	4.96
				3	51.99	23.75	0.944	53.91	1.87
			6	1	46.38	23.58	0.932	52.49	7.78
				2	49.05	22.53	0.951	62.42	6.14
				3	44.30	30.64	0.953	37.60	3.19
			8	1	50.06	24.35	0.930	59.58	6.55
				2	52.55	23.32	0.934	53.91	7.99
				3	47.70	29.60	0.947	39.49	4.65
	60	2	1	31.70	26.87	0.927	52.90	0	
			2	25.52	28.87	0.939	43.86	0	
			3	26.33	25.55	0.943	55.92	0	
		4	1	25.13	29.96	0.942	53.91	2.97	
			2	38.00	31.55	0.932	47.29	2.99	
			3	37.46	31.14	0.921	56.27	6.24	
		6	1	39.92	40.92	0.919	51.31	3.12	
			2	37.36	33.35	0.905	38.31	4.22	
			3	36.55	31.07	0.926	31.45	6.24	
		8	1	36.70	41.56	0.900	47.76	2.44	
			2	34.13	40.45	0.919	53.20	4.24	
			3	36.11	31.04	0.931	50.13	12.37	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไซรัป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี	
55	1	25	2	1	40.83	29.33	0.958	59.40	0	
				2	36.77	23.38	0.961	51.74	0	
				3	30.74	35.51	0.958	49.19	0	
			4	1	46.52	33.66	0.965	29.33	1.88	
				2	42.67	31.93	0.952	46.11	2.29	
				3	40.25	35.03	0.956	57.69	1.28	
			6	1	39.94	34.81	0.953	15.62	4.98	
				2	43.40	31.41	0.955	35.71	2.04	
				3	44.34	36.40	0.949	45.87	4.07	
			8	1	41.27	37.38	0.969	28.15	6.02	
				2	44.79	29.66	0.947	56.51	4.59	
				3	43.90	40.33	0.962	53.20	3.03	
		45	2	7	1	44.06	19.43	0.940	46.18	0
					2	51.36	16.46	0.943	54.99	0
					3	42.08	32.40	0.957	43.16	0
			4	7	1	40.38	21.28	0.961	41.85	6.23
					2	49.18	21.61	0.937	38.07	1.58
					3	50.27	30.45	0.950	54.62	7.30
			6	7	1	46.08	28.60	0.950	49.65	8.29
					2	60.99	22.68	0.946	56.51	5.73
					3	52.30	33.67	0.951	56.98	4.69
			8	7	1	54.01	24.49	0.953	29.80	8.34
					2	52.28	26.24	0.947	32.87	5.91
					3	45.17	38.62	0.951	59.82	4.70
		60	2	7	1	33.34	32.83	0.950	34.34	0
					2	36.07	35.29	0.936	65.90	0
					3	33.35	30.08	0.941	28.08	0
			4	7	1	35.57	40.86	0.901	59.35	6.46
					2	36.80	31.15	0.923	48.24	2.00
					3	37.26	25.71	0.955	54.38	4.75
			6	7	1	40.72	37.37	0.922	55.33	4.90
					2	34.85	40.51	0.939	47.29	3.13
					3	38.24	34.25	0.911	56.04	3.72
			8	7	1	37.34	39.88	0.929	10.42	8.32
					2	31.65	39.08	0.905	58.16	7.97
					3	33.19	36.69	0.932	55.09	3.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไฮรป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี
65	0	25	2	1	30.73	34.93	0.963	40.84	0
				2	26.88	29.22	0.954	36.20	0
				3	26.87	28.52	0.958	31.10	0
			4	1	23.23	37.76	0.961	36.42	4.55
				2	32.16	35.84	0.942	48.95	7.58
				3	27.16	34.54	0.957	48.00	6.58
			6	1	31.28	36.91	0.956	44.22	3.40
				2	37.24	43.07	0.941	54.38	2.51
				3	40.36	36.55	0.935	31.45	3.81
			8	1	37.79	47.08	0.949	31.22	4.45
				2	38.34	43.53	0.944	48.71	5.07
				3	33.89	43.84	0.944	50.84	8.25
		45	2	1	31.28	26.42	0.946	35.04	0
				2	38.06	19.30	0.944	42.46	0
				3	33.80	29.04	0.953	42.70	0
			4	1	41.26	31.27	0.918	42.09	6.90
				2	43.20	23.48	0.927	31.69	3.16
				3	36.32	34.55	0.940	35.47	3.18
			6	1	41.24	28.89	0.951	39.96	4.36
				2	41.73	25.42	0.932	47.53	2.59
				3	38.86	36.44	0.924	26.96	3.77
			8	1	53.53	24.93	0.930	33.35	7.01
				2	50.22	26.30	0.924	58.64	6.07
				3	46.55	32.74	0.953	42.56	6.03
		60	2	1	36.74	15.89	0.941	41.54	0
				2	45.74	12.25	0.937	25.30	0
				3	41.17	25.14	0.941	46.41	0
			4	1	41.49	20.16	0.922	15.85	2.94
				2	50.91	17.87	0.916	41.15	5.68
				3	50.16	24.43	0.945	57.45	3.86
			6	1	39.99	22.26	0.923	47.29	4.86
				2	52.19	16.39	0.905	30.04	2.64
				3	49.51	32.57	0.931	56.75	6.28
			8	1	56.28	18.16	0.934	31.93	4.31
				2	48.44	21.91	0.913	40.20	0.83
				3	54.52	28.47	0.941	46.35	7.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไซรัป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี
65	0.5	25	2	1	30.03	31.97	0.952	59.63	0
				2	23.73	29.05	0.959	40.14	0
				3	27.50	30.44	0.959	35.74	0
			4	1	27.37	39.23	0.945	43.04	3.32
				2	37.71	46.25	0.959	48.95	3.27
				3	34.94	37.27	0.952	65.96	2.15
			6	1	36.43	42.46	0.947	13.49	3.22
				2	39.24	43.74	0.947	38.78	1.15
				3	41.28	37.00	0.948	43.98	2.45
			8	1	38.91	46.77	0.950	55.09	3.48
				2	37.26	44.80	0.937	44.22	5.99
				3	36.26	42.16	0.943	56.04	1.88
		45	2	1	37.58	28.00	0.951	54.76	0
				2	40.62	24.34	0.952	31.56	0
				3	32.77	30.59	0.951	34.58	0
			4	1	40.31	39.42	0.940	38.55	4.17
				2	48.16	24.46	0.941	39.02	3.29
				3	34.69	34.33	0.940	52.49	3.33
			6	1	46.22	38.22	0.939	30.27	5.01
				2	48.06	24.78	0.944	56.98	5.03
				3	37.56	38.21	0.914	41.38	7.08
			8	1	50.26	35.03	0.945	47.29	7.17
				2	48.09	24.31	0.930	51.31	1.61
				3	50.29	34.09	0.918	45.16	1.83
		60	20	1	39.28	16.55	0.949	17.41	0
				2	47.89	13.59	0.951	44.55	0
				3	48.62	21.72	0.938	48.03	0
			4	1	48.81	19.40	0.910	43.75	3.49
				2	53.60	16.72	0.929	41.15	6.00
				3	56.40	21.72	0.924	57.93	1.73
			6	1	51.80	21.29	0.919	46.11	10.31
				2	54.49	15.26	0.936	20.35	4.81
				3	49.51	30.76	0.916	36.65	3.40
			8	1	54.81	24.49	0.928	60.05	8.83
				2	63.16	21.69	0.919	24.84	7.26
				3	49.45	34.80	0.882	58.40	1.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.(ต่อ) ตารางบันทึกผลการทดลองรวม

ความเข้มข้นของ ซูโครสไซรัป (องศาบริกซ์)	ปริมาณ กรดซิตริก (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิของ การแช่ (องศาเซลเซียส)	เวลา ในการแช่ (ชั่วโมง)	ตัวอย่างซ้ำที่	WL	SG	Aw	%การหดตัว	สี	
65	1	25	2	1	32.85	33.43	0.955	51.98	0	
				2	25.30	34.05	0.960	44.78	0	
				3	33.98	38.75	0.957	60.79	0	
			4	1	35.99	42.82	0.934	53.20	4.16	
				2	45.80	42.38	0.934	34.05	6.47	
				3	32.38	42.63	0.945	66.44	5.27	
			6	1	40.48	49.32	0.937	59.11	3.94	
				2	34.82	41.89	0.944	46.35	4.72	
				3	39.99	45.87	0.939	67.85	3.91	
			8	1	45.53	48.96	0.931	63.84	5.40	
				2	38.00	44.87	0.936	52.49	7.12	
				3	33.59	38.94	0.939	34.76	1.99	
		45	2	2	1	44.67	26.44	0.941	49.66	0
					2	46.89	23.05	0.951	74.48	0
					3	39.04	35.75	0.951	53.83	0
			4	2	1	49.76	35.27	0.928	26.49	2.50
					2	52.43	25.70	0.939	28.38	4.48
					3	47.67	41.85	0.937	31.45	6.96
			6	2	1	44.88	50.37	0.919	56.27	3.44
					2	54.95	26.55	0.948	42.80	4.18
					3	45.70	39.45	0.924	37.13	7.97
			8	2	1	43.73	41.58	0.907	64.55	3.83
					2	49.92	29.62	0.916	41.85	5.56
					3	51.75	37.47	0.919	54.15	11.31
60	2	2	1	47.27	20.51	0.916	61.95	0		
			2	49.99	20.24	0.930	56.15	0		
			3	52.29	30.37	0.941	39.91	0		
	4	2	1	48.90	25.06	0.902	28.38	4.44		
			2	49.60	21.81	0.926	59.82	4.94		
			3	60.51	25.06	0.920	60.05	1.65		
	6	2	1	50.79	27.04	0.894	40.20	3.90		
			2	47.50	19.79	0.929	50.36	4.25		
			3	51.44	35.44	0.910	48.47	5.48		
	8	2	1	56.25	25.27	0.895	43.04	2.82		
			2	57.62	20.57	0.877	53.20	4.33		
			3	50.72	35.13	0.914	56.04	6.66		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ตารางวิเคราะห์ปัจจัยในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: WL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	28379.719(a)	26	1091.528	42.105	.000
Intercept	972994.675	1	972994.675	37532.646	.000
BRIX	8213.472	2	4106.736	158.415	.000
CITRIC	1583.136	2	791.568	30.534	.000
TEMP	2939.760	2	1469.880	56.700	.000
BRIX * CITRIC	141.475	4	35.369	1.364	.245
BRIX * TEMP	15289.173	4	3822.293	147.443	.000
CITRIC * TEMP	50.613	4	12.653	.488	.745
BRIX * CITRIC * TEMP	162.090	8	20.261	.782	.619
Error	16098.77	621	25.924		
Total	1017473.171	648			
Corrected Total	44478.496	647			

a. R Squared = .638 (Adjusted R Squared = .623)

ตารางที่ ก.1 วิเคราะห์ค่า WL ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยวิธี ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. (ต่อ) ตารางวิเคราะห์ปัจจัยในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SG

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19410.715(a)	26	746.566	23.874	.000
Intercept	537032.540	1	537032.540	17173.284	.000
BRIX	2954.390	2	1477.195	47.238	.000
CITRIC	1359.023	2	679.512	21.729	.000
TEMP	2882.767	2	1441.384	46.093	.000
BRIX * CITRIC	146.222	4	36.555	1.169	.323
BRIX * TEMP	11884.142	4	2971.035	95.008	.000
CITRIC * TEMP	41.659	4	10.415	.333	.856
BRIX * CITRIC * TEMP	142.512	8	17.814	.570	.803
Error	19419.536	621	31.271		
Total	575862.792	648			
Corrected Total	38830.252	647			

a. R Squared = .500 (Adjusted R Squared = .479)

ตารางที่ ก.2 วิเคราะห์ค่า SG ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยวิธี ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. (ต่อ) ตารางวิเคราะห์ปัจจัยในการดึงน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AW

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.016(a)	26	.001	6.157	.000
Intercept	71.903	1	71.903	740889.43	.000
BRIX	.007	2	.004	36.866	.000
CITRIC	8.862E-05	2	4.431E-05	.457	.636
TEMP	.006	2	.003	33.250	.000
BRIX * CITRIC	.001	4	.000	1.597	.188
BRIX * TEMP	.000	4	8.823E-05	.909	.465
CITRIC * TEMP	.000	4	7.235E-05	.745	.565
BRIX * CITRIC * TEMP	.001	8	7.204E-05	.742	.654
Error	.005	54	9.705E-05		
Total	71.924	81			
Corrected Total	.021	80			

a. R Squared = .748 (Adjusted R Squared = .626)

ตารางที่ ก.3 วิเคราะห์ค่า a_w ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยวิธี ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. (ต่อ) ตารางวิเคราะห์ปัจจัยในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: SHRINK

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10383.715(a)	26	399.374	2.551	.000
Intercept	1174669.797	1	1174669.797	7503.784	.000
BRIX	79.683	2	39.841	.255	.775
CITRIC	2878.963	2	1439.481	9.195	.000
TEMP	767.818	2	383.909	2.452	.087
BRIX * CITRIC	2426.111	4	606.528	3.874	.004
BRIX * TEMP	1095.552	4	273.888	1.750	.137
CITRIC * TEMP	994.805	4	248.701	1.589	.176
BRIX * CITRIC * TEMP	2140.784	8	267.598	1.709	.093
Error	97213.617	621	156.544		
Total	1282267.129	648			
Corrected Total	107597.332	647			

a. R Squared = .097 (Adjusted R Squared = .059)

ตารางที่ ก.4 วิเคราะห์ค่า Shrink ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยวิธี ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. (ต่อ) ตารางวิเคราะห์ปัจจัยในการคั่งน้ำออกจากแคนตาลูปด้วยวิธีออสโมติก

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: COLOR

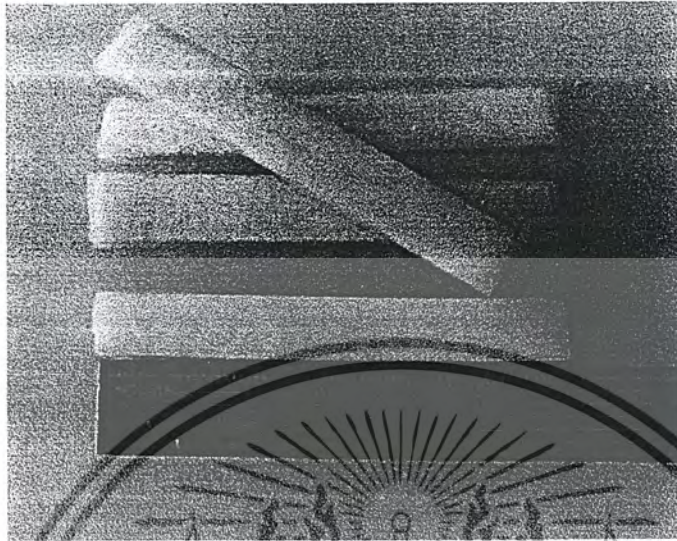
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	93.719(a)	26	3.605	.935	.563
Intercept	1566.752	1	1566.752	406.266	.000
BRIX	2.838	2	1.419	.368	.694
CITRIC	1.870	2	.935	.242	.786
TEMP	39.564	2	19.782	5.130	.009
BRIX * CITRIC	12.246	4	3.061	.794	.534
BRIX * TEMP	13.840	4	3.460	.897	.472
CITRIC * TEMP	13.272	4	3.318	.860	.494
BRIX * CITRIC * TEMP	10.089	8	1.261	.327	.952
Error	208.249	54	3.856		
Total	1868.721	81			
Corrected Total	301.968	80			

a. R Squared = .310 (Adjusted R Squared = -.022)

ตารางที่ ค.5 ตารางวิเคราะห์ค่าความแตกต่างรวมของค่าสี (ΔE^*) ของชิ้นแคนตาลูปหลังแช่ด้วยวิธี ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. แสดงรูปการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง



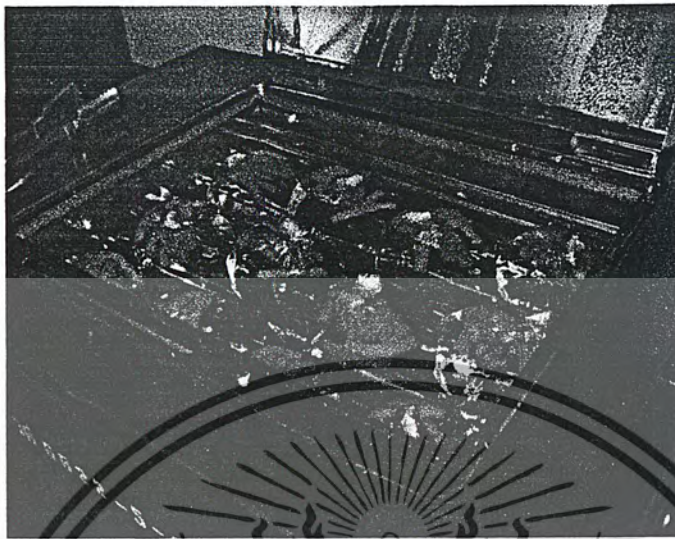
รูปที่ ง.1 แสดงลักษณะชิ้นแคตตาลูปที่หั่นเป็นแท่งสี่เหลี่ยม 0.9 x 0.9 x 6 เซนติเมตร



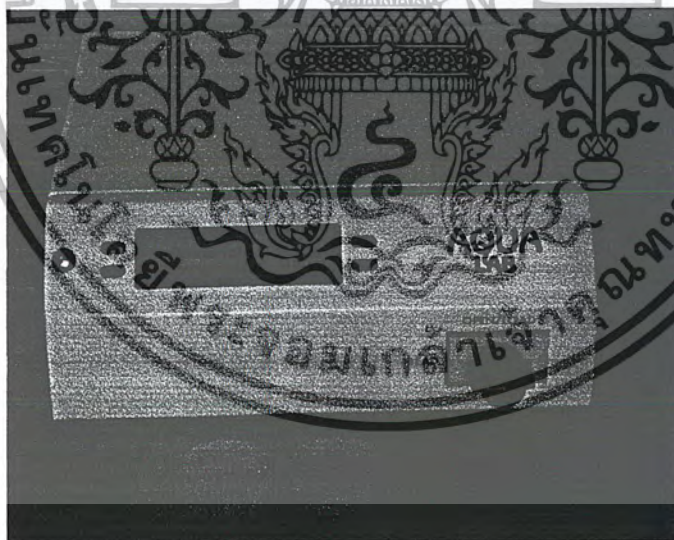
รูปที่ ง.2 แสดงลักษณะการบรรจุชิ้นแคตตาลูปในซูโครสไซรัปและแช่ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. (ต่อ) แสดงรูปการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง



รูปที่ ง.3 แสดงการแช่ชิ้นแคนตาลูปเมื่อเพิ่มอุณหภูมิโดยการจุ่มลงใน Water Bath



รูปที่ ง.4 แสดงการหาค่า Water Activity (a_w) ของแคนตาลูปโดยใช้ AW-meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. (ต่อ) แสดงรูปการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง



รูปที่ ง.5 แสดงการหาค่าสีของแคนตาลูปโดยใช้ Colorimeter



รูปที่ ง.6 แสดงการอบเพื่อหาของแห้งของชิ้นแคนตาลูปหลังการแช่ด้วย Hot air oven

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้ความช่วยเหลือทั้งคำแนะนำตลอดจนความรู้ที่เป็นประโยชน์ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพงษ์ศักดิ์ ณรงค์ตะณูพล จาก ไร่ SMT จังหวัดนครสวรรค์ ที่ริเริ่มให้แนวคิดพร้อมทั้งให้การสนับสนุนงานวิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชากรรมอาหาร สจล. ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำรวมทั้งให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยดูแลและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมอาหารและภาควิชาอื่น ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำแก่คณะผู้วิจัย

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งในคุณค่าของงานวิจัยนี้จะเป็นวิทยาทานแก่ผู้ที่มีความสนใจในงานวิจัยทุกท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. คำแนะนำในการทำผลไม้แช่อิ่ม , หน้า 1 - 10
- คำเนิ่ง คำอุดม. 2543. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ แดงแคนตาลูป พิมพ์ครั้งที่ 4 โรงพิมพ์เทพพิทักษ์
การพิมพ์ กรุงเทพมหานคร.
- บุญมา ซึ่งสนธิพร. 2528. มะม่วงแช่อิ่มแห้ง วารสารอาหาร ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 สถาบันคั้นคว่ำและ
พัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 283 - 291.
- ปิยวรรณ ประสมเสื่อ, วุฒิชัย จันทร์เดิม และรัฐภูมิ แสง โชติ. 2542. การทำแห้งเปลือกแดงโมด้วย
วิธีออสโมติก รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วนิดา สระทองคำ และปราณี อานเป็รื่อง. 2544. ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งฟักทองด้วยวิธีออสโม
ติก วารสารอาหาร ปีที่ 31 ฉบับที่ 4 สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตอาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 279 - 287.
- วินัส ภูมินาด. 2543. การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณซัลไฟต์ทั้งหมดและคุณสมบัติอื่น ๆ ของ
ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งกับระยะเวลาการเก็บรักษา วารสารอาหาร ปีที่ 30 ฉบับที่ 4 สถาบัน
คั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 283 - 291.
- สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตอาหาร. การลงทุนอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้อบ
แห้ง เอกสารประกอบการให้คำปรึกษาแนะนำ สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิต
อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 1-12.
- อ่อนรวี รัตนาพันธุ์. 2533. หลักการทำแห้งผลไม้ด้วยวิธี Osmotic วารสารอาหาร ปีที่ 20 ฉบับที่ 4
สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 240 - 245.
- B.I.O.Ade-Omowaye,N.K.Rastogi,A.Angersbach,D.Knorr. 2002. Osmotic dehydration of bell
peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment.
Journal of Food Engineering, www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 35-43.
- G.Giraldo, P.Talens , P.Fito , A. Chiralt .2003. Influence of sucrose solution concentration on
kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. Journal of Food Engineering,
www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 33-43.
- H. Mujica-Paz, A. Valdez-Fragoso, A. Lopez-Malo, E. Palou, J. Welti-Chanes. 2003.
Impregnation and osmotic dehydration of some fruits : effect of the vacuum pressure and
syrup concentration. Journal of Food Engineering ,www.elsevier.com/locate/jfoodeng.
305-314.
- Karuna Wongkrajang. 1996. Osmotic Dehydration of Fruit Training Course on Drying and
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Juicing for Bhutanese Officer Institute of Food Research and Product Development Kasetsart University. 1 - 11.
- Kil Jin Park, Adriana Bin, Fernando Pedro Reis Brod, Tatiane Hae Kyung Brandini Park. 2002. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus commuis* L.). Journal of Food Engineering ,www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 293-298.
- Ladaporn Torsesakul and Prasong Siriwongwilaichat. 1997. The Effect of Citric Acid and Sodium Metabisulfite on Inhibition of Non - enzymic Browning Reaction in Osmotic Dehydrated Guava Challenges in Food Processing and Packaging : FoSTAT / Propak Asia'97 Food Conference Queen Sirikit National Convention Center. 1-6 .
- Maria Aparecida Mauro, Florencia Cecilia Menegalli. 2003. Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients in potato tissue during osmotic concentration . Journal of Food Engineering, www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 367-374.
- N.K.Rastogi and K.S.M.S. Raghavarao. 1996. Kinatics of Osmotic Dehydration under Vacuum Department of Food Engineering Central Food Technological Research Institute(India). 669-672.
- R. Moreira, F. Chenlo, G. Pereira. 2003. Viscosities of ternary aqueous solutions with glucose and sodium chloride employed in osmotic dehydration operation Journal of Food Engineering ,www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 173-177.
- Shyam S. Sablani, M. Shafiur Rahman, Dawood S. Al-Sadeiri. 2002. Equilibrium distribution data for osmotic drying of apple cubes in sugar – water solution Journal of Food Engineering , www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 193-199.
- Wahyuningsh Tedjo, Kehinde A. Taiwo, Mohammad N. Eshtiaghi, Dietrich Knorr. 2002. Comparison of pretreatment methods on water and solid diffusion kinetics of osmotically dehydrated mangos Journal of Food Engineering, www.elsevier.com/locate/jfoodeng. 133-142.
- Warunee Varayanond and an Advisory Group. 2001. Osmotic Dehydration of Mango Influence of Trehalose and Sucrose Contents on the Product Quality Tech. Bull. Fac.Agr. Kagawa Univer. 43-49 .