การพัฒนาระบบสารละลายในกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง

The Development of Solution System in a Vacuum Impregnation Process for Improve Texture of Dried Longan

เกวลิน หอมหวล (Kaewalin Homhuan)* ไพโรจน์ วิริยจารี (Pairote Wiriyacharee)**
ศักดา พรึงลำภู (Sakda Pruenglampoo)***โพธิ์ศรี ลีลาภัทร์ (Posri Leelapat)***
เรวัตร พงษ์พิสุทธินันท์ (Rewat Phongphisuttinant)****

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบสารละลายในกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง ทำการวางแผนการทดลองแบบ Placket and Burman design (N=8) เพื่อศึกษาชนิดของสารละลายออสโมติกที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของลำไยอบแห้ง ได้แก่ กลีเซอรอล แคลเซียมแลคเทต อีริไททอล และซอร์บิทอล โดยแช่เนื้อลำไยสดในระบบสารละลายออสโมติก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศ และอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่าสารละลายออสโมติกช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้งให้ดีขึ้นได้ โดยแคลเซียมแลคเทตเป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของลำไยอบแห้งมากที่สุด ซึ่งได้ระดับที่เหมาะสมคือ กลีเซอรอล ร้อยละ 20 แคลเซียมแลคเทตร้อยละ 0.8 อีริไททอล ร้อยละ 1 และซอร์บิทอล ร้อยละ 4

ABSTRACT

The aim of this research was to develop a systematic solution in a vacuum impregnation process for improving texture of dried longan. The experiment was planned using Placket and Burman design (N=8) to study effects composed of different amounts of glycerol, calcium lactate, erythitol and sorbitol. Flesh longans were immersed in the prepared osmotic solution and vacuum impregnation process was applied. Then the impregnated longans were dried in vacuum oven. Physical-chemical quality and sensory characteristics of samples were evaluated. It was found that the use of the developed osmotic solution system combined with vacuum impregnation process can improve texture of dried longan. Calcium lactate was the factor that mostly affected to quality of dried longans. The appropriate osmotic solution consisted of 20% glycerol, 0.8% calcium lactate, 1% erythritol and 4% sorbitol (w/v).

คำสำคัญ: ลำไยอบแห้ง สารละลายออสโมติก กระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศ

Key Words: Dried Longan, Humectant, Vacuum impregnation

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

*** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

**** นักวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

***** นักวิจัย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

บทนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอันดับหนึ่งของภาคเหนือ โดยสามารถผลิตได้ทั้งในฤดูและนอกฤดู ผลผลิตของลำไยจึงสามารถส่งออกจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศ แต่ลำไยเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงมีการแปรรูปด้วยการอบแห้ง การแช่แข็ง หรือลำไยกระป๋อง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา การอบแห้งลำไยสามารถใช้ได้กับลำไยทุกพันธุ์ แต่ที่นิยมมากคือ ลำไยพันธุ์ดอ เนื่องจากเมื่อนำมาอบแห้งแล้วสีของเปลือกและเนื้อจะเป็นสีทองและได้น้ำหนักดีกว่าพันธุ์อื่นๆ (ทองวัน, 2541; เพชรรัตน์, 2549) อย่างไรก็ตามลำไยอบแห้งโดยทั่วไปจะมีรสหวานมากและมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างเหนียว

กระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีนี้ร่วมกับระบบการแช่สารละลายจะเป็นการแลกเปลี่ยนน้ำจากภายในและภายนอกของอาหาร ซึ่งระบบนี้จะเป็นตัวช่วยให้การแลกเปลี่ยนมวลสารในอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเป็นการช่วยกำจัดน้ำและน้ำตาลออกจากเนื้อเยื่อได้ส่วนหนึ่ง จึงทำให้ประหยัดเวลาในการอบแห้ง เทคนิคนี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนของการเตรียมวัตถุดิบก่อนนำไปแปรรูปซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณภาพ ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และสามารถลดเวลาในการผลิตลงได้ (Zhao and Xie, 2004)

การนำสารออสโมติก เช่น กลีเซอรอล แคลเซียมแลคเทต อีริไททอล และซอร์บิทอล ซึ่งมีรายงานว่าสารดังกล่าวช่วยในการเพิ่มความแน่นเนื้อและช่วยรักษาสภาพเนื้อสัมผัส และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม (Luna-Guzman and Barrett, 2000; Martin-Diana *et al.*, 2006) ดังนั้นการนำสารดังกล่าวมาใช้เป็นสารละลายออสโมติกจึงน่าจะช่วยในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของลำไย และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี เนื่องจากสารละลายดังกล่าวจะไปช่วยปกป้องโครงสร้างของเนื้อเยื่อ ปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัมผัสและลดความหวานของผลิตภัณฑ์ได้

การอบแห้งเป็นกระบวนการใช้ความร้อนในสภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร ซึ่งจะช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา โดยการลดค่ากิจกรรมของน้ำ (Water Activity; a_w) และช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ แต่การอบแห้งก็มีข้อเสียคือ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพของการบริโภคและคุณภาพทางโภชนาการ (วิไล, 2545) การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum oven) เป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารภายใต้สภาวะสุญญากาศ และใช้อุณหภูมิต่ำกว่าความดันบรรยากาศเพื่อให้น้ำระเหยได้เร็วขึ้น ตู้อบแห้งแบบสุญญากาศเหมาะกับวัตถุดิบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการแปรรูป โดยการใช้ตู้อบชนิดนี้จะช่วยลดการสูญเสียวิตามินที่ไม่ทนร้อนและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้จะเท่ากับ 30-60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ ส่วนข้อดีของวิธีนี้คือ ใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งแบบอื่นๆ

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาระบบสารละลายในกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้งให้มีความนุ่มเพิ่มขึ้น และมีความเหนียวน้อยลง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อคัดกรองหาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสในระบบสารละลายสำหรับแช่ลำไยในกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศ

วิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

ลำไยพันธุ์ดอ (*Dimocarpus longan* Lour) เกรด AA จากอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ สารละลายออสโมติก ได้แก่ แคลเซียมแลคเทต (PURAC Biochem, Netherland) อีริไททอล (บริษัท ฟู้ดส์ฟิลด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ประเทศไทย)

กลีเซอรอล และซอร์บิทอล (บริษัทยูเนียนซายน์ จำกัด, ประเทศไทย)

2. การเตรียมตัวอย่างลำไยอบแห้ง

นำลำไยแกะเปลือกและคว้านเมล็ดออก ล้างน้ำให้สะอาด สะเด็ดน้ำให้หมาด แช่เนื้อลำไยในระบบสารละลายออสโมติก อัตราส่วนเนื้อลำไยต่อปริมาณน้ำในสารละลาย เท่ากับ 1 ต่อ 1 และผ่านกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศที่ความดัน -0.9 บาร์ เวลาแช่ภายใต้ความดัน 30 นาที เวลาแช่ที่ความดันบรรยากาศ 30 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำ และอบแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง

3. การกลั่นกรองชนิดของสารละลายออสโมติกที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง

ศึกษาผลกระทบของสารละลายออสโมติก ได้แก่ กลีเซอรอล แคลเซียมแลคเทต อีริไททอล และซอร์บิทอล วางแผนการทดลองแบบ Placket and Burman design (N=8) (ไพโรจน์, 2555) มีระดับปัจจัยที่ศึกษาดังตารางที่ 1 และมีสิ่งทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ระดับของสารละลายออสโมติก

ปัจจัย	ระดับปัจจัย (ร้อยละของน้ำ)	
	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)
A: กลีเซอรอล	10	20
B: แคลเซียมแลคเทต	1	5
C: อีริไททอล	1	4
D: ซอร์บิทอล	1	4

4. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเทตที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเทต วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design แปรผันระดับแคลเซียมแลคเทตที่ระดับร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ตามลำดับ ปริมาณกลีเซอรอล อีริไททอล และซอร์บิทอล เท่ากับร้อยละ 20, 1 และ 4 ของน้ำตามลำดับ

ตารางที่ 2 แผนการทดลองแบบ Placket and Burman design (N=8)

สิ่งทดลอง	ปัจจัย						
	A	B	C	D	E	F	G
1	+	+	+	-	+	-	-
2	+	+	-	+	-	-	+
3	+	-	+	-	-	+	+
4	-	+	-	-	+	+	+
5	+	-	-	+	+	+	-
6	-	-	+	+	+	-	+
7	-	+	+	+	-	+	-
8	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: เครื่องหมาย + คือ ระดับสูงของปัจจัย

- คือ ระดับต่ำของปัจจัย และปัจจัย E-G: Dummy

5. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง

ค่าสี L* a* b* ในระบบสี Hunter (KONICA Minolta: CR-410, Japan) ค่ากิจกรรมของน้ำ (Novasina: Model AWS 200, Switzerland) ปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ด้วยวิธี Lane and Eynon method (AOAC, 2007) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้งด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT. Plus Texture Analyzer Stable Micro System, UK) วัดแรงเฉือนด้วยหัววัด Warner Bratzler shear blade ค่าที่ได้แสดงในหน่วยนิวตัน และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยผู้บริโภค 50 คน โดยใช้ 7 point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 7=ชอบมากที่สุด) (ไพโรจน์, 2545)

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์และประเมินผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2003) และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) วิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Duncan Multiple Range Test

ผลการวิจัย

1. ผลการกลั่นกรองชนิดของสารละลายออสโมติกที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง

จากตารางที่ 3 พบว่า สารละลายออสโมติก ที่ประกอบไปด้วย กลีเซอรอล แคลเซียมแลคเทต อีริไททอล และซอร์บิทอล จะมีผลกระทบต่อค่าสี L* a* b* ค่ากิจกรรมของน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลือง รสขม ความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนของผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบของสารละลายออสโมติก จะใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป ($p\leq0.20$) เพื่อเป็นการลดปัญหาการมองข้ามปัจจัยที่น่าจะมีความสำคัญไป ซึ่งพบว่ากลีเซอรอลมีผลทำให้ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว และความนุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p\leq0.10$) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความรู้สึกหลังกลืนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p\leq0.20$) โดยการเติมกลีเซอรอลในระดับสูง (ร้อยละ 20) จะทำให้ค่าสี L* มีค่าลดลง คือมีความสว่างลดลง แต่มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว ความนุ่ม และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความรู้สึก หลังกลืนเพิ่มขึ้น

แคลเซียมแลคเทตมีผลต่อค่าสี L* a* ค่ากิจกรรมของน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขม ความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p\leq0.10$) และค่าสี b* คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลืองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85 ($p\leq0.15$) โดยการเติมแคลเซียมแลคเทตในระดับสูง (ร้อยละ 5) จะทำให้ค่าสี L* ค่ากิจกรรมของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ค่าสี a* ค่าสี b* คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลือง รสขม ความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนมีค่าลดลง

อีริไททอลมีผลทำให้ค่าสี L* และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความรู้สึกหลังกลืนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p\leq0.20$) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว และความนุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p\leq0.10$) โดยการเติมอีริไททอลในระดับสูง (ร้อยละ 4) จะทำให้ค่าสี L* คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนมีค่าลดลง

ซอร์บิทอลมีผลทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ($p\leq0.10$) และความรู้สึกหลังกลืนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ($p\leq0.20$) โดยการเติมซอร์บิทอลในระดับสูง (ร้อยละ 4) จะทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวมีค่าลดลง แต่จะทำให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความรู้สึกหลังกลืนมีค่าเพิ่มขึ้น

2. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเทตที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง

จากตารางที่ 5 พบว่าเมื่อทำการแปรผันปริมาณแคลเซียมแลคเทตจะมีผลต่อค่าสี L* a* b* แรงเฉือน ค่ากิจกรรมของน้ำ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลำไย รสหวาน ความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนของผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้ง ($p\leq0.05$) ผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งที่ไม่ได้ใส่แคลเซียมแลคเทตจะมีค่าสี L* น้อยที่สุด โดยเมื่อเพิ่มระดับของแคลเซียมแลคเทตมากขึ้น จะทำให้ค่าสี L* และ

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี และลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้งจากการกลั่นกรองปัจจัยที่มีผลกระทบ

คุณภาพ	สิ่งทดลอง							
	1	2	3	4	5	6	7	8
คุณภาพทางกายภาพ								
ค่าสี L*	41.83±2.32	42.64±1.87	41.06±1.73	44.36±1.93	41.68±2.28	41.20±1.52	44.04±1.36	42.73±1.37
a*	5.95±0.86	5.36±0.92	6.85±1.26	4.87±0.43	9.22±1.29	8.69±1.49	6.41±1.23	7.94±1.42
b*	16.41±1.20	16.33±2.33	17.81±1.22	16.04±2.23	21.15±2.77	18.39±1.40	17.89±2.09	17.17±1.11
แรงเฉือน (นิวตัน) ns	31.08±4.33	25.51±1.76	31.87±3.11	30.50±3.51	33.63±3.37	35.11±3.30	37.65±5.74	32.51±4.09
คุณภาพทางเคมี								
ค่ากิจกรรมของน้ำ	0.574±0.03	0.511±0.01	0.570±0.05	0.653±0.04	0.458±0.02	0.437±0.03	0.597±0.01	0.555±0.01
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ) ns	8.23±0.39	8.95±0.71	7.49±1.62	6.17±0.22	6.41±0.50	7.09±0.28	7.75±0.60	9.00±1.78
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ) ns	19.44±0.12	27.95±2.48	14.74±3.75	14.43±0.91	13.06±1.67	24.86±2.01	17.76±0.64	17.52±2.29
คุณภาพทางประสาทสัมผัส								
สีเหลือง	5.4±1.1	5.4±1.0	5.4±1.2	5.0±1.2	5.6±1.1	5.7±1.2	5.2±1.1	5.7±1.2
กลิ่นลำไย ns	5.1±1.2	5.1±1.1	5.3±1.1	4.7±1.4	5.5±1.1	5.4±1.0	5.1±1.4	5.1±1.2
รสหวาน ns	4.6±1.4	4.9±1.3	5.2±1.3	4.4±1.5	5.2±1.4	5.3±1.4	4.6±1.4	5.2±1.4
รสขม	3.9±1.7	4.0±1.7	4.9±1.5	4.1±1.8	4.7±1.7	4.8±1.6	4.4±1.7	4.7±1.6
ความเหนียว	4.9±1.1	4.9±1.1	5.2±1.2	4.8±1.4	5.3±1.3	4.9±1.5	4.6±1.2	5.1±1.4
ความนุ่ม	4.9±1.2	5.0±1.1	5.2±1.2	4.8±1.3	5.3±1.3	5.0±1.6	4.8±1.3	5.1±1.4
ความรู้สึกหลังกลืน	4.9±1.3	5.0±1.2	5.3±1.2	4.8±1.4	5.6±1.2	5.3±1.2	4.9±1.2	5.4±1.1

หมายเหตุ: - ns (non significant) หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4 ผลกระทบ (Effect) ของชนิดของสารออสโมติกที่มีผลต่อคุณภาพของลำไยอบแห้ง

คุณภาพ		ปัจจัย			
		กลีเซอรอล	แคลเซียมแลคเทต	อีริไททอล	ซอร์บิทอล
คุณภาพทางกายภาพ					
ค่าสี L*	Effect	-1.280	1.550	-0.820	-0.105
	t-test	-2.736*	3.313*	-1.753*	-0.224
a*	Effect	-0.110	-2.550	0.150	1.040
	t-test	-0.172	-3.997*	0.235	1.630
b*	Effect	0.552	-1.963	-0.047	1.583
	t-test	0.569	-2.021*	-0.049	1.630
แรงเฉือน (นิวตัน)	Effect	-3.420	-2.095	3.390	1.485
	t-test	-1.536	-0.941	1.522	0.667
คุณภาพทางเคมี					
ค่ากิจกรรมของน้ำ	Effect	-0.032	0.079	0.000	-0.087
	t-test	-0.972	2.372*	0.008	-2.628*
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	Effect	0.268	0.278	0.008	-0.173
(ร้อยละ)	t-test	0.238	0.248	0.007	-0.154
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด	Effect	0.155	2.350	0.960	4.375
(ร้อยละ)	t-test	0.032	0.485	0.198	0.903
คุณภาพทางประสาทสัมผัส					
สีเหลือง	Effect	0.050	-0.350	0.000	0.100
	t-test	0.322	-2.251*	0.000	0.643
กลิ่นลำไย	Effect	-1.200	0.700	1.300	-1.150
	t-test	-0.857	0.500	0.928	-0.821
รสหวาน	Effect	-1.200	0.700	1.300	-1.150
	t-test	-0.857	0.500	0.928	-0.821
รสขม	Effect	-0.125	-0.675	0.125	0.075
	t-test	-1.000	-5.400*	1.000	0.600
ความเหนียว	Effect	0.255	-0.325	-0.125	-0.075
	t-test	9.000*	-13.000*	-5.000*	-3.000*
ความนุ่ม	Effect	0.175	-0.275	-0.075	0.025
	t-test	7.000*	-11.000*	-3.000*	1.000
ความรู้สึกหลังกลืน	Effect	0.100	-0.500	-0.100	0.100
	t-test	1.732*	-8.660*	-1.732*	1.732*

หมายเหตุ: * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 (t-table = 1.638), 90 (t-table =1.924) และ 95 (t-table =2.353)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพ-เคมี และลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้งจากการแปรผันปริมาณแคลเซียมแลคเทต

คุณภาพ	ปริมาณแคลเซียมแลคเทต (ร้อยละ)									
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
คุณภาพทางกายภาพ										
ค่าสี L*	36.87±2.49^{a}	38.93±2.01^{b}	40.70±1.81^{cd}	40.26±1.76^{bcd}	39.39±1.75^{bc}	41.25±1.41^{de}	40.70±1.81^{cd}	41.50±1.63^{de}	41.42±1.43^{de}	42.48±2.42^{e}
a*	9.26±1.49^{e}	9.30±1.29^{e}	8.73±1.25^{de}	9.37±1.43^{e}	8.29±1.16^{cd}	7.90±1.42^{bcd}	7.71±1.19^{abc}	7.05±0.83^{ab}	6.88±1.02^{a}	7.14±0.99^{ab}
b*	16.56±1.41^{d}	15.06±1.22^{c}	14.63±1.30^{bc}	14.91±2.02^{c}	14.14±1.06^{bc}	14.61±1.20^{a}	14.09±1.38^{bc}	13.51±1.55^{ab}	12.67±1.31^{a}	14.72±1.61^{c}
แรงเฉือน (นิวตัน)	27.70±4.27^{a}	36.92±4.88^{bc}	41.79±4.54^{c}	41.24±5.46^{c}	42.58±3.69	43.56±4.81^{c}	34.26±5.29^{b}	40.93±5.44^{c}	58.80±2.80^{e}	50.06±6.73^{d}
คุณภาพทางเคมี										
ค่ากิจกรรมของน้ำ	0.568±0.01^{g}	0.522±0.01^{f}	0.503±0.01^{de}	0.514±0.01^{ef}	0.495±0.01^{cd}	0.568±0.01^{g}	0.438±0.01^{b}	0.488±0.01^{c}	0.397±0.01^{a}	0.560±0.01^{g}
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	4.44±0.62^{bc}	4.16±0.61^{abc}	4.83±0.33^{c}	3.86±0.23^{ab}	4.68±0.27^{c}	3.54±0.18^{a}	3.84±0.37^{ab}	4.16±0.13^{abc}	4.59±0.76^{bc}	4.06±0.21^{abc}
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	10.38±0.47^{c}	9.81±1.56^{c}	7.80±0.62^{b}	6.50±0.13^{ab}	6.93±0.51^{ab}	6.85±0.70^{ab}	6.99±0.54^{ab}	6.67±0.19^{ab}	6.47±0.61^{ab}	6.14±0.20^{a}
คุณภาพทางประสาทสัมผัส										
สีเหลือง	4.6±1.5	4.7±1.4	4.8±1.4	5.1±1.3	5.0±1.5	5.1±1.4	5.0±1.4	5.0±1.4	4.9±1.4	5.3±1.3
กลิ่นลำไย	4.9±1.3^{ab}	4.9±1.2^{ab}	5.1±1.3^{b}	5.0±1.3^{ab}	5.3±1.3^{b}	5.0±1.4^{ab}	4.8±1.5^{ab}	4.9±1.3^{ab}	4.5±1.4^{a}	5.1±1.4^{b}
รสหวาน	4.7±1.4^{ab}	4.9±1.4^{b}	4.9±1.3^{b}	4.8±1.4^{b}	5.0±1.2^{b}	4.9±1.4^{b}	4.8±1.4^{ab}	4.9±1.3^{b}	4.2±1.5^{a}	5.0±1.3^{b}
รสขม	4.5±1.4	4.4±1.4	4.5±1.6	4.6±1.4	4.8±1.5	4.7±1.4	4.3±1.4	4.4±1.5	4.1±1.4	4.3±1.6
ความเหนียว	4.8±1.5^{b}	5.0±1.2^{b}	4.9±1.5^{b}	4.9±1.4^{b}	5.1±1.3^{b}	5.1±1.3^{b}	4.6±1.5^{ab}	4.9±1.4^{b}	4.1±1.6^{a}	4.8±1.3^{b}
ความนุ่ม	5.0±1.5^{a}	5.1±1.4^{b}	5.1±1.2^{b}	5.1±1.1^{b}	5.2±1.2^{b}	5.2±1.3^{b}	4.7±1.3^{b}	5.1±1.2^{b}	3.9±1.3^{b}	4.9±1.3^{b}
ความรู้สึกหลังกลืน	4.9±1.2^{ab}	4.9±1.2^{ab}	5.3±1.0^{b}	5.1±1.1^{b}	5.3±1.3^{b}	5.2±1.2^{b}	5.0±1.3^{b}	5.0±1.2^{b}	4.4±1.3^{a}	5.1±1.3^{b}

หมายเหตุ: - ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแถวเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าของข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แรงเฉือนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากแคลเซียมแลคเทตสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อให้กับผลิตภัณฑ์ได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Irene and Diane (2000) แต่จะทำให้ค่าสี a* และ b* ลดลง คือ มีความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลง รวมทั้งทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระดับปริมาณแคลเซียมแลคเทตเท่ากับร้อยละ 0.8 มากที่สุด โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นลำไย รสหวาน ความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนเท่ากับ 5.3 5.0 5.1 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการกลั่นกรองชนิดของสารละลายออสโมติกที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง พบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ คือ แคลเซียมแลคเทต ซึ่งมีผลกระทบต่อค่าสี L* a* b* ค่ากิจกรรมของน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเหลือง รสขม ความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืน โดยถ้าใช้ในระดับต่ำจะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าการใช้ที่ระดับสูง ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงลดปริมาณแคลเซียมแลคเทตลง สำหรับกลีเซอรอล อีริไททอล และซอร์บิทอล ซึ่งเป็นปัจจัยรองมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ค่อนข้างน้อย ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะทำการคงระดับไว้ โดยการใช้กลีเซอรอลในระดับสูง (ร้อยละ 20 ของน้ำ) จะมีผลทำให้ค่าสี L* คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืนเพิ่มขึ้น การคงไว้ของซอร์บิทอลในระดับสูง (ร้อยละ 4 ของน้ำ) จะมีผลทำให้ค่ากิจกรรมของน้ำ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียวและความรู้สึกหลังกลืนดีกว่าการใช้ในระดับต่ำ ส่วนอีริไททอลมีผลต่อค่าสี L* และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว ความนุ่ม และความรู้สึกหลังกลืน การใช้ในระดับต่ำ (ร้อยละ 1 ของน้ำ) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดังกล่าวดีกว่า

จากการศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสมของแคลเซียมแลคเทตที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง พบว่า การใช้ปริมาณแคลเซียมแลคเทตในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสว่างขึ้น มีค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้น แสดงว่าแคลเซียมแลคเทตสามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ โดยช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของลำไยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลำแพนและคณะ (2553) รวมทั้งช่วยลดค่ากิจกรรมของน้ำลง ซึ่งสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (นิธิยา, 2545) แต่เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใส่แคลเซียมแลคเทตในระดับที่สูงขึ้นจะมีคะแนนลดลงในทุกคุณลักษณะ เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นแปรผันตามปริมาณแคลเซียมแลคเทตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่ใช้ระดับร้อยละ 0.8 มากที่สุดในทุกคุณลักษณะ

จากการวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบสารละลายออสโมติกที่เหมาะสมในกระบวนการแทรกซึมภายใต้สุญญากาศเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของลำไยอบแห้ง ประกอบด้วย กลีเซอรอล แคลเซียมแลคเทต อีริไททอล และซอร์บิทอล ร้อยละ 20, 0.8, 1 และ 4 ของน้ำ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

ทองวัน ปัญญาแก้ว. 2541. เทคโนโลยีการอบแห้งลำไยและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของสมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรอำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

เพชรรัตน์ ใจบุญ. 2549. การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งลำไยด้วยเทคนิคแบบต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2555. การออกแบบการทดลองขั้นสูง. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลำแพน ขวัญพูล วิศรุต ศรีชุมพวง และวัฒน์พงศ์ ทวีราชทรัพท์. 2553. ผลของสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อการอ่อนนุ่มของเนื้อมะละกอพันธุ์ฮาวาย. ว.วิทย์. กษ. 41: 1 (พิเศษ): 118-121.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

AOAC. 2007. Official Method of Analysis. 18th ed. Association Official Analytical Chemistry International. Maryland.

Irene, L., and Diane, MB. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. [electronic version]. Postharvest Biology and Technology. 19: 61–72.

Luna-Guzman, I., and Barrett, DM. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelfstability and quality of fresh cut cantaloupes [Electronic version]. Postharvest Biol. Technol. 19(1): 61-72.

Martin-Diana, AB., Rico, D., Frias, J., Henehan, GTM., Mulcahy, J., Barat, JM., and Barry-Ryan, C. 2006. Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage [Electronic version]. Journal Food.Engineer. 77(4): 1069-1077.

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.