สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติกในผลไม้กึ่งแห้ง

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 25 มี.ค. 2559
เลขทะเบียน 1690765 7
เลขเรียกหนังสือ 2 QP
144
.F78
ธ632ร
2558

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรพร กงบังเกิด
รองศาสตราจารย์ กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติพงศ์ จิตรีโภชน์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สิงหาคม 2558

สัญญาเลขที่ R2557B099

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียโปรไบโอติกในผลไม้กึ่งแห้ง

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. ธีรพร กงบังเกิด
รองศาสตราจารย์ กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิติพงศ์ จิตรีโภชน์

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สิงหาคม 2558

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนโครงการวิจัยด้วยเงินงบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยประจำปี พ.ศ. 2557 ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ได้แก่ คุณเพชรรุ้ง เสนานุช คุณศิริวงษ์ นิ่มนงค์ คุณทรงวุฒิ ทิอ่อน ที่อำนวยความสะดวกแก่นักวิจัยและขอขอบคุณภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัย
สิงหาคม 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของเชื้อโปรไบโอติก *Lactobacillus casei* TISTR 1463 และ *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 892 ในฝรั่งและสับปะรดกึ่งแห้งและศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยนำผลไม้ขนาดชิ้น 1.5X1.5X1.5 ซม. มาแช่ในสารละลายที่แตกต่างกันได้แก่ ก) สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ข) สารละลายซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และ ค) สารละลายซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml นำไปใส่ในตู้สุญญากาศปรับความดัน 100 mbar เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนสารละลายเชื้อต่อผลไม้ 1:1 หลังจากหยุดการให้ความดันสุญญากาศ ตั้งผลไม้ที่แช่สารละลายต่อ 10 นาที นำผลไม้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำผลิตภัณฑ์มาศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อโปรไบโอติกและสมบัติด้านต่างๆ พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและสารละลายน้ำตาลที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งแต่มีผลต่อพารามิเตอร์อื่นๆแตกต่างกันตามชนิดของผลไม้ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งสุดท้ายเมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณเชื้อโปรไบโอติกที่มากกว่า 6 log cfu/g เป็นหลักพบว่าสามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 8 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : การใช้วิธีสุญญากาศ ผลไม้กึ่งแห้ง การรอดชีวิต โปรไบโอติก

Abstract

The objectives of this research were to study the effects of vacuum impregnation on survival of probiotics i.e. *Lactobacillus casei* TISTR 1463 and *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 892 in semi-dried guava and pineapple products and to study the product properties. The fruit was cut into 1.5X1.5X1.5 cm and was dipped in 3 different mediums a) sterile saline containing 9 log cfu/ml probiotic culture b) 5 Brix sucrose solution containing 9 log cfu/ml probiotic culture and c) 10 Brix sucrose solution containing 9 log cfu/ml probiotic culture. The dipped fruits were subjected to vacuum impregnation at 100 mbar for 10 min at 35°C and the ratio of fruit and solution was 1:1. After the treatment was completed, the dipped fruit was left in the solution for another 10 min, then it was dried at 41°C for 2 hr. The product was packed in PE bag and kept at 4°C and the survival of probiotics and their properties were monitors. It was found that vacuum impregnation and different sucrose media had no effect on the initial content of probiotic bacteria in the products but they affected other parameters according to different kind of fruits which were used as raw materials. The shelf life of semi-dried probiotic enriched fruit products which contained >6 log cfu/g probiotic bacteria, were found to be no less than 8 day at 4°C.

Keywords : vacuum impregnation ; semi-dried fruit ; survival ; probiotic

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
บทคัดย่อ	i - ii
สารบัญตาราง	iii
สารบัญภาพ	iv
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	9
บทที่ 4 ผลการวิจัย	11
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	37
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก วิธีการวิเคราะห์	44

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. casei* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 12

ตารางที่ 2 ปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. casei* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 20

ตารางที่ 3 ปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 26

ตารางที่ 4 ปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 32

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การรอดชีวิตของ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 11

ภาพที่ 2 ค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 13

ภาพที่ 3 ค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 14

ภาพที่ 4 ค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 15

ภาพที่ 5 ค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 16

ภาพที่ 6 ค่า a* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 17

ภาพที่ 7 ค่า b* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 17

ภาพที่ 8 ค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 18

ภาพที่ 9 การรอดชีวิตของ *L. casei* ในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 19

ภาพที่ 10 ค่า Aw ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 21

ภาพที่ 11 ค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 21

ภาพที่ 12 ค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 22

ภาพที่ 13 ค่า L* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 23

ภาพที่ 14 ค่า a* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 23

ภาพที่ 15 ค่า b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 24

ภาพที่ 16 ค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 24

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 17 การรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 26

ภาพที่ 18 ค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 27

ภาพที่ 19 ค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 27

ภาพที่ 20 ค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 28

ภาพที่ 21 ค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 29

ภาพที่ 22 ค่า a* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 29

ภาพที่ 23 ค่า b* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 30

ภาพที่ 24 ค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 30

ภาพที่ 25 การรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 31

ภาพที่ 26 ค่า Aw ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 32

ภาพที่ 27 ค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 33

ภาพที่ 28 ค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 34

ภาพที่ 29 ค่า L* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 34

ภาพที่ 30 ค่า a* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 35

ภาพที่ 31 ค่า b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 35

ภาพที่ 32 ค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ 36

บทที่ 1
บทนำ

ประเทศไทยนับเป็นประเทศผู้ผลิตอาหารอันดับต้นๆ ของโลก และสามารถผลิตอาหารเพื่อส่งออกเป็นสินค้าหลักที่สำคัญมากมายหลากหลายชนิด ผลไม้ไทยจัดเป็นหนึ่งในผลิตผลทางการเกษตรที่มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางไปทั่วโลก เนื่องจากมีรสชาติดีและเป็นที่ต้องการในตลาดโลก โดยส่วนใหญ่ผลไม้ของประเทศไทยมีความหลากหลายแตกต่างกันตามฤดูกาล โดยจะมีการผลิตในปริมาณมากในแต่ละปี ทำให้มีผลิตผลสดที่เหลือจากการส่งออกและเหลือจากการบริโภคสดในประเทศปริมาณมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแต่ละปีจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากมีปริมาณการผลิตมากเกินไปจนล้นตลาด เนื่องจากไม่สามารถนำมาใช้บริโภคสดได้ทัน เนื่องจากผลไม้เป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย จากการเปลี่ยนแปลงของเมตาโบลิซึมภายหลังการเก็บเกี่ยวไปสู่ระยะเสื่อมหรือชราภาพ การนำผลไม้ต่างๆ ในส่วนนี้มาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า จึงเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตผลได้อีกทางหนึ่ง

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจในสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการดำเนินชีวิตที่รีบเร่งและแข่งกับเวลา ทำให้ความต้องการอาหารของผู้คนปัจจุบันมุ่งไปที่อาหารที่สามารถเตรียมหรือหารับประทานได้อย่างสะดวก รวมทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการและคุณประโยชน์สูงและมีความปลอดภัย อาหารเพื่อสุขภาพจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากขึ้น โดยทั่วไปอาหารเพื่อสุขภาพที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการเติมหรือเพิ่มสารที่มีประโยชน์ที่ทำให้เกิดผลดีต่อสุขภาพเข้าไปในอาหารปกติหรือการพัฒนาอาหารชนิดใหม่รวมทั้งปรับปรุงสภาพของอาหารเดิมเพื่อทำให้มีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำหน้าที่เสริมสุขภาพให้ดีขึ้นเนื่องจากสารประกอบที่ทำให้เกิดหน้าที่ (functional ingredients) โดยสารดังกล่าวได้แก่ เส้นใยอาหาร น้ำตาลโอลิโกแซคคาไรด์ แบคทีเรียในกลุ่มแลคติก กรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 และเกลือแร่ต่างๆ (ไพโรจน์, 2554) ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ จะมีความหลากหลายและแตกต่างกันไปตามหน้าที่ของสารที่ทำหน้าที่ ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรไบโอติกเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพอีกประเภทหนึ่งซึ่งเป็นที่คุ้นเคยของผู้บริโภค โดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวผลิตจากน้ำนมและใช้เชื้อแบคทีเรียแลคติกเป็นจุลินทรีย์เริ่มต้น ส่วนจุลินทรีย์โปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการให้มีชีวิตอยู่ในผลิตภัณฑ์ปริมาณไม่ต่ำกว่า 10^5 cfu/g หรือ mL (Dave and Shah, 1996) โดยมีรายงานว่าเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก สามารถป้องกันการเกิดโรคท้องร่วง ท้องผูก การอักเสบของลำไส้ ป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (Gibson and Roberfroid, 1995) นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์เสริมโปรไบโอติกที่ผลิตจากน้ำนมเป็นวัตถุดิบหลักแล้ว ยังสามารถเสริมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายดังกล่าวเข้าไปยังผลิตภัณฑ์อื่นๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ เป็นต้น จากกระแสการแข่งขันทางการค้าที่นับวันจะเข้มข้นมากขึ้น ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารต่างหาทางออกที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ของตัวเองสามารถครองใจผู้บริโภคและสามารถยืนหยัดอยู่ในตลาดการค้าได้นาน จำเป็นจะต้องอาศัยกลยุทธ์ทางการค้าต่างๆ มากมาย ทั้งการสร้างและรักษาคุณภาพมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไว้ให้สม่ำเสมอ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่โดดเด่น มีเอกลักษณ์และแปลกตาเพื่อสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งที่ท้าทาย งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาผลของการใช้สุญญากาศในการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียโปรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในผลิตภัณฑ์ผลไม้กึ่งแห้ง ซึ่งจะเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์

อาหารเพื่อสุขภาพที่เป็นทางเลือกใหม่ของผู้บริโภค และทำให้ทราบผลของกระบวนการดังกล่าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้านเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษา และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าและคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งต่างๆ ของประเทศไทย อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียผลิตผลทางการเกษตรที่มีการผลิตปริมาณมากและล้นตลาดในแต่ละปีให้ลดน้อยลง และยังช่วยให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่แข็งแรงและได้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของเชื้อโปรไบโอติกในผลไม้กึ่งแห้ง
2. ศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ของผลไม้กึ่งแห้งเสริมโปรไบโอติกด้วยวิธีสุญญากาศ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการใช้วิธีสุญญากาศ (vacuum impregnation) ต่อคุณภาพของผลไม้กึ่งแห้งเสริมโปรไบโอติก โดยใช้ผลไม้ 2 ชนิด ได้แก่ สับปะรดและฝรั่ง โดยนำมาเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติก 2 ชนิดได้แก่ *Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus acidophilus* นำมาผ่านกระบวนผลักดันเชื้อเข้าสู่ผลไม้โดยวิธีสุญญากาศโดยใช้สารละลายที่แตกต่างกัน 3 ชนิดที่มีเชื้อโปรไบโอติกและนำไปผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเพื่อลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เชื้อโปรไบโอติกยังคงปริมาณที่มีประโยชน์ต่อร่างกายปริมาณไม่ต่ำกว่า 6 log CFU/g และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ปริมาณโปรไบโอติกที่รอดชีวิตและศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพและทางจุลินทรีย์ รวมทั้งอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

อาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) หมายถึงอาหารหรือส่วนผสมอาหารซึ่งมีองค์ประกอบที่มีประโยชน์ที่ก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพมากกว่าการได้รับสารอาหารปกติที่มีในอาหาร (Mazza, 1998) ซึ่งหมายความรวมถึงอาหารที่เพิ่มปริมาณสารอาหาร และอาหารที่เติมสารหรือองค์ประกอบที่ทีผลต่อสรีระของร่างกาย (physiologically active components) ที่มีศักยภาพในการบำรุงรักษาสุขภาพและป้องกันโรคได้ (เช่น จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน แคทอิออน เป็นต้น) อาหารเพื่อสุขภาพมีลักษณะปรากฏเหมือนอาหารปกติทั่วไปและนำมาใช้บริโภคเป็นส่วนหนึ่งของอาหารปกติ และทำให้เกิดผลดีต่อร่างกายและ/หรือช่วยลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังมากกว่าองค์ประกอบอาหารทั่วไป (Mazza, 1998 ; Pszcola, 1993 ; Fuller, 1994 ; Mital and Garg, 1995)

อุทัย (2549) รายงานว่าแบคทีเรียที่มีการนำมาผลิตเป็น Probiotics ที่สำคัญ คือกลุ่ม Lactobacillus เช่น *L. rhamnosus* strain GG ซึ่งมีการศึกษาและใช้มากที่สุด และ *L. plantarum* แต่ชนิดอื่นๆก็มีใช้กันมาก เช่น ในกลุ่ม Bifidobacterium การผลิต probiotics ให้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในลักษณะของ functional food จะต้องให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ได้แก่ สามารถคงสภาพสิ่งมีชีวิตที่มีกลิ่นและรสชาติดีหลังการหมัก และคงสภาพกรดอ่อนๆ ตลอดช่วงการเก็บ ซึ่งต้องจัดเก็บอย่างดี และยังคงสภาพเดิมได้ แม้แช่แข็งหรือด้วยวิธีอื่นๆ ที่ทำให้แห้ง และให้ผลลัพธ์ตอบสนองตามปริมาณที่เพิ่มขึ้น Probiotics ออกฤทธิ์ได้หลายรูปแบบในการช่วยเสริมสร้างสุขภาพและป้องกันหรือรักษาโรคต่างๆ ที่เกิดขึ้น กลุ่ม lactobacilli จะสร้างน้ำย่อย β-galactosidase ช่วยลดปริมาณน้ำตาล lactose ในอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของท้องเสียได้ นอกจากนี้สามารถสร้างสารหลายชนิดที่ช่วยทำหน้าที่เป็นยาปฏิชีวนะ เช่นorganic acids, free fatty acids, ammonia, hydrogen peroxide และ bacteriocins ช่วยกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ปะปนในอาหารน้ำย่อยบางชนิดจาก probiotic จะช่วยยับยั้งสารพิษจากแบคทีเรียโดยไปปิดกั้นส่วนที่พิษจะเข้าเซลล์ และสามารถแย่งจับตำแหน่งต่างๆ ของเนื้อเยื่อในลำไส้ เพื่อไม่ให้แบคทีเรียเข้าเกาะกุมได้ป้องกันไม่ให้แบคทีเรียขยายตัวในลำไส้ นอกจากนี้สามารถกระตุ้นภูมิต้านทานทั้งในลำไส้และในกระแสเลือด หรือกระตุ้นการทำงานของเซลล์อื่นๆ ไว้ต่อสู้กับเชื้อโรค และกระตุ้นการสร้างสารป้องกันโรคในร่างกาย เช่น gamma-interferon, interleukin-12, interleukin-18 เป็นต้น

ประโยชน์ต่อสุขภาพของโพรไบโอติก (สุญาณี, 2549)

โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการช่วยปรับสมดุลของสภาพแวดล้อมในระบบลำไส้ เนื่องจากในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์มีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากมายหลายชนิดทั้งที่เป็นประโยชน์และโทษ ดังนั้นถ้าหากจุลินทรีย์สุขภาพมีจำนวนมากขึ้นก็สามารถเกาะติดผนังลำไส้ และแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้น เป็นการช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ชนิดก่อโรคมาเกาะติดผนังลำไส้ และหลั่งสารพิษที่มีผลทำให้เยื่อบุลำไส้อักเสบได้ จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้มีการนำเอาโพรไบโอติกมาใช้ในการรักษาและป้องกันโรคอุจจาระร่วงที่เกิดจากการได้รับยาปฏิชีวนะ ซึ่งมีผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์สุขภาพในลำไส้ลดลงเช่นกันจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าประโยชน์ของโพรไบโอติกมีหลายอย่าง ดังนี้

1. การลดภาวะไม่ทนต่อแลกโตส (lactose intolerance)

เป็นผลต่อสุขภาพที่สำคัญของโพรไบโอติก พบว่าประชากรโลกส่วนใหญ่มีปริมาณของเอนไซม์แลกเตส (lactase) ต่ำ จึงทำให้แลกโตส (lactose) ไม่สามารถถูกย่อยในทางเดินอาหาร ดังนั้นหลายคนที่ดื่มนมแล้ว เกิดอาการท้องอืด เฟ้อ ท้องเดิน ปวดท้อง โพรไบโอติกในอาหารประเภทนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตสามารถช่วยบรรเทาอาการนี้ได้ เนื่องจากโพรไบโอติกได้ช่วยย่อยแลกโตสไปแล้วในระหว่างการหมัก (fermentation) จึงทำให้มีแลกโตสเหลือน้อยกว่าหรือไม่มีเลย

2. การลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

หลักฐานการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ยังไม่สรุปแน่ชัด แต่มีผู้เสนอกลไกที่อาจเป็นไปได้ คือ อาจเนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการการสังเคราะห์กรดน้ำดี ดังนั้นถ้าเราเพิ่มการขับออกของน้ำดีก็จะทำให้มีการกระตุ้นให้มีการนำเอาคอเลสเตอรอลมาใช้ในการสังเคราะห์น้ำดีเพิ่มขึ้น โดยในจุลินทรีย์จะมีเอนไซม์ที่สามารถจับกับกรดน้ำดี และทำให้กรดน้ำดีถูกขับออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ นอกจากนี้อาจเนื่องจากการที่จุลินทรีย์สามารถนำเอาคอเลสเตอรอลไปใช้ได้โดยตรง ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลลดลง

3. การบรรเทาอาการท้องเดิน

เป็นบทบาทหลักของโพรไบโอติก คือ ช่วยลดความรุนแรงของอาการท้องเดิน โดยลดระยะเวลาของโรคและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน กลไกที่เป็นไปได้ คือ การทำให้ลำไส้ใหญ่มีความเป็นกรด จากการผลิตกรดแลกติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้ อีกกลไกหนึ่ง คือ ทำให้การตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น

4. การป้องกันมะเร็ง

ข้อมูลทางระบาดวิทยาพบว่าอุบัติการณ์ของมะเร็งลำไส้ใหญ่มีความสัมพันธ์กับการกินอาหารไขมันสูง ซึ่งไขมันในอาหารจะกระตุ้นให้มีการหลั่งกรดน้ำดีในลำไส้ใหญ่มากขึ้น ร่วมกับกรดน้ำดีอีกส่วนหนึ่งที่เกิดจากแบคทีเรียเอง ซึ่งทำให้มีส่วนส่งเสริมให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ นอกจากนี้เอนไซม์ของแบคทีเรียบางชนิดก็จะเปลี่ยนสารบางอย่างในลำไส้ใหญ่ไปเป็นสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้นกลไกในการต้านมะเร็งของโพรไบโอติก ได้แก่ กดการทำงานของสารก่อมะเร็ง ควบคุมหรือเหนี่ยวรั้งการเจริญของแบคทีเรียที่มีเอนไซม์ในการทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง มีผลต่อการเคลื่อนไหวหรือการบีบตัวของลำไส้ทำให้กำจัดสารก่อกลายพันธุ์ออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร

ศริสา (2548) ศึกษาการเหลือรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติกในน้ำผลไม้ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรดและน้ำมะเขือเทศโดยมีปริมาณเชื้อโปรไบโอติกเริ่มต้นประมาณ 10^8 - 10^9 CFU/ml ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ เป็นเวลา 21 วัน พบว่า *Lactobacillus acidophilus* สามารถเหลือรอดชีวิตอยู่ได้ในน้ำสับปะรดและน้ำมะเขือเทศได้สูงสุดที่ 9.04 และ 9.15 log CFU/ml

Mattila-Sandhom (2002) รายงานว่าเมื่อเติมเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกลงไปในผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดการเจริญเติบโตหรือการเหลือรอดชีวิตในผลิตภัณฑ์อาหารอาจไม่เกิดขึ้นเสมอไป อย่างไรก็ตาม การที่จะใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียโพรไบโอติกนั้นมีจุดสำคัญคือ จำนวนเชื้อแบคทีเรียที่เหลือรอดชีวิตในผลิตภัณฑ์ที่บริโภคเข้าไปนั้นควรมีอย่างน้อย 1×10^5 CFU/ml หรือ g ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาและรักษาปริมาณเชื้อที่รอดชีวิตให้ได้มากที่สุดเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพสูงสุด และ Saarela (2000) รายงานว่าการมีชีวิตของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกในอาหารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น pH , A_w ปริมาณออกซิเจน การเกิดภาวะ แข่งขันกับจุลินท

รีย์ประเภทอื่น และการมีสารยับยั้งบางชนิด (เช่น โซเดียมคลอไรด์) รวมถึงวัสดุที่ใช้ในการทำภาชนะบรรจุและสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาจะมีผลต่อ คุณภาพของผลิตภัณฑ์

Krasaekoopt and Suthanwong (2008) ได้พัฒนาผลไม้กึ่งแห้งเสริมโปรไบโอติกโดยใช้เทคนิคสุญญากาศ โดยนำชิ้นฝรั่งและมะละกอมาเสริมเชื้อ Lactobacillus casei 01 โดยใช้แรงดันสุญญากาศขนาด 50 มิลลิบาร์ และทดลองในน้ำผลไม้สกัด 2 ชนิดได้แก่ น้ำผลไม้สกัด 15 และ 30 บริกซ์ที่มีเชื้อโปรไบโอติกปริมาณ 10 log cfu/mL เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที หลังจากนั้นนำชิ้นผลไม้มาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อโปรไบโอติก พบว่ามีปริมาณระหว่าง 8 – 9 log cfu/g โดยพบว่าเวลาในการให้แรงดันสุญญากาศและปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีผลต่อการพารามิเตอร์ในกระบวนการใช้แรงดันสุญญากาศ เช่น ค่า impregnated sample volume fraction (X) และค่า effective porosity (εe) โดย ที่ค่า volumetric deformation (γ) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ในส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้พบว่ามีผลต่อปริมาณของเชื้อโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าถ้าของแข็งที่ละลายได้มีน้อยหรือมากเกินไปจะทำให้โปรไบโอติกมีปริมาณลดลง ในการเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลไม้ที่เสริมโปรไบโอติกที่เสริมเชื้อโปรไบโอติกที่ใช้น้ำผลไม้สกัด 15 บริกซ์เป็นเวลา 10 และ 5 นาที โดยการนำไปอบที่ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสโดยพบเชื้อ L. casei 01 ทั้งในชิ้นฝรั่งและมะละกอประมาณ 7 log cfu/g ซึ่งพบว่าเป็นระดับที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย

การประยุกต์ใช้วิธีสุญญากาศ (vacuum impregnation) ในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้

Zhao and Xie (2004) รายงานการประยุกต์ใช้วิธีสุญญากาศ (vacuum impregnation) ในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้ว่าเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์ที่สามารถนำสารละลายหรือของเหลวเข้าสู่โครงสร้างที่มีรูพรุนของสัตว์หรือพืชได้ดี เป็นผลให้กระบวนการถ่ายเทมวลสารมีประสิทธิภาพดีขึ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของอาหาร วิธีสุญญากาศในภาษาอังกฤษอาจเรียกว่า vacuum infusion หรือ infiltration ซึ่งหมายความถึงการถูกเติมเต็ม อิ่มตัวหรือกระบวนการซึมผ่าน (the process of permeating) โดยมีผลทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิสที่เร็วขึ้นเนื่องจากการเกิดควบคู่กันของกลไกการเคลื่อนที่ของน้ำ (hydrodynamic mechanisms) และปรากฏการณ์ผ่อนคลายตัวจากเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (deformation relaxation phenomena) (Fito, 1994 ; Fito et al., 1996) ปัจจัยที่มีผลต่อวิธีสุญญากาศ ได้แก่ โครงสร้างของเนื้อเยื่อ (ขนาดและการกระจายตัวของรูพรุน) เวลาผ่อนคลายตัว (relaxation time) ของส่วนที่เป็นของแข็ง อัตราการเคลื่อนที่ (transport rate) ของกลไกการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้าง (ขนาดและรูปร่างของรูพรุน) และความหนืดของสารละลาย รวมทั้งขนาดและรูปทรงของตัวอย่างอาหาร

กระบวนการสุญญากาศมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยปัจจัยที่มีผลได้แก่สภาวะในการผลิต เช่น วิธีการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ก่อนการผลิต อุณหภูมิ องค์ประกอบและความเข้มข้นของสารละลาย ความดันและเวลาของอาหารที่อยู่ในสารละลายในสภาวะสุญญากาศ เวลาที่กลับคืนสู่ความดันปกติ การเขย่าสารละลาย และอัตราส่วนของสารละลายต่อตัวอย่างอาหาร โดยการคัดเลือกสารละลายที่นำมาใช้ในกระบวนการสุญญากาศนั้นควรพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความไม่เป็นพิษ มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี มีความสามารถในการละลายสูงและราคาไม่แพง (Zhao and Xie, 2004) ในการใช้วิธีสุญญากาศไปใช้ในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้นั้นมีรายงานว่าทางด้านอุตสาหกรรมอาหารได้ให้ความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากผักและผลไม้โดยเฉพาะผัก

และผลไม้ตัดแต่ง (minimally processed fruits and vegetables) ซึ่งผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้นและยังคงให้ประโยชน์สูงต่อผู้บริโภค รวมทั้งให้รสชาติและกลิ่นรสที่ดี ทั้งนี้วิธีใช้สุญญากาศได้นำไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมผักผลไม้เบื้องต้นก่อนการทำแห้งหรือการนำไปแช่เยือกแข็ง เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตภัณฑ์สุดท้ายและเพื่อเพิ่มองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สารลดค่า pH สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสและสารต้านจุลินทรีย์ เป็นต้น ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่มีความหลากหลายและมีประโยชน์เพิ่มขึ้นจากเดิม นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาและความคงตัวทางจุลินทรีย์และเพิ่มความปลอดภัยจากจุลินทรีย์อีกด้วย

Fito et al. (2001) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วิธีสุญญากาศเพื่อเสริมเกลือแร่ต่างๆ เข้าไปในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้โดยศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความเข้มข้นของเกลือแร่ต่างๆ โดยต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของเกลือแร่ประมาณ 20 – 25% ของปริมาณเกลือแร่ที่ต้องการในแต่ละวันในตัวอย่างปริมาณ 200 กรัม จากการทำนายโดยสมการคณิตศาสตร์พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเสริมเกลือแร่ต่างๆ เข้าไปในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ Betoret (2003) ศึกษาการโปรไบโอติกในผลไม้แห้งโดยวิธีการสุญญากาศ โดยการเลี้ยง *Saccharomyces cerevisiae* และ *Lactobacillus casei* ในน้ำแอปเปิ้ล และน้ำนมจากนั้นนำมาผ่านกระบวนการเสริมโปรไบโอติกในระบบสุญญากาศลงไปในชิ้นแอปเปิ้ลอบแห้งที่อุณหภูมิ 40°ซ พบว่ามีปริมาณโปรไบโอติกเหลือรอดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายระหว่าง 10^6 - 10^7 CFU/g และ Gras et al. (2003) ศึกษาการเสริมแคลเซียมในมะเขือ แครอทและเห็ดนางรมโดยใช้วิธีสุญญากาศและใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสพบว่าความแตกต่างของวัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวแปรที่สำคัญซึ่งมีผลทำให้เกิดความแตกต่างของระดับการใช้ความดันสุญญากาศ โดยพบว่ามะเขือและเห็ดนางรมมีระดับการใช้สุญญากาศสูงสุดซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากความมีรูพรุนระหว่างเซลล์สูง จึงเหมาะแก่การเสริมสารแคลเซียมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อ นอกจากนั้น Xie and Zhao (2003) ศึกษาการเสริมแคลเซียมและสังกะสีในผลไม้ตัดแต่งต่างๆ ได้แก่ สตรอเบอร์รี่ แอปเปิ้ลและมาเรียนเบอร์รี่ (marionberry) โดยใช้วิธีสุญญากาศและใช้สารละลาย high fructose corn syrup ที่มีแคลเซียมและ/หรือสังกะสี พบว่าสามารถเสริมแคลเซียมได้ถึง 15 – 20% ของปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน ในขณะที่เสริมสังกะสีได้มากกว่า 40% ในส่วนที่รับประทานได้ 200 กรัมในแอบเปิ้ลตัดแต่งและประมาณ 11% และ 23% ของปริมาณที่ต้องการในแต่ละวันของแคลเซียมและสังกะสีในเบอร์รี่ 200 กรัมโดยไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ของผลไม้

Alzamora et al. (2005) รายงานการใช้วิธีสุญญากาศเพิ่มเสริมสารที่ให้ประโยชน์แก่ผักและผลไม้ ได้แก่โปรไบโอติกและเกลือแร่ และ Rodriguez (1998) ศึกษาการใช้วิธีสุญญากาศเพื่อเสริมจุลินทรีย์โปรไบโอติกต่างๆ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* *Lactobacillus acidophilus* และ *Phoma glomerata* ในแอปเปิ้ลพันธุ์แกรนนี่ สมิธตัดเป็นรูปทรงกระบอกและใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีจุลินทรีย์ สภาวะที่ใช้ได้แก่การดูดอากาศออกเป็นจังหวะๆเวลา 2 นาที ที่ความดันแตกต่างกัน 5 ระดับได้แก่ 75 125 225 325 และ 425 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนตัวอย่างควบคุมใช้แอปเปิ้ลจุ่มในสารละลายน้ำตาลผสมจุลินทรีย์ที่บรรยากาศปกติ (675 มิลลิเมตรปรอท) พบว่าจุลินทรีย์ที่มีในแอปเปิ้ลเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีสุญญากาศและไม่ใช้สุญญากาศมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยแอปเปิ้ลที่ให้ความดันสุญญากาศแบบจังหวะที่ต่ำลงจะทำให้สามารถเสริมจุลินทรีย์เข้าไปในผลไม้ได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของแรงดันแคปปิลลารี (capillary force) และแรงยึดเกาะที่พื้นผิว (superficial adherence)

ฝรั่ง

ฝรั่ง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Psidium guajava* Linn.) เป็นไม้ต้นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ในวงศ์ Myrtaceae ฝรั่งเป็นพืชที่มีจุดกำเนิดอยู่ในอเมริกากลางและหมู่เกาะอินดีสต์ตะวันตก หลักฐานทางโบราณคดีในเปรูชี้ให้เห็นว่า มีฝรั่งมาตั้งแต่ 800 ปีก่อนคริสตกาล พ่อค้าชาวสเปนและโปรตุเกสเป็นผู้นำผลไม้ชนิดนี้ไปยังถิ่นต่างๆทั่วโลก เข้ามาถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เมื่อราวคริสต์ศตวรรษที่ 17 ส่วนในประเทศไทย คาดว่าเข้ามาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (Wikipedia, 2555) มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเขตร้อน เป็นพืชที่เจริญเติบโตในสภาพภูมิอากาศทั่วไปในเขตร้อน และกึ่งร้อน ดังนั้น จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย ฝรั่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีกิ่งเหนียว มีทรงพุ่มสูง 3-5 เมตร สามารถให้ผลผลิตได้หลังปลูก 1 ปี เป็นพืชที่เจริญเติบโต และให้ผลผลิตสม่ำเสมอในท้องที่ที่มีแสงแดดทั่วถึง ถ้าต้องการปลูกเป็นการค้าต้องปลูกฝรั่งในแหล่งที่หน้าร้อนอากาศต้องร้อนเกิน 16 องศาเซลเซียส หน้าหนาวอากาศต้องไม่หนาวจนอุณหภูมิต่ำกว่า 7องศาเซลเซียส ฝรั่งสามารถปลูกได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลแต่ไม่ควรปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงเกิน 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ฝรั่งสามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิดมีความทนทานต่อความแห้งแล้งและสภาพน้ำขัง ทนต่อความเป็นกรดเป็นด่างตั้งแต่ 4.5-8.2 แต่ดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของฝรั่ง คือดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีการระบายน้ำดี หากเป็นดินเหนียวควรยกร่องปลูก ฝรั่งนับจากดอกบานถึงผลแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาประมาณ 4-5 เดือน ผลผลิตประมาณ 170 ผล/ต้น/ปี โดยเฉลี่ยผลหนึ่งจะมีน้ำหนักประมาณ 300-500 กรัมฤดูกาลเก็บเกี่ยวปกติอยู่ในช่วงเดือน มีนาคม – พฤษภาคม (มากที่สุด) โดยปกติแล้วฝรั่งจะให้ผลผลิตเกือบตลอดทั้งปี การเก็บเกี่ยวผลฝรั่งควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่จัด นับตั้งแต่ดอกบานจนถึงแก่เก็บเกี่ยวได้ใช้เวลาประมาณ 4-5 เดือน โดยสามารถดูลักษณะของสีผล จากสีเขียวกลายเป็นสีขาวนวล และผิวมีลักษณะเต่งตึงเป็นมัน การเก็บเกี่ยวโดยใช้กรรไกรตัดให้ขั้วผลแล้วนำเข้าที่ร่ม แกะเอาถุงพลาสติกออก ทำความสะอาดผลฝรั่งแล้วนำไปบรรจุภาชนะรอการจำหน่าย (ทรงพล, 2555)

สับปะรด

สับปะรด (ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus*) เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากบริเวณทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร การปลูกสามารถปลูกได้ง่ายโดยการฝังกลบหน่อหรือส่วนยอดของผลที่เรียกว่า จุก เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล (Wikipedia, 2555) รูปลักษณะ ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90-100 ซม. มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับ ซ้อนกันถี่มากรอบต้น กว้าง 6.5 ซม. ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวม รูปทรงกระบอก มีใบเป็นกระจุกที่ปลายสับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสามารถดัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือพวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือเรียกว่าไม้ดิน, พวกอาศัยอยู่ตามคาคบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับ, และพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือ สามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้ สับปะรดมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนชื่อบรอมีเลน (Bromelain) ช่วยย่อยโปรตีนไม่ให้ตกค้างในลำไส้

และ มีเกลือแร่ วิตามินซีจำนวนมาก สับปะรดเป็นพืชที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเกษตร นอกจากจะนิยมบริโภคสดแล้ว ยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรด สับปะรดแช่แข็ง สับปะรดกวน สับปะรดอบแห้ง และอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง เปลือกใช้เป็นอาหารสัตว์ ใบใช้ทำเส้นใยและกระดาษ (กรมวิชาการเกษตร, 2555)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เชื้อแบคทีเรียโปรไบโอติก *Lactobacillus casei* TISTR 1463 และ *Lactobacillus bulgaricus* TISTR 892 จากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย การเตรียมเชื้อโปรไบโอติก อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเป็น stock culture คือ อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป MRS broth medium (Merck) นำเชื้อ *Lactobacillus* ที่อยู่ในลักษณะผงแห้งจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเลี้ยงใน MRS broth ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) นำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการถ่ายเชื้ออย่างน้อยสองครั้งเพื่อกระตุ้นให้เชื้อมีการเจริญและมีความแข็งแรง การเตรียมเซลล์แขวนลอย *Lactobacillus* ใช้ลูปทำการถ่ายเชื้อลงใน MRS broth ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเซลล์มาล้าง 2 ครั้ง ด้วย sterile phosphate buffered saline ปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และทำให้เป็นเซลล์แขวนลอยของเชื้อ ปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml

3.1.2 ผลไม้ไทย 2 ชนิด ได้แก่สับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น และฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง นำผลไม้แต่ละชนิดมาปอกเปลือกและหั่นเต๋าให้มีขนาด 1.5X1.5X1.5 เซนติเมตรโดยใช้มีดที่ฆ่าเชื้อแล้ว

3.2 วิธีการ

3.2.1 การเสริมแบคทีเรียโปรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศ นำผลไม้ที่หั่นเต๋าแต่ละชนิดแช่ในสารละลายเชื้อโปรไบโอติกแต่ละชนิดที่เตรียมไว้แตกต่างกันได้แก่ ก) สารละลายเชื้อโปรไบโอติกปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ข) สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และ ค) สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml โดยเตรียมเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในบิ๊กเกอร์ที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำชิ้นผลไม้ที่หั่นเตรียมไว้ใส่ลงไปอัตราส่วนระหว่างสารละลายเชื้อต่อผลไม้เท่ากับ 1:1 โดยใช้ตะแกรงลวดที่ฆ่าเชื้อแล้วกดชิ้นผลไม้ให้จมในสารละลายแต่ละชนิดตลอดเวลา จากนั้นนำไปใส่ในตู้สุญญากาศปรับความดัน 50 mbar เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากหยุดการให้ความดันจนความดันกลับสู่ความดันบรรยากาศปกติ ตั้งผลไม้ที่แช่สารละลายเชื้อต่อไปอีก 10 นาที และนำชิ้นผลไม้ขึ้นจากสารละลาย ผึ่งไว้ในตู้ปลอดเชื้อประมาณ 15 นาที จากนั้นไปชิ้นผลไม้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบรรจุในถุงพลาสติก PE/nylon และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.2.2 ศึกษาคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ เคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างทุก 2 วัน ดังนี้

- ค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter LAB (DP 9000)
- ค่าความแข็ง (Texture analyser)
- ค่า pH (pH meter)
- ความชื้น (AOAC., 2000)
- Aw (AOAC., 2000)

- ปริมาณจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่รอดชีวิต (MRS agar)
- ปริมาณยีสต์และเชื้อรา (Rose Bengal agar)

ทำการประเมินอายุการเก็บรักษา โดยอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง ได้แก่ ปริมาณยีสต์และเชื้อราไม่เกิน 2 log cfu/g หรือปริมาณจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่รอดชีวิตต่ำกว่า 6 log cfu/g

3.3 วิเคราะห์ข้อมูล โดยการนำข้อมูลที่ได้มาประเมินผลความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

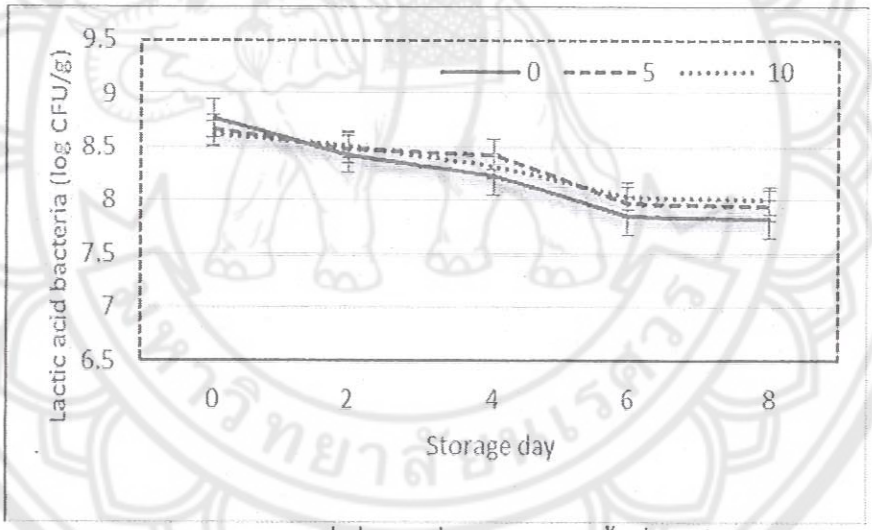
สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ตอนที่ 1. ผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของ *L. casei* ค่า Aw ค่าความชื้น ค่า pH ค่า L* และค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในฝรั่งกึ่งแห้งโดยการใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และ สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ใน ระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วัน แสดงดังภาพที่ 1-8 ตามลำดับ

การรอดชีวิตของ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้วิธีสุญญากาศในการผลักดันเชื้อเข้าไปภายในเนื้อฝรั่งและใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น ประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ใน ระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วันแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การรอดชีวิตของ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 1 พบว่าปริมาณ *L. casei* ที่เสริมลงในฝรั่งกึ่งแห้งทั้งสามทรีตเมนต์มีปริมาณลดลงจากเริ่มต้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ในฝรั่งที่เสริมโดยใช้สารละลายเชื้อที่ไม่มีน้ำตาลมีปริมาณ *L. casei* น้อยกว่าฝรั่งกึ่งแห้งที่เสริมเชื้อที่มีน้ำตาลซูโครสความเข้มข้นต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งปริมาณเชื้อที่ลดลงจากปริมาณเริ่มต้น ผลการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของอรพิมพ์และคณะ (2553) ที่ทำการเสริม *L. casei* ในชิ้นแก้วมังกรโดยใช้สารละลายน้ำตาลเข้มข้น 30 บริกซ์พบว่าปริมาณเชื้อจะลดลงประมาณ 2 log CFU/g โดยทั้งนี้การวิธีสุญญากาศสามารถเสริมแบคทีเรียให้แก่ผักและผลไม้ได้โดยที่อากาศในช่องว่างที่อยู่ระหว่างเซลล์จะถูกผลักดันออกมา และภายหลังจากการแช่ในสารละลายเชื้อต่อที่สภาวะบรรยากาศปกติจะทำให้สารละลายภายนอกที่มีองค์ประกอบของเชื้อจะเข้าสู่ภายในเนื้อของผลไม้

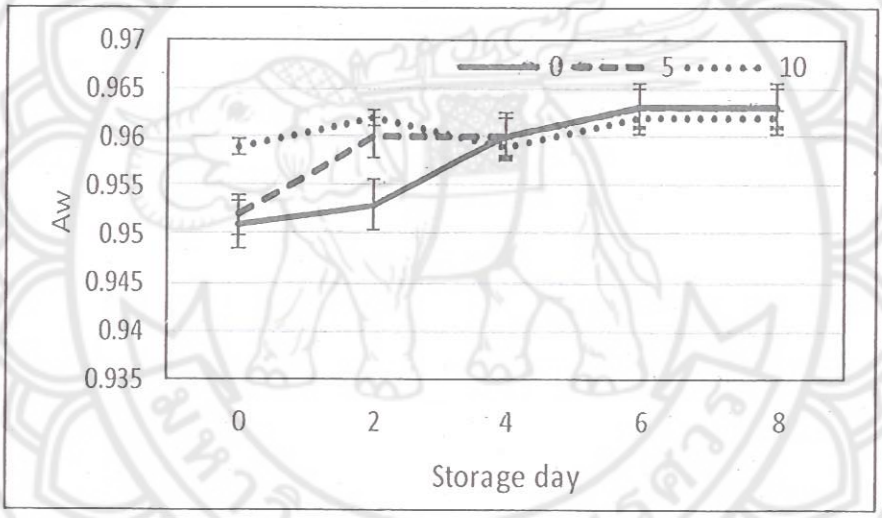
โดยเข้าไปแทนที่อากาศที่ถูกผลักดันออกจากช่องว่างระหว่างเซลล์ด้วยวิธี capillary action และ pressure gradients (Fito et.al. , 1996) อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลที่มีในสารละลายของเชื้อจะมีผลทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้นและความเข้มข้นของน้ำตาลที่มากกว่า เป็นผลให้สารละลายเชื้อมีแรงดันออสโมติกที่สูงกว่า เป็นเหตุให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้เสริมเชื้อจุลินทรีย์และสารละลายหรือน้ำที่อยู่ในผลไม้มีมากขึ้น ดังนั้นการถ่ายเทมวลสารต่างๆจึงเกิดมากขึ้น เห็นได้จากการทดลองที่พบว่าปริมาณเริ่มต้น (วันที่ 0) ของ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อที่ไม่ได้เติมน้ำตาลมีค่าสูงกว่าปริมาณเชื้อที่มีในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อผสมน้ำตาลซูโครสทั้งสองระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณของเชื้อที่มีในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อผสมน้ำตาลซูโครสทั้งสองระดับความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าระดับความเข้มข้นของน้ำตาลในสารละลายเชื้ออาจไม่แตกต่างกันมากพอจนทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกที่ชัดเจน จากการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 8 วัน พบว่าปริมาณ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งทุกทรีตเมนต์มีปริมาณลดลงโดยเชื้อ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อที่ไม่เติมน้ำตาล มีปริมาณเชื้อน้อยกว่าฝรั่งกึ่งแห้งที่เสริมเชื้อโดยใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 และ 10 บริกซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเชื้อโพรไบโอติกสามารถใช้น้ำตาลซูโครสในการเจริญได้เป็นผลให้มีปริมาณเชื้อที่มากกว่า ในส่วนของปริมาณยีสต์และเชื้อราพบว่าตัวอย่างฝรั่งกึ่งแห้งทั้งสามทรีตเมนต์มีปริมาณ <10 ในวันแรกของการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 8 วัน พบปริมาณเชื้อยีสต์และราในตัวอย่างมีปริมาณ >100 cfu/g (ตารางที่ 1) ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้แห้ง 136/2556

ตารางที่ 1 ปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. casei* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ตัวอย่าง	ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g) ระหว่างการเก็บรักษา* (วัน)				
	0	2	4	6	8
10^9 cfu/g *L. casei*	<100	<100	<100	<100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 5 Brix sucrose solution	<100	<100	<100	<100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 10 Brix sucrose solution	<100	<100	<100	<100	>100

จากตารางที่ 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วันพบว่าปริมาณยีสต์และราของฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลไม้อบแห้ง กล่าวคือมีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 2 log cfu/g โดยคาดว่าเชื้อยีสต์และราที่ปนเปื้อนน่าจะมาจากวัตถุดิบหลัก ได้แก่ผลไม้ที่นำผลิต รวมทั้งเกิดการปนเปื้อนในระหว่างการผลิตเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ดังกล่าวจึงอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งกึ่งแห้งมีอายุการเก็บรักษาไม่ต่ำกว่า 6 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ค่า Aw หรือค่า Water Activity เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่า Aw เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่า Aw ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ได้เนื่องจากจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า Aw ที่จำกัดโดยการทำให้อาหารมีค่า Aw ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะสามารถเจริญเติบโตได้ ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเกือบทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า Aw ต่ำกว่า 0.9 และราส่วนใหญ่จะไม่เจริญเติบโตที่ค่า Aw ต่ำกว่า 0.7 (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2557) อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลิตภัณฑ์ฝรั่งแท่งเสริมโปรไบโอติกนี้ยังมีค่า Aw ที่ค่อนข้างสูง จึงยังมีโอกาสที่จะเสื่อมเสียได้จากทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และเชื้อรา ค่า Aw และปริมาณความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาดังภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



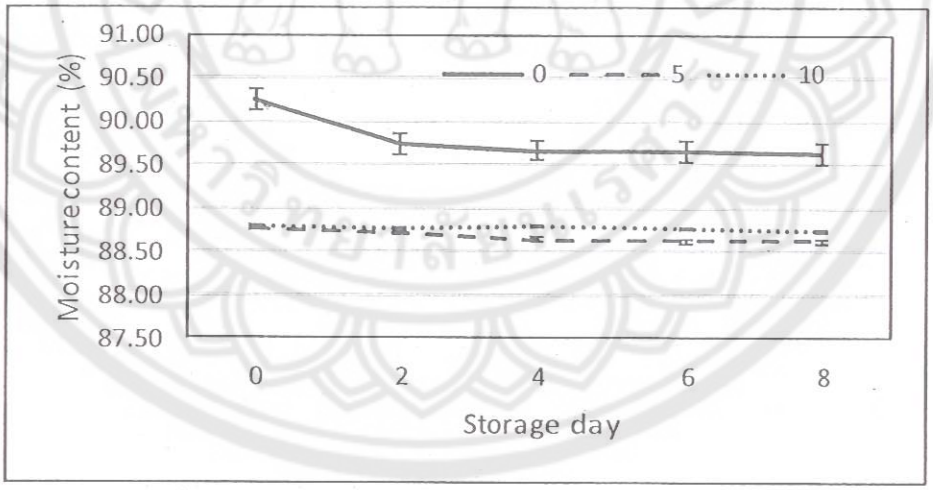
ภาพที่ 2 ค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 2 พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยแต่โดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำที่มีชึ้นฝรั่งแพร่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจเป็นผลจากสภาวะการอบแห้งที่ไม่เหมาะสม และจากงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้เชื้อโพรไบโอติกมีโอกาสรอดชีวิตได้มากที่สุดจึงเลือกใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้ง เป็นผลให้อัตราในการทำแห้งเกิดมีค่าน้อย ปริมาณน้ำในชิ้นฝรั่งซึ่งยังมีอยู่ในปริมาณมากหลังจากการอบแห้งในระยะเวลาไม่นานจึงแพร่ออกมาในระหว่างการเก็บรักษา

ค่าความชื้น (moisture content) เป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็นสมบัติที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของอาหาร เนื่องจากความชื้นมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย

(shelf life) อาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย (perishable food) เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และการสร้างสารพิษ (toxin) ที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ รวมถึงการสร้างสารพิษของรา (mycotoxin) เช่น aflatoxin และ patulin ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน (thermal conductivity) ความร้อนจำเพาะ (specific heat) ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส (texture) เช่น ความกรอบ ความหนืด (viscosity) การเกาะติดกันเป็นก้อน (caking) ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้า เช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช กำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้น (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา ,2557)

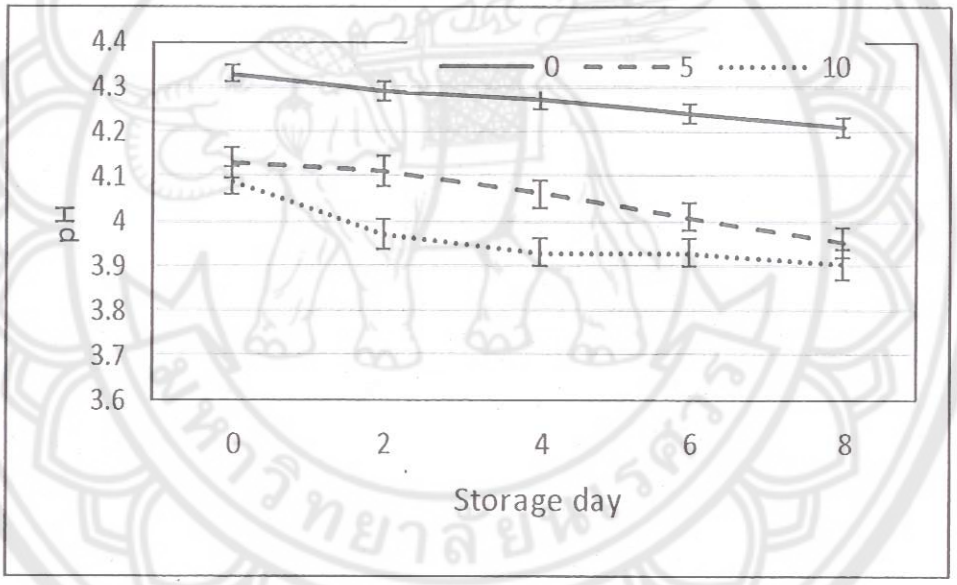
ในส่วนของปริมาณความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* แสดงดังภาพที่ 3 พบว่ามีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* ที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่ไม่เติมน้ำตาลมีอัตราการลดลงสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* ที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่เติมน้ำตาลทั้งสองระดับ ในขณะที่ค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* ที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่เติมน้ำตาลทั้งสองระดับมีค่าลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา แต่โดยส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากสภาวะในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นที่มีความชื้นค่อนข้างสูงรวมทั้งถุงโพลีเอทีลีนที่นำมาใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม



ภาพที่ 3 ค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันแสดงดังภาพที่ 4 พบว่าค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกทุกทรีตเมนต์ในระหว่างการเก็บรักษา 8 วัน มีค่าลดลงจากวันที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และแต่ละทรีตเมนต์ในแต่ละวันที่วิเคราะห์พบว่ามีค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าค่า pH ของ

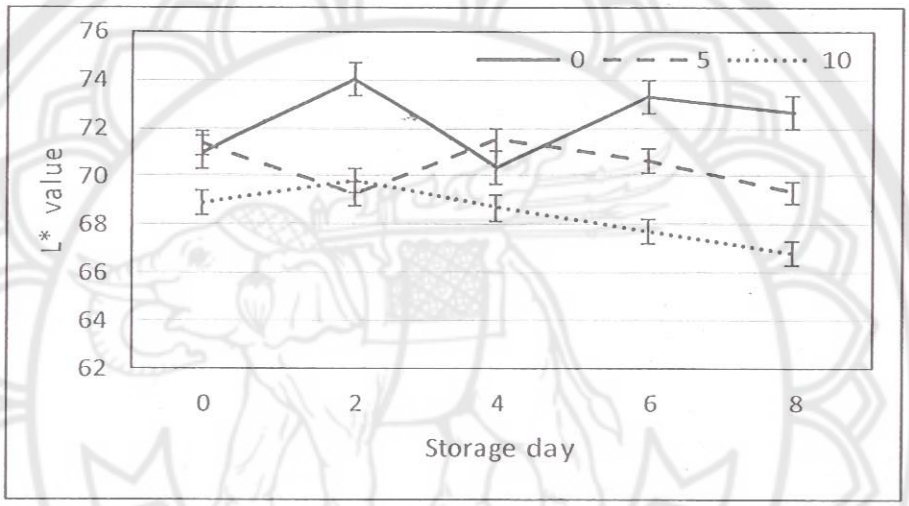
ฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาล 10 บริกซ์มีค่า pH ต่ำที่สุดคือ 3.90 รองลงมาได้แก่ค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาล 5 บริกซ์มีค่า pH 3.95 ส่วนค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* ที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่ไม่เติมน้ำตาลมีค่า pH สูงสุดคือ 4.21 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เชื้อโพรไบโอติกนำน้ำตาลไปใช้ในการเจริญและเปลี่ยนเป็นกรดแลกติก ซึ่งทรีตเมนต์ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูงกว่าจะทำให้เกิดกรดที่มากกว่าเป็นให้ค่า pH ลดลงมากกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ โดยทั่วไปการเจริญของจุลินทรีย์จะมีการใช้แหล่งคาร์บอนในรูปที่ง่ายที่สุดก่อนโดยมักจะใช้น้ำตาลโมเลกุลอย่างง่ายหรือขนาดเล็กเช่นน้ำตาลกลูโคส จากนั้นจึงใช้น้ำตาลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่หรือซับซ้อนขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างเอ็นไซม์ของเชื้อซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด โดยการใช้น้ำตาลดังกล่างมีผลทำให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่ กรด รวมทั้งสารอื่นๆที่เกิดขึ้น ดังนั้นโดยทั่วไปการวัดค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปของอาหารจึงอาจนำมาใช้ในการวิเคราะห์ว่าเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตหรือไม่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากในระบบของอาหารมีความซับซ้อนและอาจมีข้อจำกัดหรือปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ร่วมอยู่ด้วย เช่นการมีสารที่มีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ที่ทำให้ระบบอาหารนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ได้น้อย ดังนั้นการวิเคราะห์ค่า pH จึงอาจไม่ให้ผลที่ชัดเจน



ภาพที่ 4 ค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

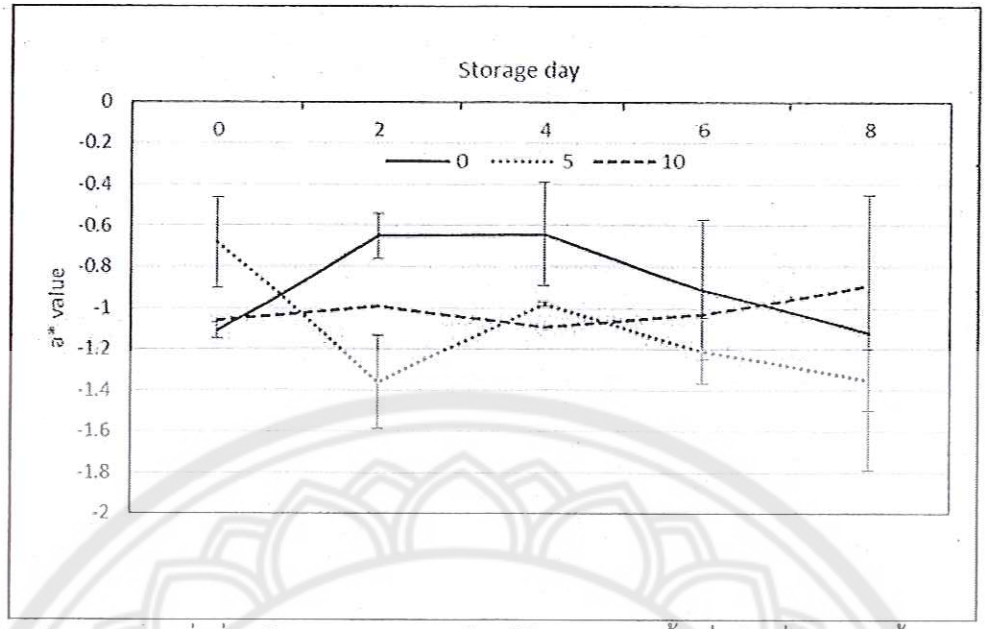
ในส่วนของค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 5 พบว่าค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่โดยส่วนใหญ่มีค่า L* ใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 66.80 ถึง 73.99 ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความไม่สม่ำเสมอซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนของชิ้นฝรั่งที่นำมาใช้ในการทดลองซึ่งแต่ละผลมีสีที่แตกต่างกันตามธรรมชาติ ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างมีค่าระหว่าง 0 – 100 โดยค่า 0 หมายถึง สีมืดที่สุดส่วน 100 หมายถึงสว่างที่สุด ซึ่งการลดลงของค่า L* หรือสีที่เกิดการคล้ำลงของผลิตภัณฑ์นี้อาจเกิดมาจากสาเหตุหลายประการเช่นการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอ็นไซม์ที่มีอยู่ในฝรั่ง ซึ่งอาจหลงเหลืออยู่หลังจากกระบวนการให้ความร้อนในระหว่างการ

ผลิตฝรั่งแท่ง พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา (2557) รายงานว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์เป็นปฏิกริยาออกซิเดชัน (oxidation) จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการช้ำ ฉีก ขาด เมื่อถูกกระแทก บด หั่น หรือสับทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกัน สาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์ เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin) นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ผลิตผลที่ไม่พึงประสงค์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด พบระหว่างการเก็บรักษาทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มในนมผงทุเรียนกวน เป็นต้น

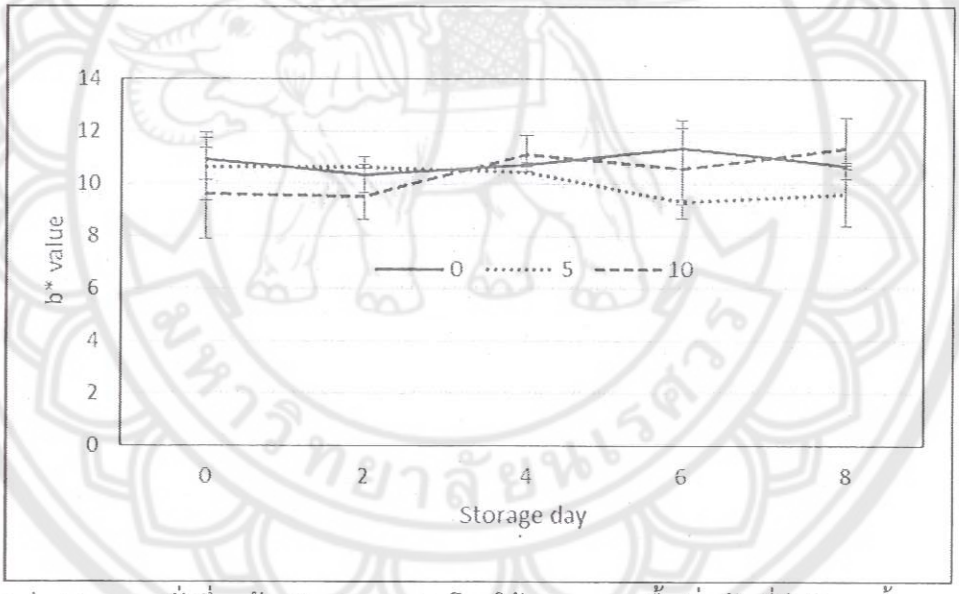


ภาพที่ 5 ค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ค่า a* และ b* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกในทุกทรีตเมนต์โดยส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -1.36 ถึง -0.68 และ 9.31 ถึง 11.36 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 6 และ 7 ตามลำดับ โดยค่า a* หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง หรือเขียว โดย +a หมายถึง แสดงความเป็นสีแดง และ -a หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนไปทางสีเขียวคล้ำ ส่วนค่า b* หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน โดย +b หมายถึง แสดงความเป็นสีเหลือง และ -b หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน โดยผลจากการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนไปทางสีน้ำเงินคล้ำทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของค่า a* และ b* นั้นมีสาเหตุมาจากที่ได้อธิบายไว้แล้วเช่นเดียวกับค่า L*



ภาพที่ 6 ค่า a* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

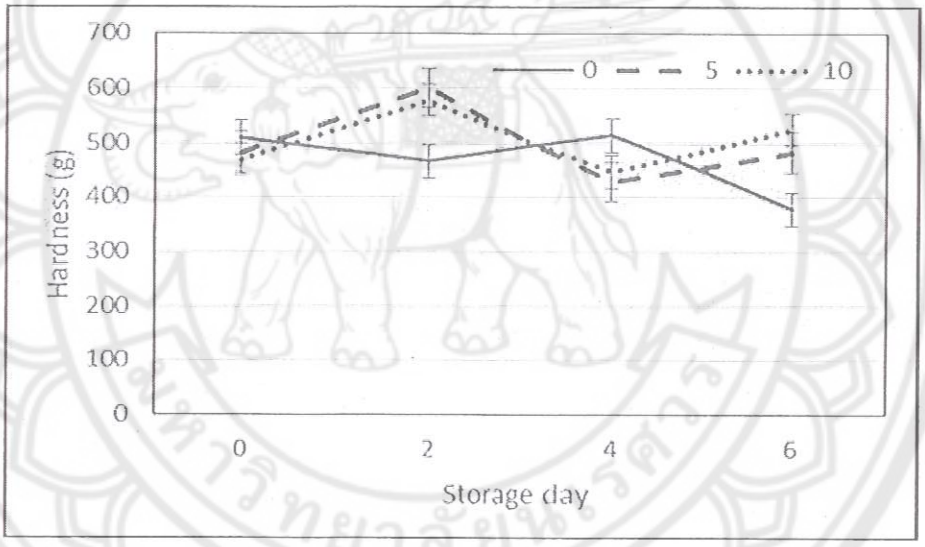


ภาพที่ 7 ค่า b* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ค่าความแข็ง (hardness) เป็นสมบัติด้านเนื้อสัมผัส (texture properties) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหารเพื่อให้ได้ค่าความแข็งสามารถทำได้ด้วยการทดสอบแบบการกด (compression test) การเจาะทะลุ (penetration test) จากกราฟการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (deformation) พร้อมแรงต้าน (force, N) ของตัวอย่างของอาหารความแข็ง(hardness) ของวัสดุแสดงได้ด้วยแรงกดสูงสุด (maximum force, N) ก่อนวัสดุจะแตกหักวัสดุที่มีความแข็งมากจะต้านทานแรงกดได้มากมีแรงกดสูงสุดมาก (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2557) ค่า hardness ของฝรั่งแห่งเสริมโปรไบโอติก *L. bulgaricus* (B) *L. bulgaricus* ที่ถูกตรึง (EnB) *L. casei* (C) และ *L. casei* ที่ถูกตรึง (EnC) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 11 โดยพบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่าความแข็งของ

ฝรั่งแท่งเสริมโปรไบโอติกทั้ง 4 ทรีตเมนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยฝรั่งแท่งเสริมโปรไบโอติกมีค่าเริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 186.3 – 210.0 g และในวันที่ 18 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 227.3 – 241.3 g การเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งนี้อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาการเชื่อมไขว้ (crosslinking reactions) ระหว่างสารอัลจิเนตและเพคติน ทำให้เกิดเป็นโครงร่างโพลีเมอร์ที่เชื่อมต่อกันทั้งในส่วนของเม็ดบีดของเชื้อโปรไบโอติกที่ถูกตรึง (Sandoval-Castilla, et.al. 2010) และในส่วนของตัวผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารทั้งสองชนิดนี้ในระหว่างการผลิต

ค่าความแข็ง (hardness) ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 8 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความแข็งใกล้เคียงกันและค่าความแข็งในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 378.33 ถึง 601.00 g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของการใช้วิธีสุญญากาศซึ่งมีผลต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อของฝรั่งทำให้อ่อนตัวลง นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากการเจริญของเชื้อโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลให้ความเป็นกรดเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารต่างๆรวมทั้งเนื้อเยื่อของฝรั่ง



ภาพที่ 8 ค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

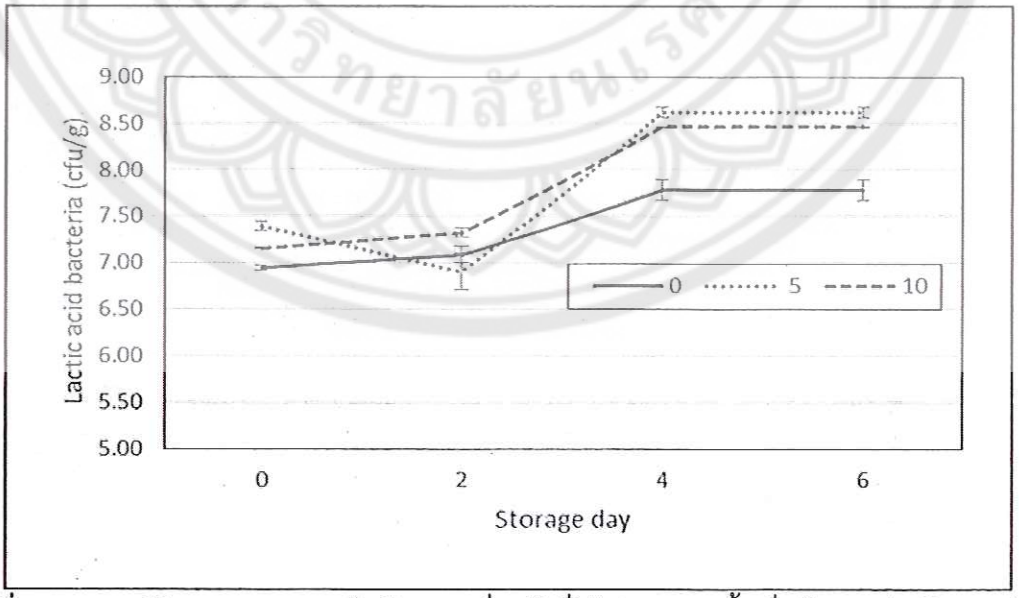
จากภาพที่ 8 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความแข็งใกล้เคียงกันและค่าความแข็งในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 378.33 ถึง 601.00 g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของการใช้วิธีสุญญากาศ ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อของฝรั่งทำให้อ่อนตัวลง นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากการเจริญของเชื้อโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลให้ความเป็นกรดเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารต่างๆรวมทั้งเนื้อเยื่อของฝรั่ง

จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. casei* TISTR 1463 ในฝรั่งกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในฝรั่งด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้

ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในฝรั่งกึ่งแห้งแตกต่างกัน และปริมาณเชื้อโพรไบโอติกลดลงประมาณ 2 log cfu/g จากปริมาณเริ่มต้น 8 log cfu/g หลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยพบเชื้อราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การเติมน้ำตาลซูโครสในสารละลายเชื้อ เป็นผลให้การรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสูงกว่าการใช้สารละลายเชื้อโพรไบโอติกเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษา พบว่าค่าความชื้น ค่า pH ค่า L* และค่าความแข็งลดลงในขณะที่ค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้น

ตอนที่ 2. ผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของ *L. casei* ค่า Aw ค่าความชื้น ค่า pH ค่า L* และค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสับปะรดกึ่งแห้งโดยการใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วัน แสดงดังภาพที่ 9-16 ตามลำดับ

ภาพที่ 9 แสดงการรอดชีวิตของ *L. casei* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้วิธีสุญญากาศในการผลักดันเชื้อเข้าไปภายในเนื้อสับปะรดและใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วัน และตารางที่ 2 แสดงปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. casei* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ



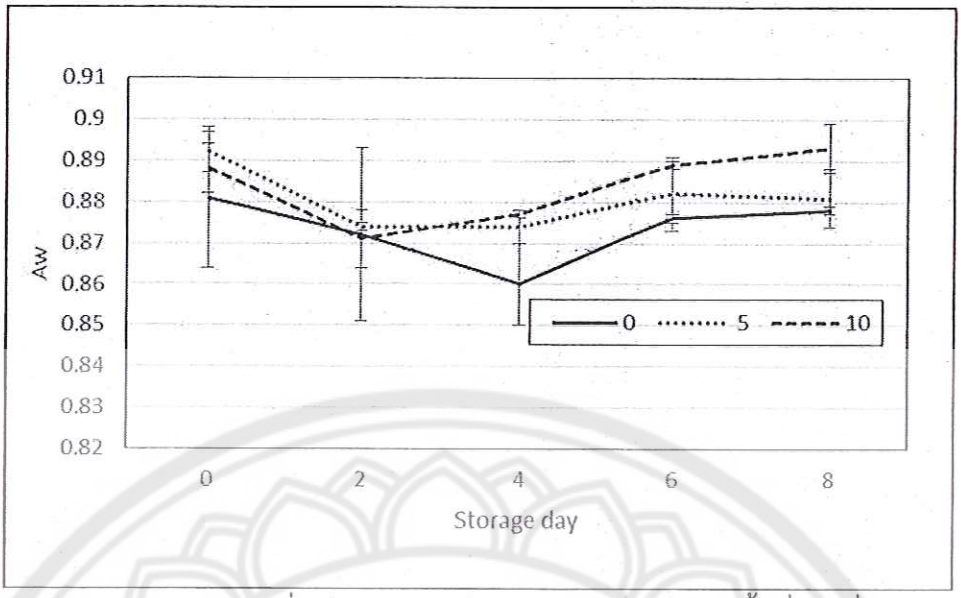
ภาพที่ 9 การรอดชีวิตของ *L. casei* ในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ตารางที่ 2 ปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. casei* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

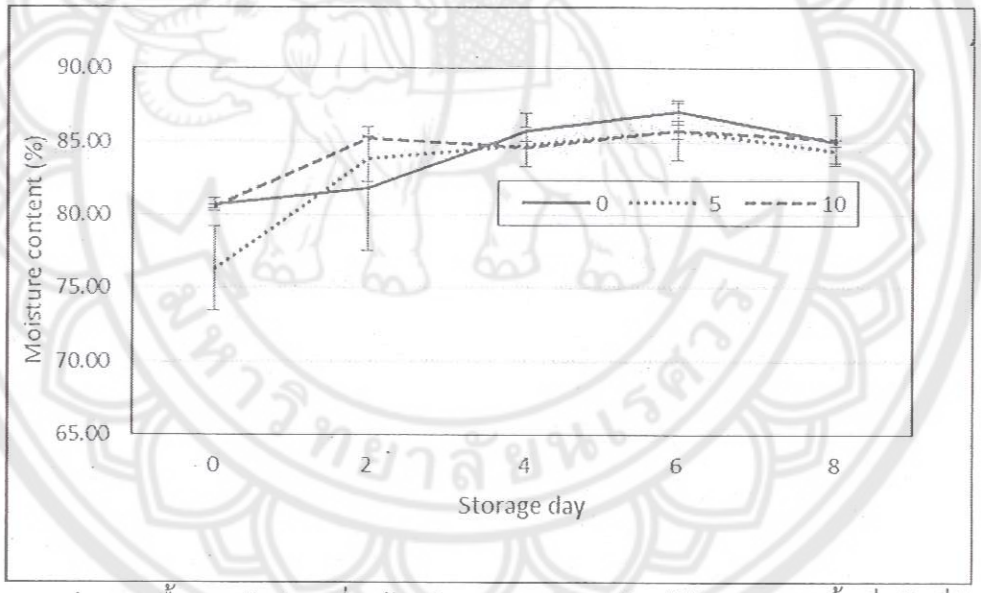
ตัวอย่าง	ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g) ระหว่างการเก็บรักษา* (วัน)				
	0	2	4	6	8
10^9 cfu/g *L. casei*	>100	>100	>100	>100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 5 Brix sucrose solution	>100	>100	>100	>100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 10 Brix sucrose solution	>100	>100	>100	>100	>100

จากภาพที่ 9 พบว่าปริมาณ *L. casei* ในตัวอย่างทั้ง 3 ทรีตเมนต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาสูงขึ้นและพบว่าปริมาณเชื้อ *L. casei* ในช่วง 2 วันแรกมีค่าใกล้เคียงกันแต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบว่าเชื้อ *L. casei* ในตัวอย่างที่ใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml มีปริมาณเชื้อใกล้เคียงกัน (8.46 – 8.62 log cfu/g) และมีปริมาณสูงกว่าเชื้อ *L. casei* ในตัวอย่างที่มีเพียงสารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml เพียงอย่างเดียว (7.78 cfu/g) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. casei* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันพบว่ามีปริมาณสูงกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลไม้อบแห้งตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบสับปะรดที่นำมาใช้นั้นมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงมาก โดยเฉพาะยีสต์และเชื้อราที่สามารถเจริญได้ดีกว่าแบคทีเรียเนื่องจากสับปะรดมีความเป็นกรดสูงกว่าหรือมีค่า pH ต่ำกว่าและยังมีน้ำตาลในปริมาณสูงทั้งในส่วนของน้ำตาลในสับปะรดเองและน้ำตาลซูโครสที่ใช้ในการทดลองทั้งสองระดับความเข้มข้น ทำให้โอกาสในการเจริญของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์มีสูงกว่าแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามแบคทีเรียแลคติกโดยทั่วไปเป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีความเป็นกรดสูงกว่าปกติอยู่แล้วดังนั้นจึงทำให้ตรวจพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกในปริมาณสูง นอกจากนั้นจากการทดลองพบว่าการใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันในการผลักดันเชื้อไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่ความแตกต่างของเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่ใช้ในการทดลองมีน้อยทำให้แรงดันออสโมติกมีความแตกต่างกันน้อยทำให้ปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลกติกที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน

ในส่วนของค่า Aw และปริมาณความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาดังภาพที่ 10 และ 11 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 ค่า Aw ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

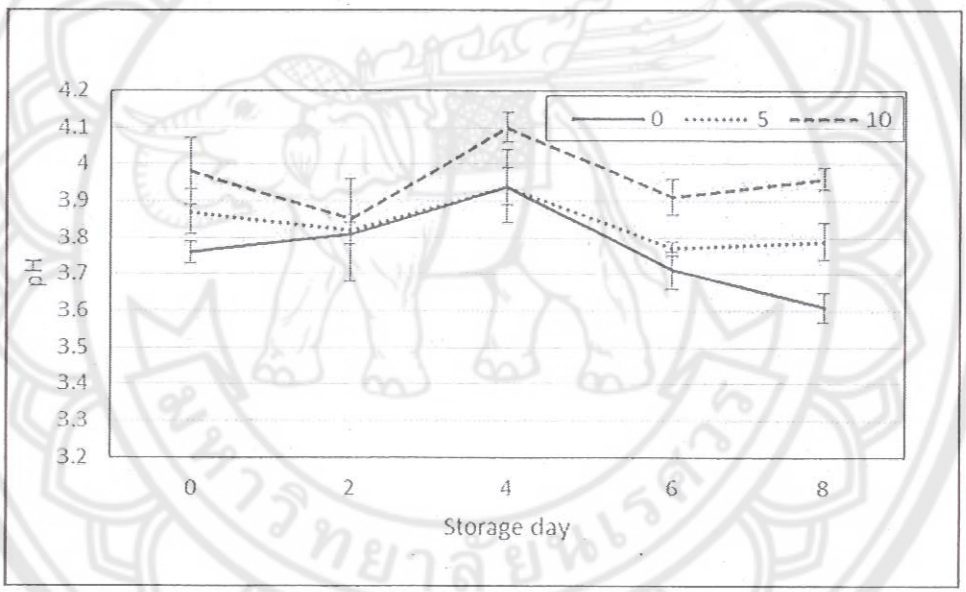


ภาพที่ 11 ค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 10 พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า Aw ของสับปะรดกึ่งแห้งในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยแต่โดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.878 – 0.893 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำที่แพร่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกับในกรณีของฝรั่ง ซึ่งอาจเป็นผลจากสภาวะการอบแห้งที่ไม่เหมาะสม และจากงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้เชื้อโพรไบโอติกมีโอกาสรอดชีวิตได้มากที่สุดจึงเลือกใช้อุณหภูมิต่ำในการอบแห้ง เป็นผลให้อัตราในการทำแห้งเกิดมีค่าน้อย ปริมาณน้ำในชิ้นสับปะรดซึ่งยังมีอยู่ในปริมาณมากภายหลังจากการอบแห้งในระยะเวลาไม่นานจึงแพร่ออกมาในระหว่างการเก็บรักษา

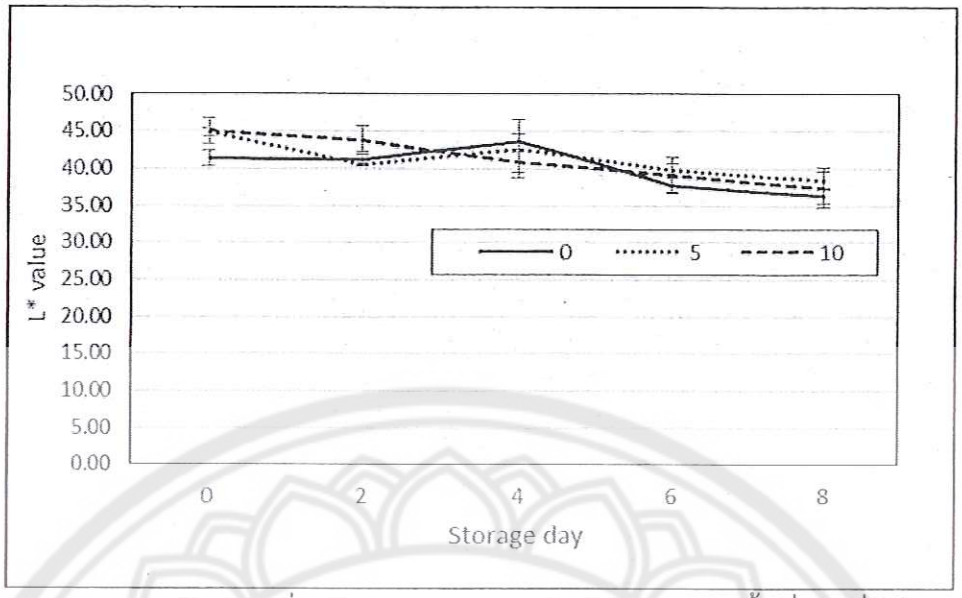
เช่นเดียวกัน ในส่วนของความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ (ภาพที่ 11) พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยแต่โดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ ($p>0.05$) เช่นเดียวกันโดยมีสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 84.4 – 85.1 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงมีปริมาณน้ำที่สูงมากและเป็นเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์

ในส่วนของค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 12 พบว่าค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาโดยส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.6 – 3.9 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน



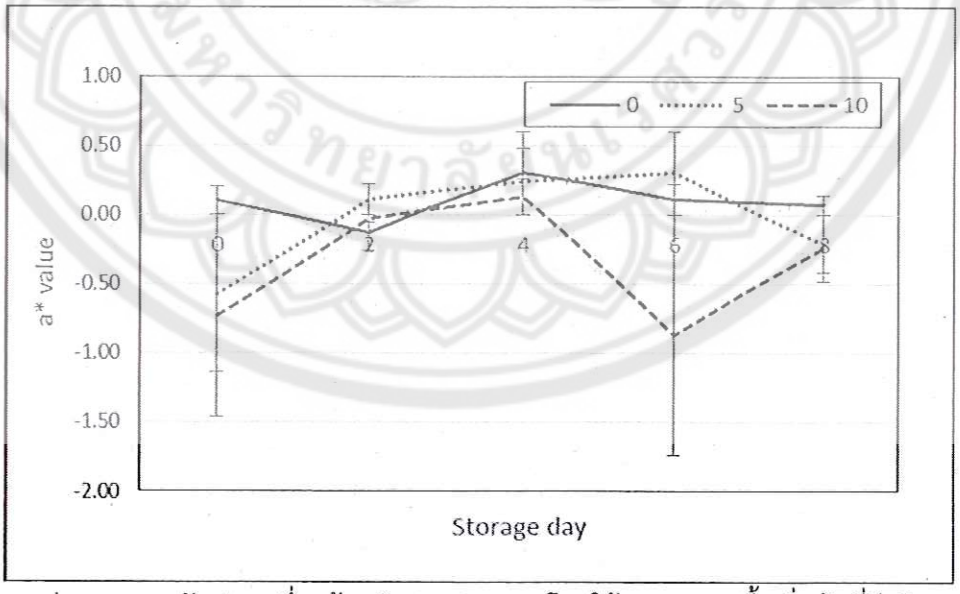
ภาพที่ 12 ค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ในส่วนของค่า L* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 13 พบว่าค่า L* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่า L* เริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 41.3 – 44.9 และมีค่าระหว่าง 36.2 – 38.4 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ทั้งนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์ที่มีในผลไม้และที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอบแห้ง

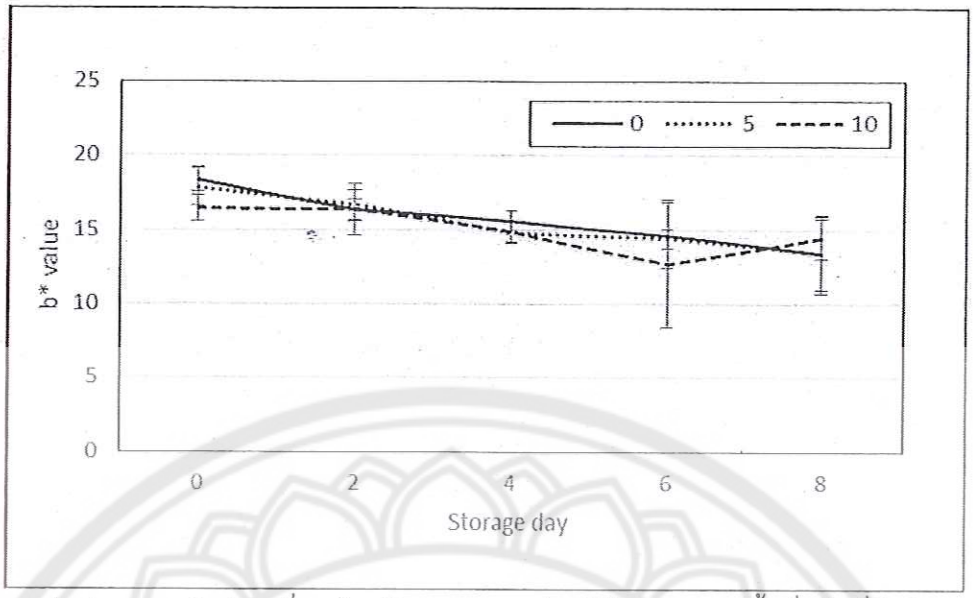


ภาพที่ 13 ค่า L* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ในส่วนของค่า a* และ b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 13 และ 14 ตามลำดับ โดยค่า a* และ b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกในทุกทรีตเมนต์โดยส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับค่า L* โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.07 ถึง -0.24 และ 13.4 ถึง 14.4 ตามลำดับเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่า L*

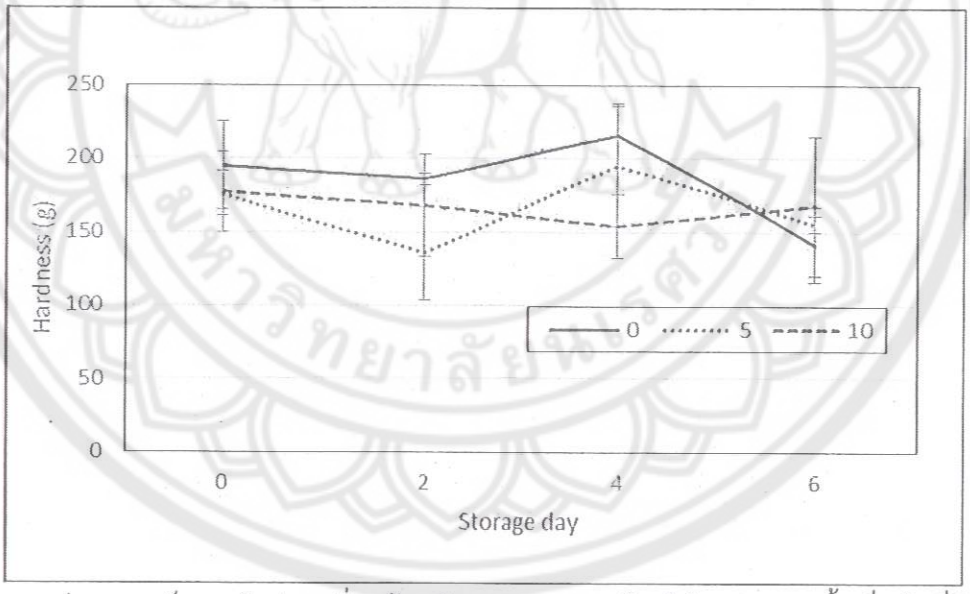


ภาพที่ 14 ค่า a* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ



ภาพที่ 15 ค่า b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ในส่วนของค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 16 พบว่าผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. casei* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันที่ได้มีค่าความแข็งใกล้เคียงกันและค่าความแข็งในทุกทรีตเมนต์มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นและมีค่าอยู่ระหว่าง 141.0 ถึง 167.0 g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของการใช้วิธีสุญญากาศ ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อของผลไม้ทำให้อ่อนตัว

1690659

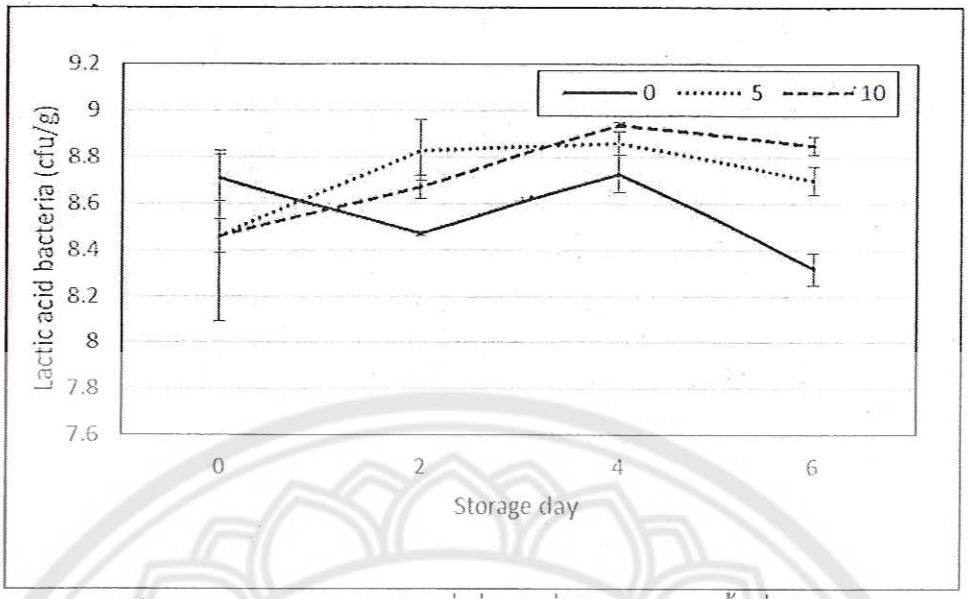
สำนักหอสมุด
25 ส.ค. 2559
9 QP 144 .F78 ธ672ง 2558

ลง นอกจากนั้นยังอาจเกิดจากการเจริญของเชื้อโพรไบโอติกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลให้ความเป็นกรดเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารต่างๆรวมทั้งเนื้อเยื่อของสับปะรด

จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. casei* TISTR 1463 ในสับปะรดกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในสับปะรดด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในสับปะรดกึ่งแห้งแตกต่างกัน และปริมาณเชื้อโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นประมาณ 1 log cfu/g จากปริมาณเริ่มต้น 7 log cfu/g หลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยพบเชื้อราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งตั้งแต่ในวันแรกของการเก็บรักษา การเติมน้ำตาลซูโครสในสารละลายเชื้อ เป็นผลให้การรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสูงกว่าการใช้สารละลายเชื้อโพรไบโอติกเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นสับปะรดกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาพบว่าค่า Aw และความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงและค่า L* และค่าความแข็งลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

ตอนที่ 3. ผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ค่า Aw ค่าความชื้น ค่า pH ค่า L* และค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในฝรั่งกึ่งแห้งโดยการใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 วัน แสดงดังภาพที่ 17-24 ตามลำดับ

การรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้วิธีสุญญากาศในการผลักดันเชื้อเข้าไปภายในเนื้อฝรั่งและใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น ประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วันแสดงดังภาพที่ 17 จากภาพพบว่าปริมาณของ *L. bulgaricus* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ที่มีสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์โดยส่วนมใหญ่ในระหว่างการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 8.7 – 8.9 log cfu/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ในขณะที่ปริมาณของ *L. bulgaricus* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว (ไม่ใส่น้ำตาลซูโครส) มีแนวโน้มลดลง และมีปริมาณ 8.3 log cfu/g เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากแบคทีเรียแลคติกสามารถใช้น้ำตาลซูโครสในการเจริญจึงทำให้ปริมาณที่พบในระหว่างการเก็บรักษามีค่าสูงกว่า



ภาพที่ 17 การรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

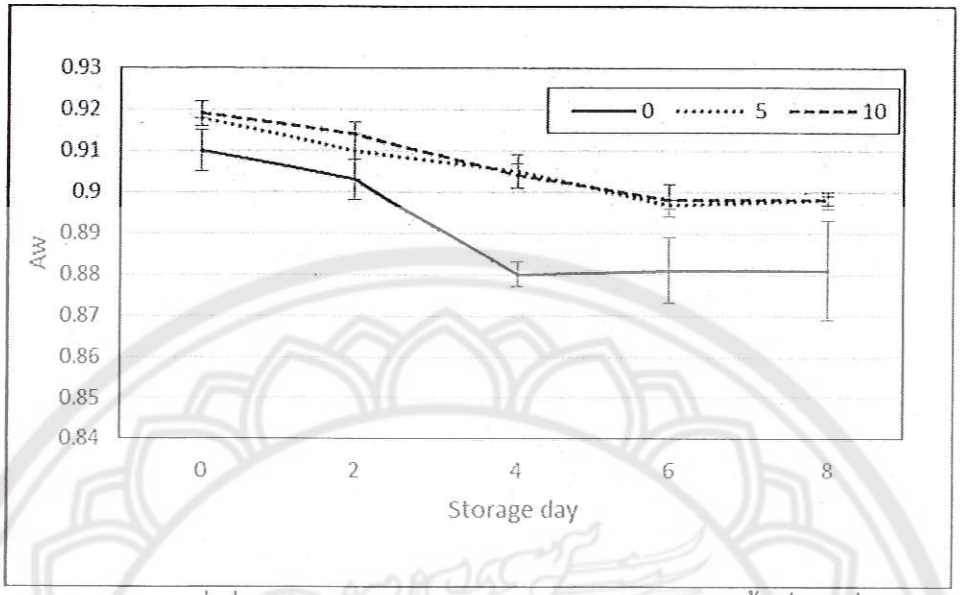
ในส่วนของปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

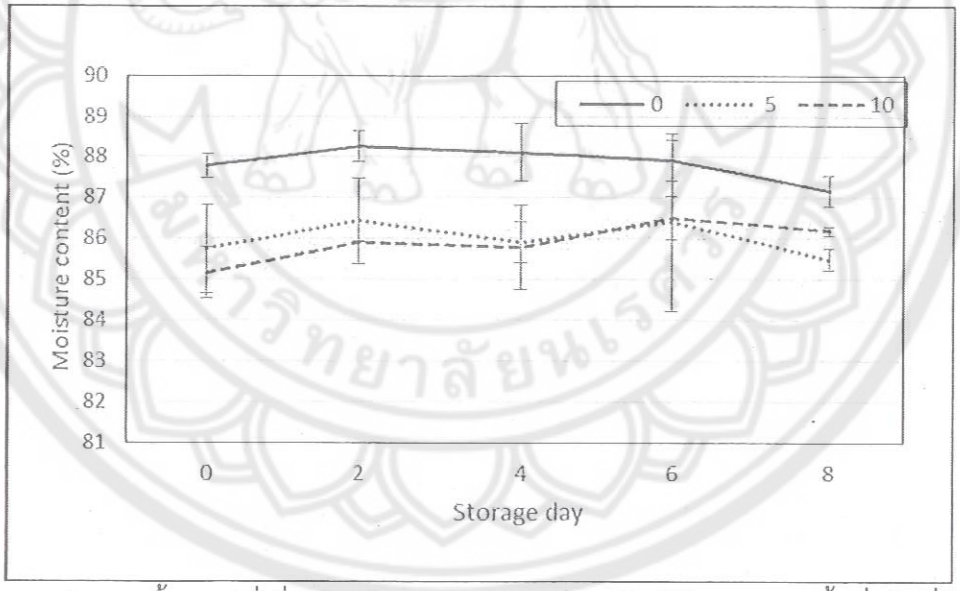
ตัวอย่าง	ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g) ระหว่างการเก็บรักษา* (วัน)				
	0	2	4	6	8
10^9 cfu/g *L. casei*	<100	<100	>100	>100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 5 Brix sucrose solution	<100	<100	>100	>100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 10 Brix sucrose solution	<100	<100	>100	>100	>100

จากตารางที่ 3 พบว่าปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ มีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น โดยพบว่าปริมาณยีสต์และราในฝรั่งกึ่งแห้งในทุกทรีตเมนต์มีค่าเกินกว่าที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลไม้แห้ง 136/2556 หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของเชื้อดังกล่าวที่มาจากวัตถุดิบและระหว่างกระบวนการผลิต

ในส่วนของค่า Aw และค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 18 และ 19 ตามลำดับ



ภาพที่ 18 ค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

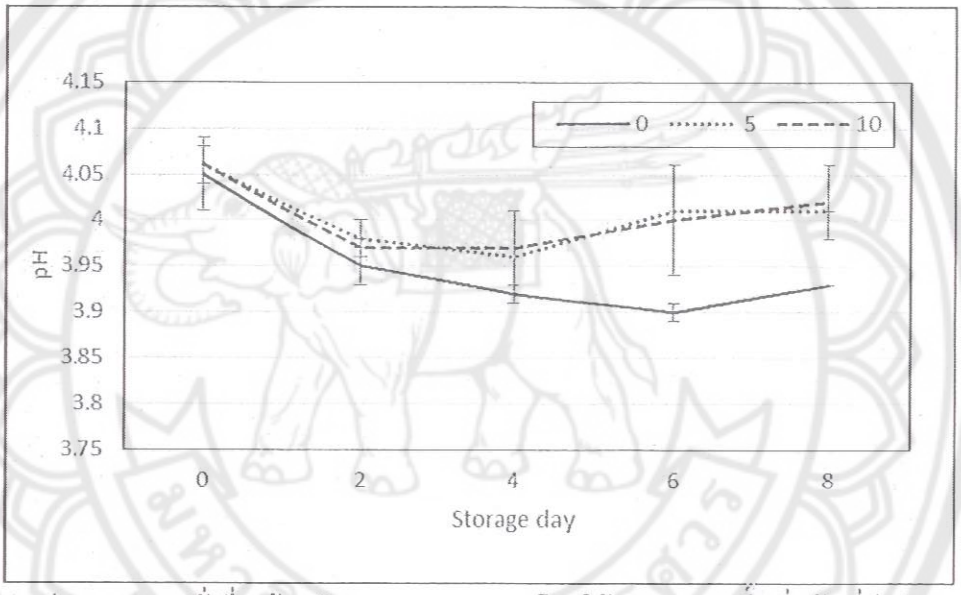


ภาพที่ 19 ค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 18 พบว่าค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา โดยค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และ 10 โดยส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงกว่า ค่า Aw ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* ที่มีสารละลายเชื้อเพียงอย่างเดียว ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 8 วัน

ในขณะที่ค่าความชื้นของของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ พบว่าโดยส่วนใหญ่มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* ที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสร้อยละ 5 และ 10 โดยส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* ที่มีสารละลายเชื้อเพียงอย่างเดียว ($p<0.05$) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของค่า Aw และค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาได้แก่สมบัติของวัตถุเริ่มต้น รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะในการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้ในการเก็บรักษาซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำและสารอื่นๆที่มีการถ่ายเทสารต่างๆ เกิดขึ้น

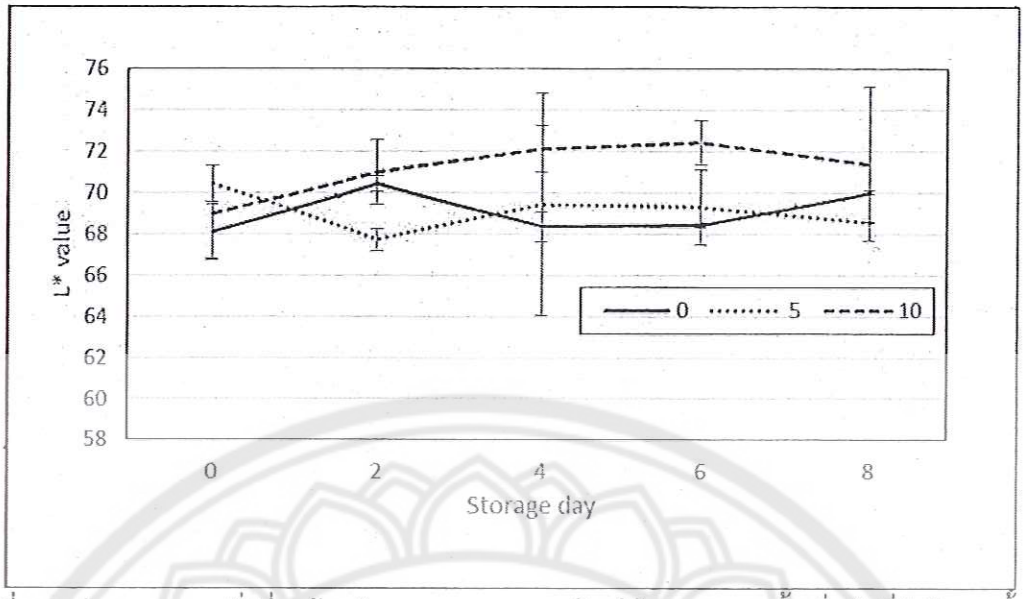
ในส่วนของค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 20



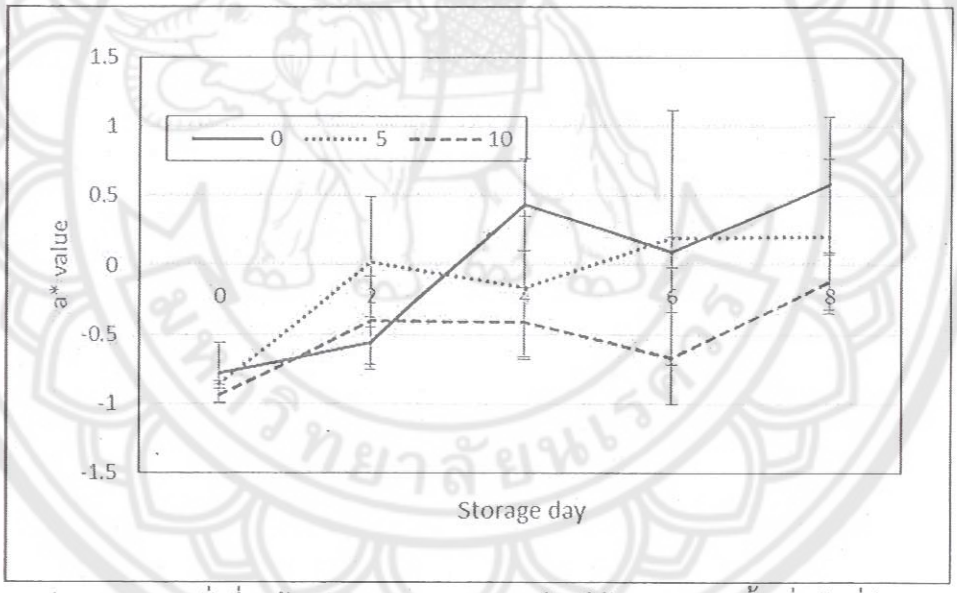
ภาพที่ 20 ค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื่อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 20 พบว่าค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ มีค่าลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่า pH เริ่มต้นระหว่าง 4.05 – 4.06 และภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน พบว่าค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 5 และ 10 มีค่าอยู่ระหว่าง 4.01 – 4.02 และมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยค่า pH ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* ที่มีเพียงสารละลายเชื้อเริ่มต้น (ไม่ใส่น้ำตาล) มีค่า 3.93 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน

ในส่วนของค่า ค่า L* a* และ b* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 21 22 และ 23 ตามลำดับ

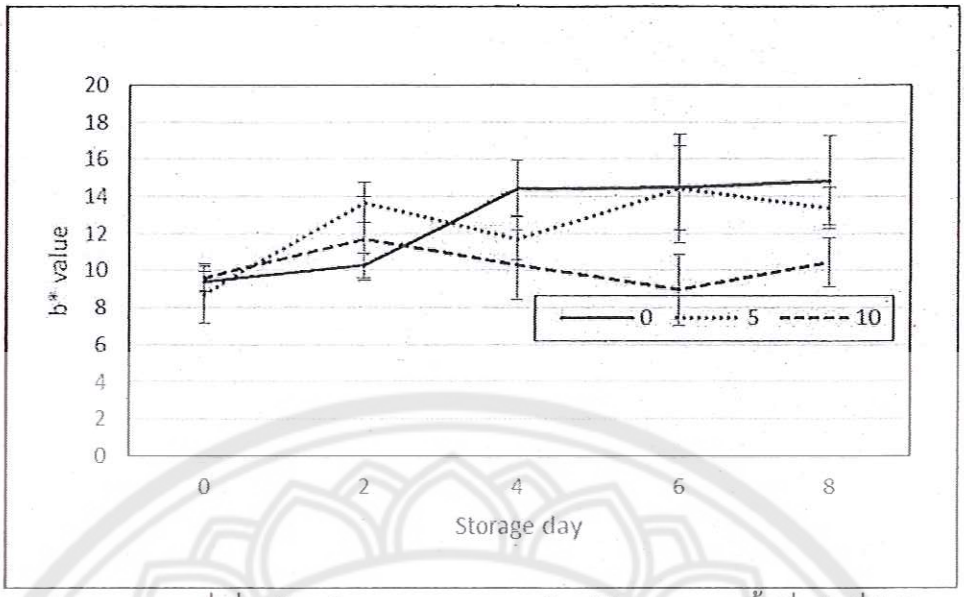


ภาพที่ 21 ค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ



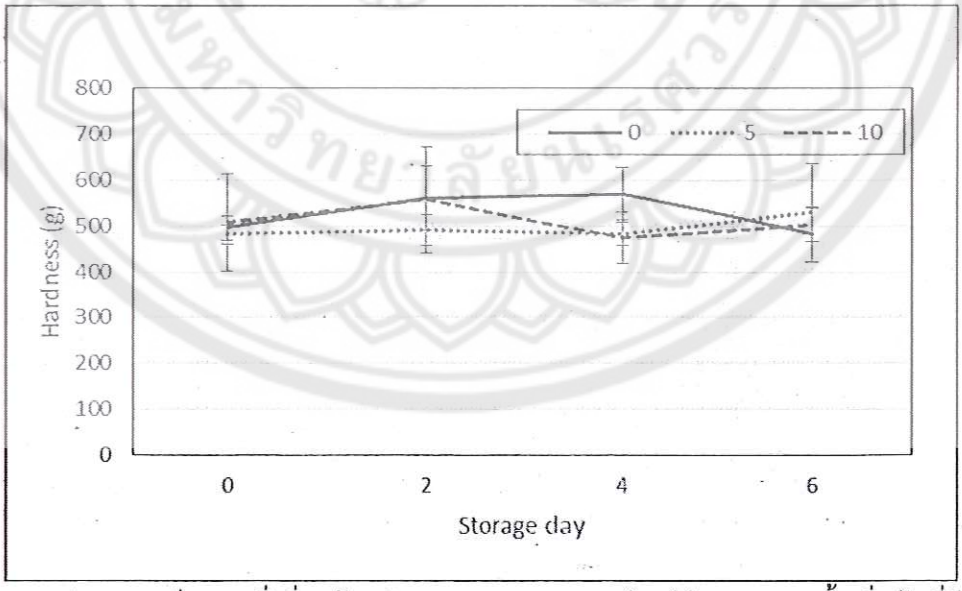
ภาพที่ 22 ค่า a* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 21 พบว่าค่า L* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ โดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาโดยพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 70.0 – 71.1 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน



ภาพที่ 23 ค่า b* ของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ในส่วนของค่า a* พบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าอยู่ระหว่าง -0.12 ถึง 0.59 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน และเช่นเดียวกันกับค่า b* ซึ่งพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าอยู่ระหว่าง 10.44 ถึง 14.84 ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ในส่วนของค่า ค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 24



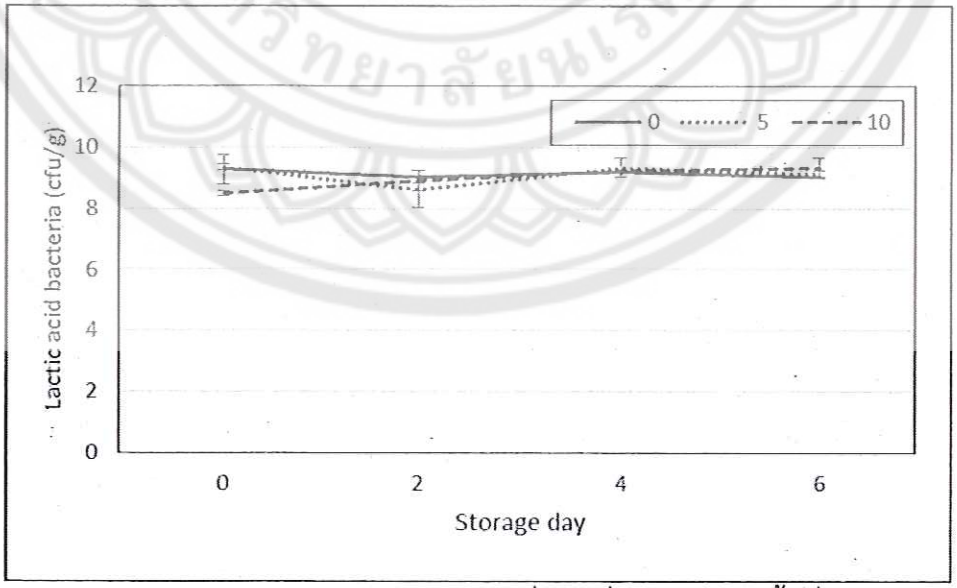
ภาพที่ 24 ค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 24 พบว่าค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่าในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาค่าความแข็งของฝรั่งกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* ทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าอยู่ระหว่าง 481.0 – 500.7 g

จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. bulgaricus* TISTR 892 ในฝรั่งกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในฝรั่งด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในฝรั่งกึ่งแห้งแตกต่างกัน โดยมีปริมาณเชื้อโพรไบโอติกสูงกว่าประมาณ 0.5 log cfu/g จากปริมาณเริ่มต้น 8.3 log cfu/g หลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยพบเชื้อราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน นอกจากนั้นฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาพบว่าค่า Aw และค่า pH ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่า a* เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและค่าความชื้น ค่า L* ค่า b* และค่าความแข็งโดยส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

ตอนที่ 4. ผลของการใช้วิธีสุญญากาศต่อการรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ค่า Aw ค่าความชื้น ค่า pH ค่า L* และค่าความแข็งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสับปะรดกึ่งแห้งโดยการใช้สารละลายเชื้อที่แตกต่างกันได้แก่สารละลายเชื้อที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml สารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 5 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml และสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 10 บริกซ์ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 9 log cfu/ml ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วัน แสดงดังภาพที่ 25-32 ตามลำดับ

การรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* และปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 25 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

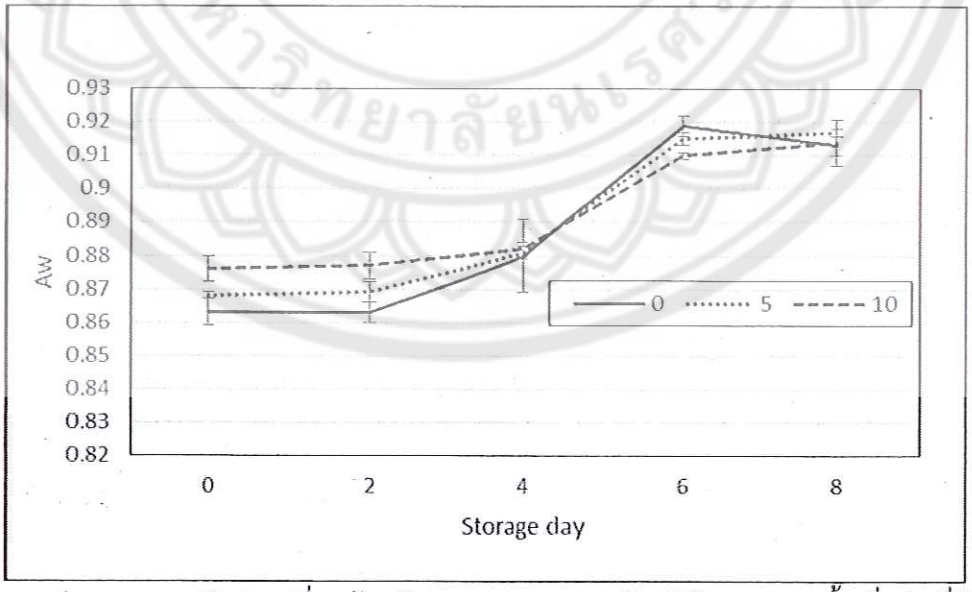


ภาพที่ 25 การรอดชีวิตของ *L. bulgaricus* ในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

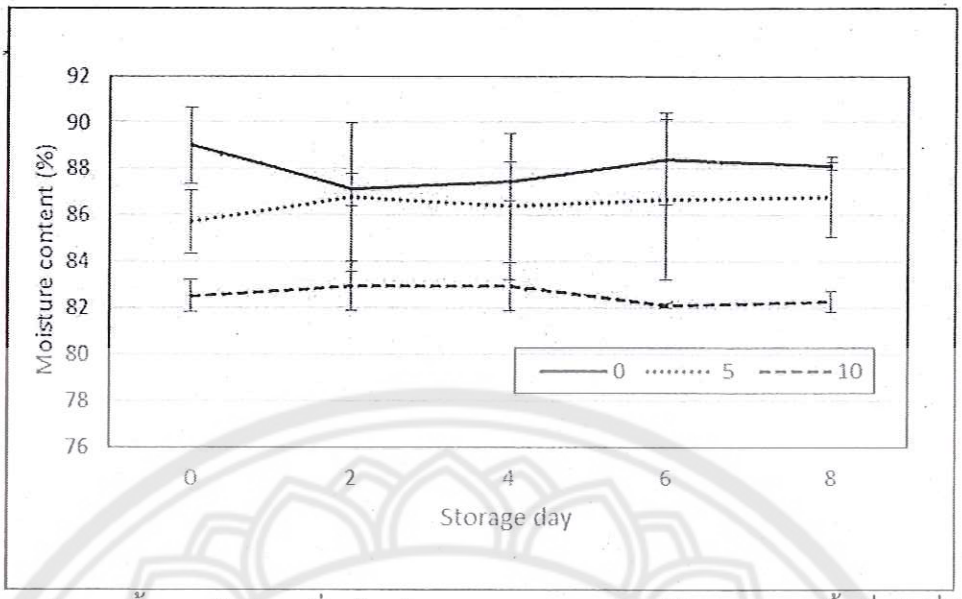
ตารางที่ 4 ปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้น *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

ตัวอย่าง	ปริมาณยีสต์และรา (cfu/g) ระหว่างการเก็บรักษา* (วัน)			
	0	2	4	6
10^9 cfu/g *L. casei*	>100	>100	>100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 5 Brix sucrose solution	>100	>100	>100	>100
10^9 cfu/g *L. casei* + 10 Brix sucrose solution	>100	>100	>100	>100

จากภาพที่ 25 พบว่าปริมาณของ *L. bulgaricus* ในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ ไม่เปลี่ยนแปลงจากปริมาณเชื้อที่มีเริ่มต้น โดยมีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าในวันที่ 8 ของการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 9.0 – 9.3 log cfu/g อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราในสับปะรดกึ่งแห้งที่ใช้สารละลายเชื้อ *L. bulgaricus* ที่มีน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ พบว่ามีค่าเกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง (>100 cfu/g) ตั้งแต่ในวันแรกของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับที่พบในผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งแห้งที่เสริมด้วยเชื้อ *L. casei* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุเช่นเดียวกันดังที่กล่าวมาแล้ว ในส่วนของค่า Aw และค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 26 และ 27 ตามลำดับ



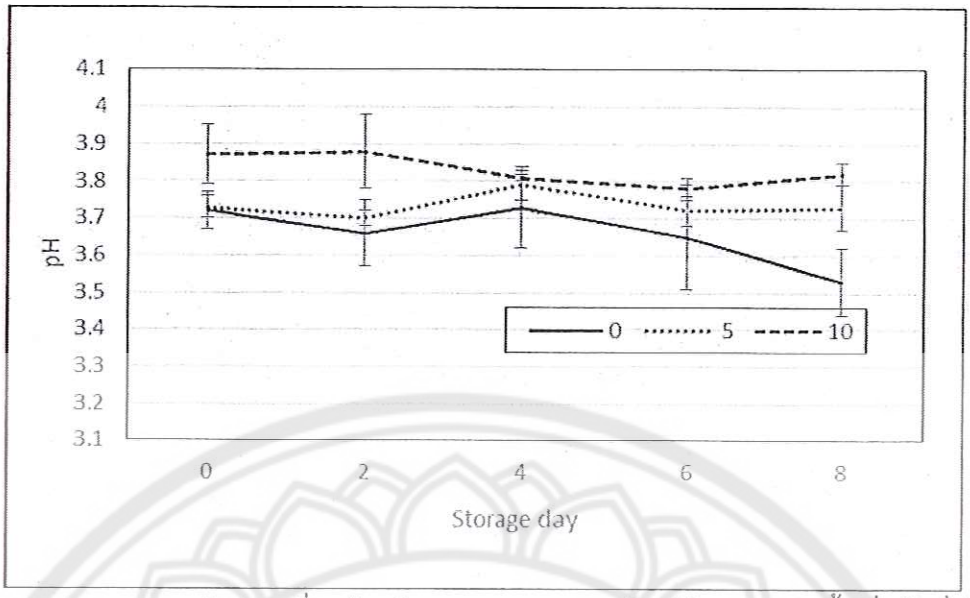
ภาพที่ 26 ค่า Aw ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ



ภาพที่ 27 ค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

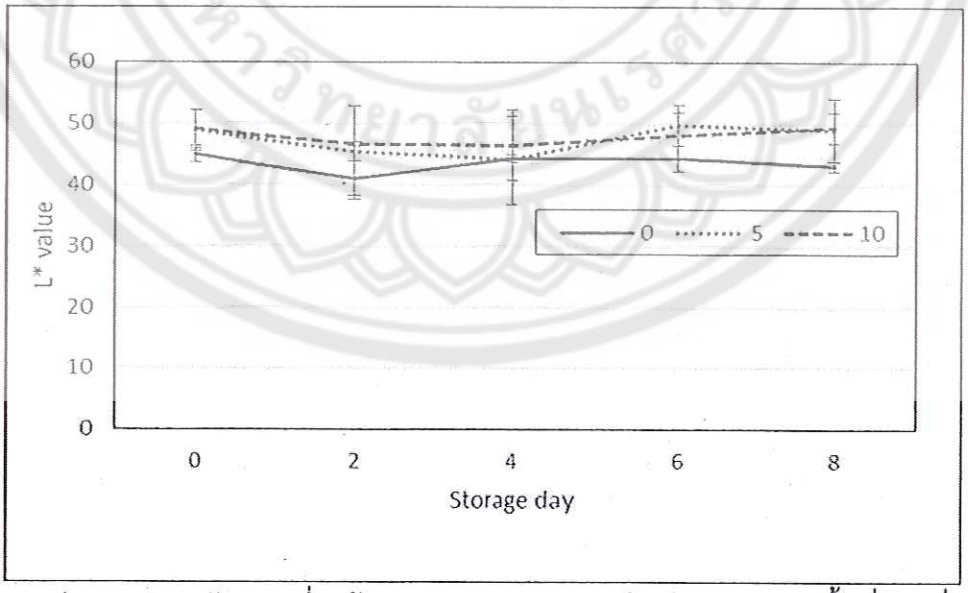
จากภาพที่ 26 พบว่าค่า Aw ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ โดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์ ($p>0.05$) และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($p<0.05$) โดยมีค่าเริ่มต้นในวันที่ 0 อยู่ระหว่าง 0.863 – 0.876 และค่า Aw ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษามีค่าอยู่ระหว่าง 0.913 – 0.917 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำที่มีชิ้นสับปะรดมีการแพร่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งอาจเป็นผลจากสภาวะการอบแห้งที่ไม่เหมาะสมและการทำแห้งในการทดลองเพื่อผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกนี้ จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิต่ำในการทำแห้งเนื่องจากคำนึงถึงการรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกเป็นหลัก จึงเป็นผลให้อัตราในการทำแห้งเกิดมีค่าน้อย ปริมาณน้ำในชิ้นสับปะรดซึ่งยังมีอยู่ในปริมาณมากหลังจากการอบแห้งในระยะเวลาไม่นาน จึงแพร่ออกมาในระหว่างการเก็บรักษา ในส่วนของค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ ดังภาพที่ 27 พบว่าค่าความชื้นสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยพบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ค่าความชื้นของทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 82.5 – 90.0 และเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 8 วันพบว่าค่าความชื้นของทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 82.3 – 88.1 โดยพบว่าค่าความชื้นของของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสร้อยละ 10 มีค่าต่ำที่สุดและค่าความชื้นของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* (ไม่ใส่น้ำตาล) มีค่าสูงที่สุดตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของความชื้นของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับสภาวะในการเก็บรักษาและการบบรจุเป็นหลักดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น

ค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 28

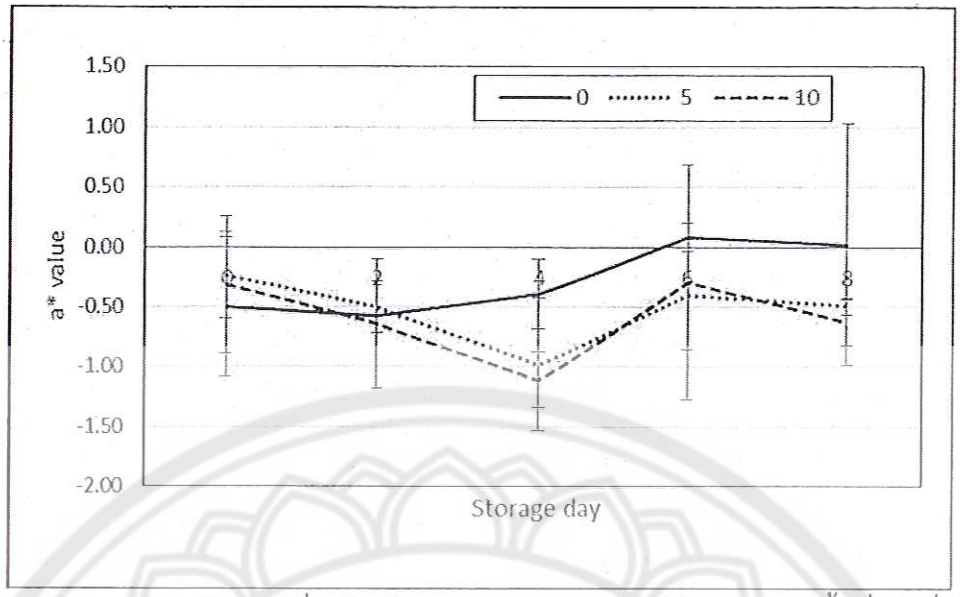


ภาพที่ 28 ค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

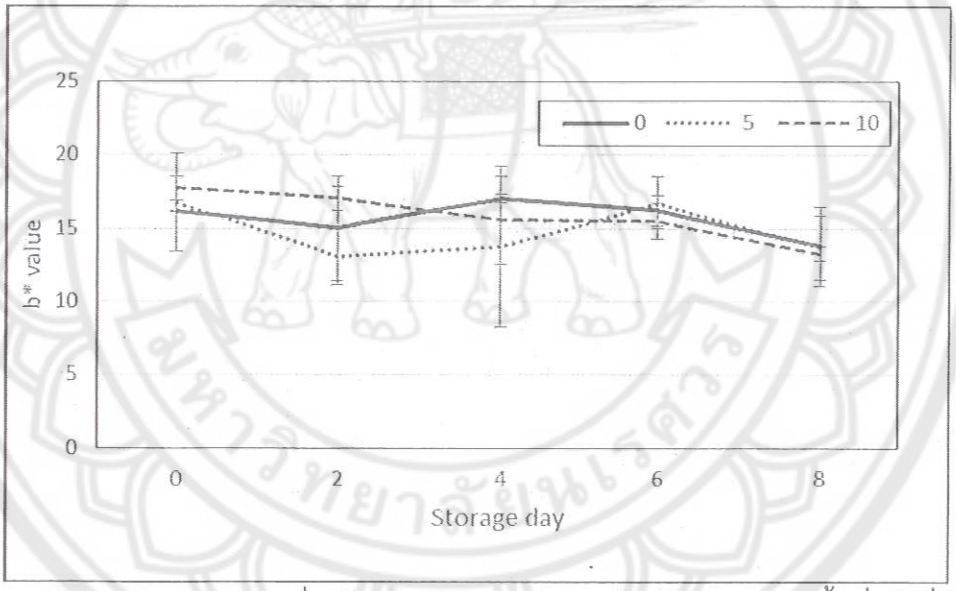
ภาพที่ 28 พบว่าค่า pH ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยทั้งสามทรีตเมนต์ โดยค่า pH เริ่มต้นในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าระหว่าง 3.72 – 3.78 และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วันพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่า pH ระหว่าง 3.53 – 3.82 โดยค่า pH ส่วนใหญ่ในระหว่างการเก็บรักษามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในส่วนของค่า L* a* และ b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 29 30 และ 31 ตามลำดับ



ภาพที่ 29 ค่า L* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

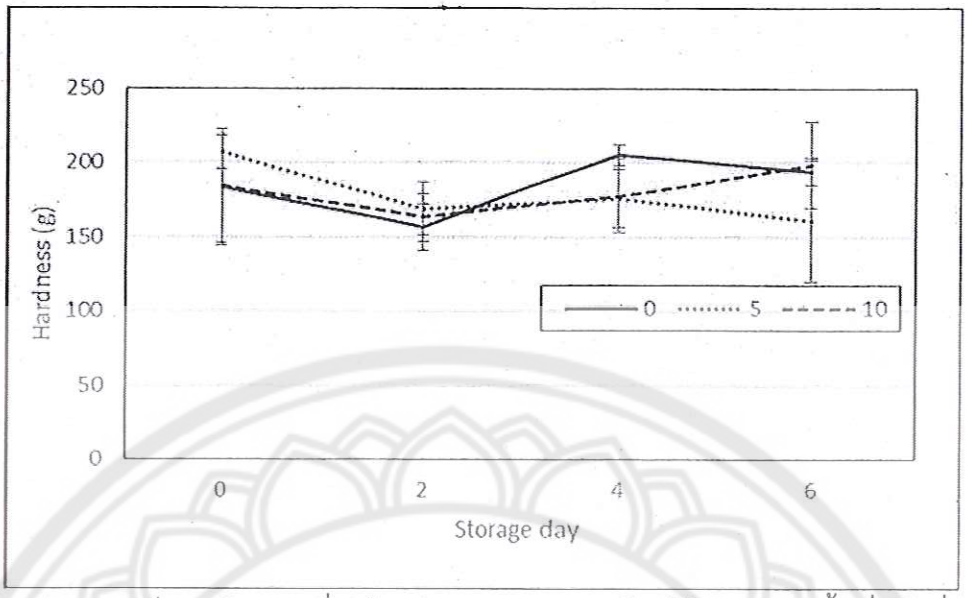


ภาพที่ 30 ค่า a* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ



ภาพที่ 31 ค่า b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 29 30 และ 31 พบว่าค่า L* a* และ b* ของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ โดยส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่า L* a* และ b* อยู่ระหว่าง 45.09 ถึง 49.08 -0.24 ถึง -0.51 และ 16.14 ถึง 17.72 และในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่า L* a* และ b* อยู่ระหว่าง 43.07 ถึง 49.42 -0.63 ถึง 0.02 และ 13.26 ถึง 13.76 ตามลำดับ ทั้งนี้สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของสีได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น ในส่วนของค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ แสดงดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ

จากภาพที่ 32 พบว่าค่าความแข็งของสับปะรดกึ่งแห้งเสริม *L. bulgaricus* โดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°ซ โดยส่วนใหญ่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยพบว่าในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าความแข็งระหว่าง 184.0 – 207.1 g และในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าทั้งสามทรีตเมนต์มีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 161.2 – 198.8 g

จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. bulgaricus* TISTR 892 ในสับปะรดกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในสับปะรดด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในสับปะรดกึ่งแห้งแตกต่างกัน และพบเชื้อยีสต์และราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน โดยสับปะรดกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาพบว่าค่า Aw เพิ่มขึ้น และค่า pH ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าความชื้น ค่า L* a* และ b* และค่าความแข็งโดยส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

เมื่อพิจารณาผลจากภาพรวมของการวิจัยแล้วพบว่าเมื่อใช้วิธีสุญญากาศในการผลักดันเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นโดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้การรอดชีวิตของเชื้อมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าการใช้เกณฑ์ปริมาณเชื้อโปรไบโอติกที่ควรมีในผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 6 log cfu/g และเกณฑ์ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งพบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งกึ่งแห้งที่เสริมโปรไบโอติก *L. casei* และ *L. bulgaricus* มีอายุการเก็บรักษาไม่ต่ำกว่า 8 และ 2 วันที่อุณหภูมิ 4°ซ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งแห้งที่เสริมโปรไบโอติก *L. casei* และ *L. bulgaricus* มีอายุการเก็บรักษาไม่ต่ำกว่า 0 วันที่อุณหภูมิ 4°ซ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. casei* TISTR 1463 ในฝรั่งกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในฝรั่งด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในฝรั่งกึ่งแห้งแตกต่างกัน และปริมาณเชื้อโพรไบโอติกลดลงประมาณ 2 log cfu/g จากปริมาณเริ่มต้น 8 log cfu/g หลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยพบเชื้อราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การเติมน้ำตาลซูโครสในสารละลายเชื้อเป็นผลให้การรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสูงกว่าการใช้สารละลายเชื้อโพรไบโอติกเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษา พบว่าค่าความชื้น ค่า pH ค่า L* และค่าความแข็งลดลงในขณะที่ค่า Aw มีค่าเพิ่มขึ้น

2. การศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. casei* TISTR 1463 ในสับปะรดกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในสับปะรดด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในสับปะรดกึ่งแห้งแตกต่างกัน และปริมาณเชื้อโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นประมาณ 1 log cfu/g จากปริมาณเริ่มต้น 7 log cfu/g หลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยพบเชื้อราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งตั้งแต่ในวันแรกของการเก็บรักษา การเติมน้ำตาลซูโครสในสารละลายเชื้อ เป็นผลให้การรอดชีวิตของเชื้อโพรไบโอติกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสูงกว่าการใช้สารละลายเชื้อโพรไบโอติกเพียงอย่างเดียว นอกจากนั้นสับปะรดกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาพบว่าค่า Aw และความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงและค่า L* และค่าความแข็งลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

3. การศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. bulgaricus* TISTR 892 ในฝรั่งกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในฝรั่งด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในฝรั่งกึ่งแห้งแตกต่างกัน โดยมีปริมาณเชื้อโพรไบโอติกสูงกว่าประมาณ 0.5 log cfu/g จากปริมาณเริ่มต้น 8.3 log cfu/g หลังจากเก็บรักษานาน 8 วัน ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยพบเชื้อราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน นอกจากนั้นฝรั่งกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาพบว่าค่า Aw และค่า pH ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่า a* เพิ่มขึ้นเล็กน้อยและค่าความชื้น ค่า L* ค่า b* และค่าความแข็งโดยส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

4. จากการศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียโพรไบโอติก *L. bulgaricus* TISTR 892 ในสับปะรดกึ่งแห้งโดยเสริมเชื้อในสับปะรดด้วยวิธีสุญญากาศและใช้สารละลายเชื้อที่มีน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ

และนำมาอบแห้ง พบว่าการใช้วิธีสุญญากาศและความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในสารละลายที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณของเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นในสับปะรดกึ่งแห้งแตกต่างกัน และพบเชื้อยีสต์และราเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้อบแห้งหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน โดยสับปะรดกึ่งแห้งเสริมโพรไบโอติกโดยวิธีสุญญากาศที่บรรจุในถุงโพลีเอทีลีนและเก็บรักษาพบว่าค่า Aw เพิ่มขึ้น และค่า pH ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่าความชื้น ค่า L* a* และ b* และค่าความแข็งโดยส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

5. เมื่อพิจารณาผลจากภาพรวมของการวิจัยแล้วพบว่าเมื่อใช้วิธีสุญญากาศในการผลักดันเชื้อโพรไบโอติกเริ่มต้นโดยใช้สารละลายเชื้อเริ่มต้นที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้การรอดชีวิตของเชื้อมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าการใช้เกณฑ์ปริมาณเชื้อโปรไบโอติกที่ควรมีในผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 6 log cfu/g และเกณฑ์ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งพบว่าผลิตภัณฑ์ฝรั่งกึ่งแห้งที่เสริมโปรไบโอติก *L. casei* และ *L. bulgaricus* มีอายุการเก็บรักษาไม่ต่ำกว่า 8 และ 2 วันที่อุณหภูมิ 4°ซ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์สับปะรดกึ่งแห้งที่เสริมโปรไบโอติก *L. casei* และ *L. bulgaricus* มีอายุการเก็บรักษาไม่ต่ำกว่า 0 วันที่อุณหภูมิ 4°ซ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2555. สับปะรด. สืบค้นจาก http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=39 เมื่อ วันที่ 1 สิงหาคม 2555.

ฝรั่ง. 2555. สืบค้นจาก http://th.wikipedia.org/wiki เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2555.

ทรงพล ทาเจริญ. 2555. ฝรั่ง. กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร ส่วนส่งเสริมและเผยแพร่ กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นจาก http://agritech.doae.go.th/agri-media เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2555.

ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์. 2554. ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ. สืบค้นจาก http://www.sc.mahidol.ac.th/scbt/articles/functional%20food-PL-12%20Oct%2009.pdf เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2555.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. ความแข็ง. สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com/ เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2557.

มลศิริ วีโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ . บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด , กรุงเทพฯ .99 น.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 30 น.

ศริสา แสงทวี. 2548. การเหลือรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกในน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ .คณะเทคโนโลยีภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมใจ ศิริโภค. 2544. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรมอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันอาหาร. 2554. อุตสาหกรรมผักผลไม้และผลิตภัณฑ์. สืบค้นจาก http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52- fruit.asp เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2554.

สุญาณี พงษ์ธนานิกร. 2549. พรีไบโอติกและโพรไบโอติก :อาหารสุขภาพ. เอกสารเผยแพร่. ภาควิชาอาหารเคมีคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สับปะรด. 2555. สืบค้นจาก http://th.wikipedia.org/wiki เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2555.

อุทัย เก้าเอี้ยน. 2549. โปรไบโอติกส์. สงขลานครินทร์เวชสาร. 24(4) : 315-323.

Alzamora, S.M., D. Salvatori, M.S. Tapia, A. Lopez-Malo, J. Welti-Chanes and P. Fito. 2005. Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds. J. Food Engineering 67 : 205–214.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Atares,L, A. Chiralt and C. Gonzalez-Martinez. 2008. Effect of solute on osmotic dehydration and rehydration of vacuum impregnated apple cylinders (cv. Granny Smith). J. Food Engineering 89 : 49–56.

Betoret,N., L. Puente, M.J. Díaz, M.J. Pagán, M.J. García, M.L. Gras, J. Martínez-Monzó and

P. Fito. 2003. Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. J. Food Engineering 56 : 273-277.

Cháfer, M. , C. González-Martínez, A. Chiralt and P. Fito. 2003. Microstructure and vacuum impregnation response of citrus peels. Food Research International 36(1) : 35-41.

Chiralt, A., Fito, P., Andrés, A., Barat, J. M., Martínez-Monzó, N., & Martínez-Navarrete, N. 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. In F. A. R. Oliveira, J. C. Oliveira, Processing foods. Quality optimisation and process assessment (pp. 341–346). Boca Ratón, FL: CRC Press.

Chiralt, A. , P. Fito, J. M. Barat, A. Andrés, C. González-Martínez, I. Escriche and M. M. Camacho. 2001. Use of vacuum impregnation in food salting process. J. Food Engineering 49(2-3) : 141-151.

Dave R. I., Shah N. P. 1996. Evaluation of Media for Selective Emuneration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacteria*. J. Dairy Sci. 79 :1529-1536.

Dave R. I., Shah N. P. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. International Dairy J. 7 : 31 – 41.

Degraeve, P., R. Saurel and Y. Coutel. 2003. Vacuum impregnation pre-treatment with pectinmethylesterase to improve firmness of pasteurized fruits. J.Food Science 68 : 716–721.

Fito, P., 1994. Modeling of vacuum osmotic dehydration of food. J. Food Engineering 22 : 313–328.

Fito, P., Andres, A., Chiralt, A. and Pardo, P. 1996. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. J. Food Engineering 27 : 229–240.

Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M. and Martínez-Monzó, J. 2000. Vacuum impregnation in fruit processing. In J. E. Lozano, G. Barbosa-Cánovas, E. Parada Arias, & M. C. Asimnón (Eds.), Trends in food engineering (pp. 149–164). Maryland: Aspen Publishers.

Fito, P., and Chiralt, A. 2000. Vacuum impregnation of plant tissues. In S.M. Alzamora, M. S. Tapia, & A. López-Malo (Eds.), Design of minimal processing technologies for fruit and vegetables (pp. 293–305). Maryland: Aspen Publishers.

Fito, P. , A. Chiralt, J. M. Barat, A. Andrés, J. Martínez-Monzó and N. Martínez-Navarrete. 2001. Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. J. Food Engineering 49(4) : 297-302.

Fito, P., A. Chiralt, N. Betoret, M. Gras, M. Cháfer, J. Martínez-Monzó, A. Andrés and D. Vidal. 2001. Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering. Application in functional fresh food development. J. Food Engineering 49 : 175–183.

Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. J. Applied Bacteriology 66 : 365–378.

Gibson, G. R., Roberfroid, M. B. 1995. Dietary Modulation of the human Colonic Microbiota : Introducing the Concept of Prebiotics. Amer.Inst. Nutr.125: 1404-1412.

Gras, M. L., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A. and Fito, P. 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation. J. Food Engineering 56 : 279-284.

Guillemin, A. , P. Degraeve, F. Guillon, M. Lahaye and R. Saurel. 2006. Incorporation of pectinmethylesterase in apple tissue either by soaking or by vacuum impregnation. Enzyme and Microbial Technology 38(5) : 610-616.

Guillemin, A., P. Degraeve, C. Noël and R. Saurel. 2008. Influence of impregnation solution viscosity and osmolarity on solute uptake during vacuum impregnation of apple cubes (var. Granny Smith). J. Food Engineering 86(4) : 475-483.

Gras,M.L., N. Vidal-Brotóns, A. Betoret, Chiralt, A. and P. Fito. 2002. The response of some vegetables to vacuum impregnation. Innovative Food Science & Emerging Technologies 3(3) : 263-269.

Gras, M.L., D. Vidal, N. Betoret, A. Chiralt and P. Fito. 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation. Interactions with cellular matrix. J. Food Engineering 56 : 279–284.

Hironaka, K. , M. Kikuchi, H. Koaze, T. Sato, M. Kojima, K. Yamamoto, K. Yasuda, M. Mori and S. Tsuda. 2011. Ascorbic acid enrichment of whole potato tuber by vacuum-impregnation. Food Chemistry 127(3) : 1114-1118.

Igual, M. , M.L. Castelló, M.D. Ortolá, A. Andrés. 2008. Influence of vacuum impregnation on respiration rate, mechanical and optical properties of cut persimmon. J. Food Engineering 86(3) : 315-323.

Klaenhammer, T.R and M.J Kullen. 1999. Selection and design of probiotics. International Journal of Food Microbiology 50 : 45–57.

Lee, K., & Salminen, S. 1995. The coming of age of probiotic. Trends in Food Sci. and Technol. 6 : 241 – 245.

Mattila-Sandholm, T., Myllarinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fonden, R., Saarela, M. 2002. Technological challenges for future probiotic foods. Int. Dairy J. 12 :173-182.

Mazza, G. 1998. Functional foods: Biochemical and processing aspects, Technomic Publishing Company, Lancaster.

Mújica-Paz,H. , A. Valdez-Fragoso, A. López-Malo, E. Palou and J. Welti-Chanes. 2003. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. J. Food Engineering 57(4) :305-314.

Mújica-Paz, H. , A. Valdez-Fragoso, A. López-Malo, E. Palou and J. Welti-Chanes. 2003. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. J. Food Engineering 56(4) : 307-314.

Ouwehand, A., P. Kirjavainen, C. Shortt and S. Salminen. 1999. Probiotics: mechanisms and stabilised effect. International Dairy J. 9 : 43–52.

Perez-Cabrera,L. , M. Chafer, A. Chiralt, C. Gonzalez-Martinez. 2011. Effectiveness of antibrowning agents applied by vacuum impregnation on minimally processed pear. LWT - Food Science and Technology 44(10) : 2273-2280.

Salminen, S., A. Ouwehand, Y. Benno and Y.K Lee. 1999. Probiotics: How should they be defined?. Trends in Food Science and Technology 10 : 107–110.

Salminen, S., Wright, Von A., Ouwehand ,C.A. and Holzapfel, H. W. 2000. Safety assessment of starters and probiotics, In M. Adams and R. Nout (Eds.), Fermentation and Food Safety (pp. 239-251). Gathersburg: Aspen Publishers.

Salvatori, D., A. Andrés, A. Chiralt and P. Fito. 1998. The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. J. Food Processing and Preservation 21 : 59–73.

Salvatori, D., A. Andrés, A. Chiralt and P. Fito. 1998. Characterisation of some properties of fruits related to Vacuum Impregnation. J. Food Process Engineering 21 : 59–73.

Saarela, M. , Mogensen, G. , Fonden, R. , Matto, J., Mattila-Sandholm, T. 2000. Probiotic bacteria : safety , functional and technological properties. J. Biotechnol. 84:197-215.

Sanders, M.E. 1993. Effect of consumption of lactic cultures on human health. Adv. in Food and Nutr. Res. 37 : 67 – 130.

Sanders, M.E. 1999. Probiotics. Food Technology 53(11) : 67–77.

Sapers, G.M., L. Garzarella and V. Pilizota. 1990. Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration. J. Food Science 55 : 1049–1053.

Tapia de Daza, M.S., A. López-Malo, R. Consuegra, P. Corte and J. Welti Chanes. 1999. Minimally processed papaya by vacuum osmotic dehydration (VOD) techniques. Food Science and Technology International 5 : 43–52.

Xie, J. and Y. Zhao. 2003. Nutritional enrichment of fresh apple (Royal Gala) by vacuum impregnation. International Journal of Food Science and Nutrition 54 : 387–398.

Xie, J. and Y. Zhao. 2003. Improvement of physicochemical and nutritional qualities of frozen Marionberry by vacuum impregnation pretreatment with cryoprotectants and minerals. J. Horticultural Science and Biotechnology 78 : 248–253.

Zhao, Y. and J. Xie. 2004. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. Trends in Food Science and Technology 15 : 434–451.

ภาคผนวกที่ 1

การวิเคราะห์ปริมาณกรด (Acidity)

สารเคมี

1 ฟีนอล์ฟทาลีน 1 %

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

วิธีการ

1. ดูดตัวอย่างที่เป็นของเหลวจำนวน 10 มิลลิลิตร
2. หยดฟีนอล์ฟทาลีน 3 หยด
3. ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนถึงจุดยุติ (สีชมพูอ่อน)

การคำนวณ (Calculations)

สูตร Acidity (as citric acid) = $\frac{\text{ความเข้มข้น NaOH X มล. ของ NaOH X meq.wt X 100}}{\text{ตัวอย่าง}}$

ความเข้มข้น NaOH = 0.1 N

มล. ของ NaOH = ปริมาณของสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรต

หมายเหตุ meq.wt Citric acid = 0.0604

Lactic acid = 0.09008

การวัดสีโดยเครื่องวัดสี Hunter lab DP 9000

วิธีการวัด

1. เปิดเครื่อง warm up โดยกดปุ่มใด 1 ปุ่ม กดอ่าน ทิ้งไว้ประมาณ 45 นาที
2. กดปุ่ม C เพื่อเคลียร์ แล้วกดปุ่ม CAL เพื่อทำการ Calibrate เครื่อง โดยวางแผ่นมาตรฐานสีดำด้านเรียบลงบนที่วาง กดอ่าน แล้ววางแผ่นมาตราฐานสีขาวกดอ่าน
3. กดปุ่ม xyz/Lab ¦ เพื่อเข้าสู่โปรแกรม ทำการตั้งค่า

Setup	More
Name	0-99
Display	Difference
Read interval	Single
Sample ID	on
Average	4
Statistics	Max/Min
Color scale	XYZ
Color index	YI (D1925)
Color difference scale	Δ XYZ
Color diffrn index	None
Standard	Physical

Target X	81.26
Target Y	83.21
Target Z	98.77

4. อ่านค่ามาตรฐานจากแผ่นสีขาวที่ XYZ ให้ค่าเท่ากับแผ่นมาตรฐานที่กำหนด
5. จากนั้นกดลูกศรขึ้นไปเปลี่ยนค่า Color scale ให้เป็นค่า Lab
6. กดปุ่ม xyz/Lab ¦ อ่าน เข้าสู่โปรแกรมการวัดค่าสี
7. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดใส่ถ้วยวัดสี เกลี่ยตัวอย่างให้เต็มพื้นที่ ประมาณครึ่งถ้วย นำถ้วยที่ต้องการวัดวางบนแท่นอ่าน ปิดฝาคลุมทำการอ่านค่า Lab
8. หมุนถ้วยวัดสีทุกครั้งที่อ่าน จนครบจำนวน 4 ซ้ำ
9. จดค่าที่อ่านได้
10. เมื่อใช้งานเสร็จทำการปิดเครื่อง พร้อมทั้งทำความสะอาดให้เรียบร้อย

หมายเหตุ

L	=	ความสว่าง (สีขาว100-0)
-a	=	สีเขียว
a	=	สีแดง
-b	=	สีน้ำเงิน
b	=	สีเหลือง

การวัดค่า pH โดยเครื่องวัด pH meter (Consort C 830)

วิธีการวัด

1. เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม ON-OFF
2. กดปุ่ม Mode ไปที่ pH สังเกตเห็นไฟแสดงที่ pH
3. กดปุ่ม CAL Calibrate กับสารละลายมาตรฐาน หน้าจอจะแสดง CAL
4. ล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง จุ่มลงในสารละลายมาตรฐาน บัฟเฟอร์ 7 กด CAL รอจนไฟที่ CAL หยุดกระพริบ เมื่อ Calibrate เสร็จแล้ว ล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง แล้วทำการ CAL บัฟเฟอร์ 4 กด CAL รอจนไฟที่ CAL หยุดกระพริบ เมื่อ Calibrate เสร็จแล้ว หน้าจอเครื่องจะขึ้น pH ทำการล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง
5. จุ่ม Electrodes ลงในตัวอย่าง อ่านค่าจากหน้าจอ
6. เมื่อเลิกให้ล้าง Electrodes ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง แช่ Electrodes ใน KCL 3 M
7. ปิดเครื่องโดยกดปุ่ม ON-OFF
8. ทำความสะอาดเครื่องหลังการใช้งานให้เรียบร้อย

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- ตู้อบลมร้อน
- เครื่องชั่ง

- ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น
- Cruciber tong
- โถดูดความชื้น

วิธีการดำเนินการ (Procedures)

1. ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาที่ผ่านการอบห้างจนมีน้ำหนักคงที่แล้ว บันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม เกลี่ยให้ตัวอย่างแผ่ด้วยความหนาสม่ำเสมอ ปิดฝา บันทึกน้ำหนัก
3. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C โดยเปิดฝาครอบไว้เล็กน้อย เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบลมร้อน (ปิดฝาครอบให้สนิท) ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 30 นาที
5. นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก
6. นำตัวอย่างเข้าอบอีกประมาณ 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งแรกน้อยกว่า 0.003 กรัม ให้ยุติการอบ บันทึกน้ำหนักสุดท้าย
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากน้ำหนักที่หายไป

การคำนวณ (Calculations)

$$\text{ความชื้น \%} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มแรก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มแรก}}$$

การศึกษาการอยู่รอดของเชื้อโปรไบโอติก

เพาะเลี้ยงเชื้อโปรไบโอติกแต่ละชนิดในอาหาร MRS broth โดยทำการบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 ^{0}ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงสารความเร็วสูงพร้อมระบบควบคุมความเย็น (refrigerated centrifuge บริษัท N.R.Y) ด้วยความเร็วรอบ 4900 x g ที่อุณหภูมิ 5 ^{0}ซ เป็นเวลา 15 นาที เทอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้ง ล้างเซลล์ 2 ครั้ง ด้วย 0.85 % sterile NaCl โดยนำไปปั่นเหวี่ยงและเท 0.85 % NaCl ทิ้ง นำเชื้อที่ได้ผ่านการล้างเซลล์แล้ว มานับจำนวนก่อนเติมลงไปในพุดดิ้ง ซึ่งจะมีเชื้อก่อนเติมประมาณ 10 log cfu/ml จากนั้นเติมลงไปในพุดดิ้ง 5 % ซึ่งพุดดิ้งที่ได้จะมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 8 log cfu/g และนำพุดดิ้งไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{0}ซ และสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0,2,4,6,8,10, 12 และ 14 เพื่อนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) โดยวิธี pour plate BAM (2000)

1. ปิเปตตัวอย่างอาหารที่เป็นของเหลวมา 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดแก้วที่ปราศจากเชื้อ เทสารละลายสำหรับเจือจาง ใช้ 0.1% peptone water 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จะได้ตัวอย่างที่เจือจางความเข้มข้น 1: 10
2. นำตัวอย่างตามข้อ 2 จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ลงในสารละลายเจือจาง 9 มิลลิลตร จะได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเข้มข้น 1 : 100(10^{-2})
3 เตรียมตัวอย่างอาหารเจือจาง 1 : 1,000(10^{-3}) 1 : 10,000(10^{-4}) ตามลำดับจนถึง 1 : 100,000,000(10^{-8})
4.หลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard plate count agar (SPC) ให้ละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็น 50 ^{0}ซ
5. ในขณะที่ทำตัวอย่างอาหารให้เจือจางลงตามลำดับ ปิเปตตัวอย่างอาหารของทุกระดับความเจือจาง 1 มิลลิลิตร ในลงในจานเพาะเชื้อ โดยแต่ละระดับควรความเจือจาง ควรทำ 2 จาน (duplicate plate)
6. เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจาน 15-20 มิลลิลิตร

7.เขย่าจานให้หมุนไปทางขวา 5-10 ครั้ง ทางซ้าย 5-10 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง
8.บ่มเชื้อที่ 35-37 ^{0}ซ 48 ชั่วโมง โดยการกลับคว่ำจานลง
10.นับจำนวนโคโลนีทั้งบนผิวและในอาหารเลี้ยงเชื้อ คำนวณให้อยู่ในรูป cfu/g หรือ cfu/mL

การวิเคราะห์แบคทีเรียแลคติคทั้งหมด (Total lactic acid bacteria count) โดยใช้วิธี pour plate (BAM, 2000)

1. เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการหาจุลินทรีย์ทั้งหมด
2. หลอมอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (SPC) ให้ละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็น 50 ^{0}ซ
3. ในขณะที่ทำตัวอย่างอาหารให้เจือจางลงตามลำดับ ปิเปตตัวอย่างอาหารของทุกระดับความเจือจาง 1 มิลลิลิตร ในลงในจานเพาะเชื้อ โดยแต่ละระดับควรความเจือจาง ควรทำ 2 จาน (duplicate plate)
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจาน 15-20 มิลลิลิตร
5. เขย่าจานให้หมุนไปทางขวา 5-10 ครั้ง ทางซ้าย 5-10 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้จนวุ้นแข็ง
6. บ่มเชื้อที่ 35-37 ^{0}ซ 48 ชั่วโมง
7. นับจำนวนโคโลนีทั้งบนผิวและในอาหารเลี้ยงเชื้อ
8. คำนวณและรายงานผล ให้นับโคโลนีจากจานเลี้ยงเชื้อที่มี 25-250 โคโลนี/จานเลี้ยงเชื้อ คำนวณให้อยู่ในรูป cfu/g หรือ cfu/mL

การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (yeast and mold) ด้วยอาหาร Rose Bengal agar (Frances and Ito, 2001)

1. เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการหาจุลินทรีย์ทั้งหมดแต่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Rose Bengal แทน
2. ในขณะที่ทำตัวอย่างอาหารให้เจือจางลงตามลำดับ ปิเปตตัวอย่างอาหารของทุกระดับความเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ในลงในจานเพาะเชื้อ โดยแต่ละระดับความเจือจาง ควรทำ 2 จาน (duplicate plate)
3. บ่มเชื้อที่ 25 ^{0}ซ 3 วัน
4. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อยีสต์ และราที่ขึ้นบนจานเพาะเชื้อในช่วง 25-250 โคโลนี รายงานผลเป็นค่า CFU/ml แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปค่า Log number

Frances, D. and Ito, K. 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. Washington, DC: American Public Health Association. 676 p.