

การศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

Effect of Osmotic Solution on the Quality of Softly Frozen Longan Product

ฤทัยรัตน์ แก้วดี (Ruethairat Kaewdee)* ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี (Dr.Pairote Wiriacharee)**

ดร.ศักดิ์ดา พริ้งลัมพู (Dr.Sakda Pruenglampoo)*** โพธิ์ศรี ลีลาภักดิ์ (Posri Leelapat)***

เรวัต พงษ์พิสุทธินันท์ (Rewat Phongphisuttinant)****

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารออสโมติกแต่ละชนิดต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม ก่อนนำลำไยไปแช่เยือกแข็งโดยใช้ลมเย็นเป่าลงบนผลิตภัณฑ์ (Air-blast freezing) ที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง พบว่าลำไยแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แข็ง และรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเทียบกับลำไยแช่เยือกแข็งที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติก โดยสารออสโมติกที่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม คือ ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 40, 40, 40, 1, 0.1 และ 2 ของน้ำหนักน้ำ ตามลำดับ ส่วนซอร์บิทอลที่ระดับ ร้อยละ 20 มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย

ABSTRACT

The effect of osmotic solution on the quality of softly frozen longan product before freezing by air-blast freezer at -35 °C for 4 hour was investigated. The frozen longan product which immersed in osmotic solution was soften and accepted from consumers more than the only frozen longan product. The osmotic solutions (w/w), which affected on the quality of softly frozen longan product are 40% of fructose, 40% of glucose, 40% of sucrose, 1 % of glycerol, 0.1% of ascorbic acid and 2% of calcium chloride while sorbitol at 20% w/w had little effect on the quality of softly frozen longan product

คำสำคัญ: ลำไย การแช่เยือกแข็ง สารละลายออสโมติก

Key Words: Longan, Freezing, Osmotic solution

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนากลุ่มผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*** นักวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

**** นักวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทนำ

ลำไยเป็นผลไม้ทั้งเขตร้อนและกึ่งร้อน อีกทั้งเป็นผลไม้เศรษฐกิจหลักของไทย ผลผลิตลำไยส่วนใหญ่มาจากแหล่งเพาะปลูกสำคัญ ร้อยละ 85 อยู่ทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน และตาก ส่วนมากนิยมปลูกลำไยพันธุ์ดอ คิดเป็นร้อยละ 90 ของพันธุ์ลำไยที่ปลูกทั้งหมด (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ลำไยเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลโดยธรรมชาติ 3 ชนิด เป็นองค์ประกอบ คือ กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส โดยเนื้อลำไยจะให้คุณค่าทางอาหารต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในอาซิน วิตามินซี และวิตามินบี เป็นต้น (พาวัน, 2543) อีกทั้งเนื้อลำไยยังมีปริมาณน้ำค่อนข้างมากส่งผลให้ลำไยเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นจึงมีการแปรรูปเป็นลำไยแช่แข็ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

การแช่เยือกแข็ง (Freezing) เป็นการแปรรูปที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้านสี กลิ่นรส และรสชาติให้คงเดิม Mohammad *et al.* (2004) อีกทั้งยังช่วยลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด (Chevalier *et al.*, 2000) แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งเนื่องจากลำไยมีปริมาณน้ำค่อนข้างมาก ส่งผลให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การใช้สารละลายออสโมติก เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส ซอร์บิทอล กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ เข้าไปแทนที่น้ำภายในรูพรุนของเนื้อเยื่อลำไย จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม (ศศิวิมล และอรวิสา, 2548) ช่วยต่อการบริโภค เนื่องจากคุณสมบัติของสารละลายออสโมติกที่ใช้ และช่วยคงคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส สี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ (Blanda *et al.*, 2009) นอกจากนี้ Hamathulin & Rojanakorn (2011) รายงานว่าการแช่เนื้อลำไยด้วยสารละลายซูโครส และ

ซอร์บิทอลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 55 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแน่นเนื้อและได้รับคะแนนความชอบในด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายออสโมติก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม โดยการแช่เยือกแข็งแบบใช้ลมเย็นเป่าลงบนผลิตภัณฑ์ (Air-blast freezing) ซึ่งจะทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กและไม่ทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อลำไย ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถบริโภคพร้อมกับไอศกรีมหรือโยเกิร์ต ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และยังเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบของสารละลายออสโมติกชนิดต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

วิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

ลำไยพันธุ์ดอ (*Dimocarpus longan* Lour) เกรด AA (อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่) สารละลายออสโมติกประกอบด้วย ซูโครส (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย) ฟรุคโตส (บริษัท เจ้าคุณเกษรพืชผล จำกัด, ประเทศไทย) กลูโคส ซอร์บิทอล กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ (บริษัท ยูนิยอนชาयน์ จำกัด, ประเทศไทย)

2. การเตรียมตัวอย่างลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

นำลำไยล้างด้วยสารละลายคลอรีนร้อยละ 0.02 และเปลือกคว้านเมล็ดออกนำเนื้อลำไยที่ได้มาล้างน้ำให้สะอาด สะเด็ดน้ำแล้วแช่ในกระป๋องสารละลายออสโมติก และผ่านกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศที่ความดัน -0.9 บาร์ เวลาแช่ภายใต้ความดัน

30 นาที เวลาแช่ที่ความดันบรรยากาศ 30 นาที จากนั้น
สะเด็ดสารละลายและเรียงลำใยในถาดปลอดสนิมแล้ว
นำไปฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นแช่เยือกแข็งระบบ
Air blast ที่อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา
4 ชั่วโมง

3. การศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ลำใยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

ศึกษาเปรียบเทียบผลของการแช่ลำใยใน
สารละลายออสโมติกก่อนนำไปผ่านกระบวนการ
แทรกซึมภายใต้สุญญากาศ (VI) และการแช่เยือกแข็ง
โดยสารละลายออสโมติก ประกอบด้วยซูโครส กลูโคส
ฟรุคโตส ซอร์บิทอล กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และ
แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 30, 30, 30, 30, 0.75, 0.55
และ 1.25 ของน้ำ ตามลำดับ ทำการทดลองเปรียบเทียบ
กับชุดควบคุม คือ ลำใยแช่เยือกแข็งที่ไม่ผ่านการแช่
สารละลายออสโมติก

4. การศึกษาผลกระทบของสารออสโมติกต่อลักษณะ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลำใยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

ศึกษาผลกระทบของ ซูโครส กลูโคส
ฟรุคโตส ซอร์บิทอล กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และ
แคลเซียมคลอไรด์ โดยวางแผนการทดลองแบบ
Plackette and Burman design (N=12) (ไพโรจน์, 2555)
โดยมีระดับปัจจัยที่ศึกษาดังตารางที่ 1 และมีสิ่งทดลอง
ดังตารางที่ 2

5. ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ-เคมี และทางประสาท สัมผัสของลำใยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

ค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสีในระบบ
Hunter (KONICA Minolta: CR-410, Japan) ลักษณะ
เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT.plus
Texture Analyzer Stable Micro System, UK) โดยวัดค่า

ตารางที่ 1 ระดับปัจจัยที่ศึกษาของสารละลายออสโมติก
สำหรับแผนการทดลองแบบ Plackett and
Burman Design

ปัจจัย	ระดับปัจจัย (ร้อยละของน้ำ)	
	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
A: ซูโครส	20	40
B: กลูโคส	20	40
C: ฟรุคโตส	20	40
D: ซอร์บิทอล	20	40
E: กลีเซอรอล	0.5	1.0
F: กรดแอสคอร์บิก	0.1	1.0
G: แคลเซียมคลอไรด์	0.5	2.0

ตารางที่ 2 แผนการทดลองแบบ Plackett and Burman
Design (N = 12)

สิ่งทดลอง	ปัจจัย (Factor)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-
2	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+
3	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
4	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
5	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-
6	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
7	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
8	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+
9	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
10	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+
11	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: เครื่องหมาย + คือ ระดับสูงของปัจจัย

- คือ ระดับต่ำของปัจจัย และปัจจัย H-K : Dummy

Hardness ด้วยหัวตัด (Blade set with Warner
Bratzler) และค่า Firmness ด้วยหัวกด (DIA Cylinder
stainless)ซึ่งค่าที่ได้แสดงในหน่วยของนิวตัน ปริมาณ
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Hand Refractometer

(ATAGO, Japan) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี DNS method (AOAC, 2007) และทดสอบทางประสาทสัมผัส (ไพโรจน์, 2545) คุณลักษณะที่ทดสอบได้แก่ สี กลิ่นรส ความนุ่ม รสหวาน รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม มาทดสอบกับผู้บริโภค 50 คน โดยใช้ 7 point hedonic scale เพื่อหาความชอบในผลิตภัณฑ์ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 7 = ชอบมากที่สุด)

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Microsoft office excel 2007 (New York, USA) และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

จากตารางที่ 3 พบว่า ตัวอย่างลำไยแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติก มีค่าความสว่างมากขึ้น มีสีแดงและเหลืองลดลงเล็กน้อย ส่วนค่าทางกายภาพ-เคมีและทางประสาทสัมผัสอื่นๆ มีค่ามากกว่าชุดควบคุม

2. ผลการศึกษาผลกระทบของสารออสโมติกต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

จากตารางที่ 4 พบว่า การใช้สารละลายออสโมติกในแต่ละระดับมีผลต่อค่าสีแดง-เขียว (a^*) ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ความแน่นเนื้อ ความแข็ง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางกายภาพ-เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง	
	ชุดทดลอง	ชุดควบคุม
คุณลักษณะทางกายภาพ		
ค่าความสว่าง (L^*)	56.49±2.01	50.13±0.53
ค่าสีแดง-เขียว (a^*)	-0.52±0.32	1.10±0.43
ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*)	5.99±0.64	6.94±0.80
ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	26.50±7.22	11.96±4.46
ความแข็ง (นิวตัน)	29.50±3.60	23.44±2.84
คุณลักษณะทางเคมี		
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)		
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	5.05±0.42	4.82±0.26
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	9.77±0.41	7.66±0.25
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส		
สี	5.8±0.8	4.7±1.2
กลิ่นรส	5.1±1.0	3.6±1.3
ความนุ่ม	5.1±1.1	3.8±1.5
รสหวาน	5.0±1.0	4.0±1.5
รสเปรี้ยว	5.1±1.2	4.1±1.4

หมายเหตุ: ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ชุดทดลอง คือ ลำไยแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่

สารละลายออสโมติก

ชุดควบคุม คือ ลำไยแช่เยือกแข็งที่ไม่ผ่านการแช่

สารละลายออสโมติก

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

คุณลักษณะ	สิ่งทดลอง											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ค่าความสว่าง (L*) ^{ns}	53.07±0.73	56.72±0.89	51.70±3.42	53.85±2.12	57.86±1.00	58.12±2.33	57.77±2.09	56.80±0.44	60.46±2.03	60.49±5.82	55.87±1.54	55.19±1.70
ค่าสีแดง-เขียว (a*)	-0.86±0.49	-0.47±0.67	-0.54±0.25	-0.71±0.40	-0.48±0.12	-0.81±0.11	-0.31±0.18	-0.76±0.38	0.07±0.24	-0.35±0.24	-0.49±0.19	-0.53±0.63
ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)	5.51±0.32	6.19±1.15	5.72±0.57	4.61±1.01	5.90±0.59	6.01±0.97	5.95±0.16	5.72±0.77	7.08±1.05	6.67±0.70	7.24±0.14	5.31±0.22
ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	17.36±3.67	30.58±6.17	28.15±9.66	23.07±6.56	25.87±7.05	23.37±7.13	19.08±5.88	16.46±2.34	27.58±2.03	36.23±7.22	40.03±10.57	30.17±3.16
ความแข็ง (นิวตัน)	23.71±5.25	32.91±6.08	33.80±11.08	30.02±5.05	25.70±4.78	28.98±6.39	26.50±4.86	25.82±6.47	35.58±8.65	30.67±1.34	30.98±5.45	29.18±5.11
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	23.00±0.00	22.07±0.12	22.07±0.12	22.00±0.00	21.00±0.20	22.27±0.12	24.53±0.12	24.67±0.12	25.27±0.31	24.00±0.00	25.73±0.12	21.80±0.20
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ) ^{ns}	4.86±1.28	4.90±0.38	6.60±0.50	5.76±0.65	5.26±0.49	4.66±0.13	4.53±0.24	5.16±0.48	4.55±0.07	3.79±0.16	5.47±0.31	5.09±0.36
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ) ^{ns}	9.00±1.67	9.93±0.23	10.70±0.33	10.03±0.18	9.64±0.56	9.35±0.11	9.13±0.42	9.54±0.42	9.18±0.09	9.80±0.12	10.63±0.32	10.30±0.42
สี	5.8±0.8	5.9±0.7	5.5±1.0	5.3±1.3	5.5±1.1	5.1±0.9	6.0±0.7	6.0±0.7	5.9±0.7	6.2±0.6	6.0±0.8	5.8±0.8
กลิ่นรส	5.6±1.0	5.6±1.0	5.0±0.9	5.3±0.8	4.9±1.2	4.8±0.9	5.2±0.9	5.2±1.2	5.2±1.1	4.6±0.7	5.5±0.8	4.1±1.0
ความนุ่ม	5.3±1.5	5.3±1.5	4.5±1.3	4.7±1.3	4.6±1.4	4.5±1.2	5.5±0.8	5.1±1.0	5.7±0.9	5.3±0.8	5.6±1.0	4.6±1.3
รสหวาน	5.4±1.0	5.4±1.1	4.6±1.2	4.8±1.4	5.0±1.2	4.4±1.0	5.1±0.7	4.8±1.2	5.6±0.8	5.3±1.2	5.1±1.0	4.0±1.1
รสเปรี้ยว	5.9±0.9	5.8±0.9	4.9±0.9	5.1±0.9	4.9±1.3	4.4±1.1	5.4±0.8	5.0±1.2	5.6±1.2	5.1±1.0	5.5±1.0	4.0±0.9

หมายเหตุ: ^{ns} (non significant) หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

- ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- แต่ละสิ่งทดลองมาจากตารางที่ 2

ตารางที่ 5 ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

คุณลักษณะ		ปัจจัย						แคลเซียม คลอไรด์
		ซูโครส	กลูโคส	ฟรุคโตส	ซอร์บิทอล	กลีเซอรอล	กรด แอสคอร์บิก	
ค่าความสว่าง (L*)	Effect	-1.093	0.813	1.383	-1.950	-1.270	-1.560	-0.110
	t-test	-0.55	0.41	0.70	-0.99	-0.64	-0.79	-0.06
ค่าสีแดง-เขียว (a*)	Effect	0.077	0.013	0.287	-0.213	-0.067	-0.267	0.117
	t-test	1.17	0.20	4.39*	-3.26*	-1.02	-4.08*	1.78*
ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b*)	Effect	0.422	-0.058	0.948	-0.065	-0.185	-0.302	-0.132
	t-test	0.96	-0.13	2.15*	-0.15	-0.42	-0.69	-0.30
ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	Effect	-3.438	-2.565	9.822	3.078	-0.995	-5.728	-2.382
	t-test	-1.32	-0.98	3.77*	1.18	-0.38	-2.20*	-0.91
ความแข็ง (นิวตัน)	Effect	-0.178	0.595	4.238	0.412	-2.368	-2.002	3.622
	t-test	-0.15	0.49	3.46*	0.34	-1.93*	-1.63*	2.95*
ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	Effect	2.022	0.602	0.312	-0.045	-0.292	-1.375	-0.332
	t-test	2.64*	0.78	0.41	-0.06	-0.38	-1.79*	-0.43
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	Effect	0.290	-0.437	0.080	0.270	0.160	0.380	0.233
	t-test	0.52	-0.78	0.14	0.48	0.28	0.68	0.41
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	Effect	-0.145	-0.378	0.422	0.298	-0.085	-0.152	-0.098
	t-test	-0.34	-0.89	0.99	0.70	-0.20	-0.36	-0.23
สี	Effect	0.233	0.200	0.167	-0.200	0.000	-0.233	-0.267
	t-test	1.41	1.21	1.01	-1.21	0.00	-1.41	-1.62*
กลิ่นรส	Effect	0.400	0.333	0.100	0.100	0.533	0.200	0.200
	t-test	3.58*	2.98*	0.89	0.89	4.77*	1.79*	1.79*
ความนุ่ม	Effect	0.283	0.517	0.417	-0.050	0.350	-0.050	0.050
	t-test	1.52	2.77*	2.24*	-0.27	1.88*	-0.27	0.27
รสหวาน	Effect	0.500	0.567	0.333	0.033	0.600	0.033	0.133
	t-test	3.69*	4.19*	2.46*	0.25	4.43*	0.25	0.98
รสเปรี้ยว	Effect	0.450	0.350	0.217	-0.150	0.217	-0.350	-0.050
	t-test	2.10*	1.63*	1.01	-0.70	1.01	-1.63*	-0.23

หมายเหตุ: * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table = 1.533)

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 (t-table = 2.132)

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (t-table = 2.776)

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบ (Effect) จะใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ขึ้นไป ($p \leq 0.20$) เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะสำคัญ (ไพโรจน์, 2555) พบว่า ซูโครสมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส รสหวาน และรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ซูโครสในระดับสูงจะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.10$) เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายซูโครสมากกว่าความเข้มข้นของน้ำภายในเซลล์ลำไยจึงเกิดการออสโมซิสของสารละลายเข้าไปในเนื้อเยื่อลำไย (Chottanom & Srisa-ard, 2011) นอกจากนี้ยังทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส รสหวาน และรสเปรี้ยวมากขึ้นเช่นเดียวกัน ($p \leq 0.20$)

กลูโคสมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ความนุ่ม รสหวาน และรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้กลูโคสในระดับสูงทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ความนุ่ม รสหวาน และรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.10$)

ฟรุคโตส มีผลต่อค่าสี a^* ค่าสี b^* ความแน่นเนื้อ ความแข็ง คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม และรสหวานของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ฟรุคโตสในระดับสูงทำให้ค่าสี a^* b^* ความแน่นเนื้อและความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.10$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มมีสีค่อนข้างเหลืองเล็กน้อยในส่วนคะแนนความชอบด้านความนุ่ม และรสหวานของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ($p \leq 0.10$) เนื่องจากฟรุคโตสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพของลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแน่นเนื้อได้ดี (Blanda *et al.*, 2009)

ซอร์บิทอล มีผลต่อค่าสี a^* ของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ปริมาณซอร์บิทอลในระดับต่ำจะทำให้ค่าสี a^* มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ซึ่งซอร์บิทอลมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มค่อนข้างน้อย

กลีเซอรอล มีผลต่อความแข็ง คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และรสหวานของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้ กลีเซอรอล ในระดับสูงจะทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และรสหวานของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.20$) เนื่องจากว่ากลีเซอรอลเป็นสาร polyhydroxy alcohol ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลจำนวนมาก จึงมีผลทำให้สร้างพันธะไฮโดรเจน สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ได้มาก ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีลักษณะนุ่ม (สุริเชษฐ์ และคณะ, 2553) ในทางกลับกันจะทำให้ความแข็งมีค่าลดลง ($p \leq 0.20$)

กรดแอสคอร์บิกมีผลต่อค่าสี a^* ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความแน่นเนื้อ ความแข็ง คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และรสเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้กรดแอสคอร์บิกในระดับสูงจะทำให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้น ในขณะที่คะแนนด้านรสเปรี้ยวลดลง ส่วนค่าสี a^* จะมีค่าลดลง ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ความแน่นเนื้อจะมีค่าลดลงเนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำออกจากตัวผลิตภัณฑ์น้อย (รั้วมพันธ์ และคณะ, 2551) นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและความแข็งลดลงมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน ($p \leq 0.20$) ซึ่งอาจเกิดจากอัตราการแลกเปลี่ยนมวลสารช้าลง อันเนื่องจากการกรดแอสคอร์บิกมีมวลโมเลกุลขนาดใหญ่ ($MW=176.14$ กรัมต่อโมล) (ศิวาพร, 2546) อัดกันแน่น ทำให้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อของลำไยได้น้อย

แคลเซียมคลอไรด์ มีผลต่อค่าสี a^* ความแข็ง คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยการใช้แคลเซียมคลอไรด์ ในระดับสูงทำให้ค่าสี a^* มีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่จะทำให้คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ และความแข็งลดลง ($p \leq 0.20$) เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์ช่วยรักษาความแน่นเนื้อและโครงสร้างเนื้อเยื่อก่อนการแช่เยือกแข็ง (Galetto *et al.*, 2010) และช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ได้

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของสารละลายออสโมติกต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม พบว่า ลำไยแช่เยือกแข็งที่ผ่านการแช่สารละลายออสโมติกมีค่าความสว่างมากขึ้น มีสีแดงและเหลืองลดลงเล็กน้อย ส่วนค่าทางกายภาพ-เคมีและทางประสาทสัมผัสอื่นๆ มีค่ามากกว่าชุดควบคุม แสดงว่าสารละลายออสโมติกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม และไม่แข็งอีกทั้งรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องมาจากสารละลายออสโมติกสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อ และช่วยคงรูปผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งได้ดี (Zhao and Xie, 2004)

จากการศึกษาผลกระทบของสารออสโมติกต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม จะเห็นได้ว่า ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส กลีเซอรอล และแคลเซียมคลอไรด์ ที่ระดับสูงคือ ร้อยละ 40, 40, 40, 1 และ 2 ของน้ำหนักน้ำตามลำดับ มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม ส่วนซอร์บิทอล และกรดแอสคอร์บิกมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 20 และ 0.1 เนื่องจากการใช้กรดแอสคอร์บิกมีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มน้อย แต่ถ้าใช้กรดแอสคอร์บิกปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มมีรสเปรี้ยว ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อพิจารณาผลกระทบของสารออสโมติกแต่ละชนิด พบว่า ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มมาก ส่วนซอร์บิทอล มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่มเพียงเล็กน้อย

จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าสารออสโมติกที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม คือ ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส กลีเซอรอล กรดแอสคอร์บิก และแคลเซียมคลอไรด์ อย่างไรก็ตาม

การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสารออสโมติกที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ลำไยแช่เยือกแข็งชนิดนุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน จากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- พาวิน มะโนชัย. 2543. ลำไย. เชียงใหม่: สิรินาฏการพิมพ์.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2555. การออกแบบการทดลองขั้นสูง. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รัมมพันธ์ โกศลนันท์, อริรัตน์ การุณสถิตย์ชัย และวิภรณ์ เชนนัญญาชัย. 2551. การแช่กรดทางเลือกใหม่ที่ทดแทนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- ศศิวิมล วรรณกุล และอริสา อินวรรณ. 2548. การผลิตลำไยกึ่งแห้งโดยใช้สารด้านการเกิดสีน้ำตาลและสารออสโมติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนารผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2546. วัตถุดิบอาหาร เล่ม 1. นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ วิทยาลัยเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุริเชษฐ์ บิลหิม, สราวุธ ปลูกใจราษฎร์ และศิริมา
จินสาร. 2553. การทำจืดน้ำบางส่วนใน
สับปะรดด้วยวิธีออสโมซิสโดยใช้สารละลาย
ซูโครส-กลีเซอรอลภายใต้สภาวะสุญญากาศ.
ว.วิทช์. กษ. 41 (3/1) (พิเศษ): 41-44.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถานการณ์ลำไย
ปี 2552. ค้นเมื่อ 29 กันยายน 2554,
จาก www.oae.go.th.
- AOAC. 2007. Official method of Analysis AOAC
international. 18th ed. AOAC International.
Maryland, USA.
- Blanda, G., Cerretani, L., Cardinali, A., Barbieri, S.,
Bendini, A., and Lercker, G. 2009. Osmotic
dehydrefreezing of strawberry: Polyphenolic
content, volatile profile and consumer
acceptance [Electronic version]. Food
Science and Technology. 42: 30-36.
- Chottanom, P., and Srisa-ard, M. 2011. Osmotic
Dehydration as a Factor in Freezing of
Tomato [Electronic version]. America
Journal of Food Technology. 6(6): 483-491.
- Chevalier, D., Le Bail, A., and Ghoul, M. 2000.
Freezing and ice crystals in a cylindrical
food model: Part I. Freezing at atmospheric
pressure [Electronic version]. Journal of food
Engineering. 46: 277-285.
- Galetto, CD., Verdini, RA., Zorrilla, SE., and
Rubiolo, AC. 2010. Freezing of strawberries
by immersion in CaCl₂ solutions [Electronic
version]. Food Chemistry. 123: 243-248.
- Hamathulin, A., and Rojanakorn, T. 2011. Effect of
Osmodehydrofreezing on the Quality
Characteristics of Frozen Longan [Electronic
version]. Department of Food Technology
Faculty of Technology Khon Kaen
University.
- Mohammad, AS., Mohsen, BF., and Zohreh, HE.
2004. Effect of low temperature on the
ascorbic acid content and quality
characteristics of frozen strawberry
[Electronic version]. J. Food Chemistry. 86:
357-363.
- Zhao, Y., and Xie, J. 2004. Practical application of
vacuum impregnation in fruit and vegetable
processing [Electronic version]. Trends in
Food Science and Technology. 15: 20-25.