

ผลของการแช่เยือกแข็งและการทอดต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สีและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ

Effects of freezing and frying methods on texture, color and sensory attributes of vacuum fried okra

อุมพร อาลัย^{1,*}, วาทีณี สง่าแสง¹,
ศราวัฒน์ ภูเพ็ชร¹, และสุกัญญา ทองเจริญวง¹

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการแปรรูปกระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* L.) เป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด โดยนิยมแปรรูปเชิงการค้าเป็นกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ แต่ปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวคือการสูญเสียความกรอบหลังการทอด วิธีการที่นิยมทำให้เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้คงความกรอบคือ การทำพรีทรีทเมนต์ก่อนการแปรรูป เช่น การใช้แคลเซียมคลอไรด์ และการพัฒนากระบวนการแปรรูปด้วยการแช่เยือกแข็ง เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง และการทอดต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ ทดลองโดยลวกกระเจี๊ยบเขียวในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.5% w/v ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลา 90 วินาที จากนั้นแช่เยือกแข็งด้วยระบบลมเป่า (air blast) แปรอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งเป็น -20, -25 และ -30°C แปรเวลาการแช่เยือกแข็งเป็น 4 และ 6 ชั่วโมง นำกระเจี๊ยบเขียวดังกล่าวมาทอดด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 80°C และ 90°C แปรระยะเวลาการทอดเป็น 1.5 และ 2 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มระดับการแช่เยือกแข็งและการทอดทำให้กระเจี๊ยบเขียวทอดมีความกรอบดีและคงตัวมากขึ้น มีค่าความสว่าง (L*) และคะแนนทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง ทรีทเมนต์ที่ดีที่สุดสำหรับการแปรรูปกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศคือการลวกกระเจี๊ยบเขียวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง

คำสำคัญ: แคลเซียมคลอไรด์, การแช่เยือกแข็ง, การทอดแบบสุญญากาศ, กระเจี๊ยบเขียว

Abstract

Presently, the okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is produced into various products, especially commercial vacuum-fried okra. One of the significant problems of fried okra is loss of crispiness after frying. The methodology to improve the texture of fruits and vegetables is by pretreatment before processing with calcium chloride and by freezing development. The research aim was to monitor the effect of freezing and frying conducted on texture, color (CIElab) and sensory attributes of vacuum fried okra. The experiment was conducted by blanching the okra in calcium chloride solutions (0.5% w/v) at 100°C for 90 sec. Then the sample was frozen by using air blast system with the varying conditions of -20, -25 and -30°C for 4 and 6 hours. After that, it was vacuum fried with the varying conditions of 80°C and 90°C for 1.5 and 2 hours. It was revealed that the increasing freezing level and frying condition improved crispiness value of vacuum fried okra, but the lightness (L*) and sensorial scores decreased. According to

¹ โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 85 ถ.มาลัยแมน อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

*Email: aeh351@hotmail.com

the results, the optimal treatments for vacuum- fried okra was blanching with calcium chloride solution for 90 sec., and then freezing the product at -30°C for 4 hours, and finally frying with vacuum condition at 90°C for 1.5 hours.

Keywords: calcium chloride, freezing, vacuum fry, okra

บทนำ

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป (สุขสันต์ สุทธิผลไพบุลย์, 2551) แต่เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียวแบบสดมีมูลค่าต่ำ ทำให้มีการแปรรูปกระเจี๊ยบเขียวเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด โดยเฉพาะกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ แต่ปัญหาที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวคือ การสูญเสียความกรอบและความคงตัวหลังการทอด ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาที่สั้นและการไม่ยอมรับของผู้บริโภค วิธีการที่นิยมทำให้เนื้อสัมผัสของผัก และผลไม้คงความกรอบคือ การทำพรีทรีตเมนต์ก่อนการแปรรูป เช่น การลวก การใช้แคลเซียมคลอไรด์ การใช้แรงดันออสโมติก และการพัฒนากระบวนการแปรรูปด้วยการแช่เยือกแข็งก่อนการทอดแบบสุญญากาศ เป็นต้น (Shyu & Hwang, 2001; Troncoso et al., 2009; Galetto et al., 2010; Irfan et al., 2013) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง และการทอดต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ เพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวและความกรอบของผลิตภัณฑ์หลังการทอด

วิธีการวิจัย

1. ผลของการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ

นำกระเจี๊ยบเขียวจากกลุ่มกระเจี๊ยบเขียวตลาดสะแก อ.บางเลน จ. นครปฐม มาล้างทำความสะอาด คัดขนาดความยาวระหว่าง 7-8 เซนติเมตร ลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.5% w/v) เป็นระยะเวลา 90 วินาที (Arlai et al., 2014) จากนั้นแช่เยือกแข็งกระเจี๊ยบเขียวด้วยเครื่องแช่เยือกแข็งระบบลมเป่า (air blast) แปรอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งเป็น -20 , -25 และ -30°C แปรระยะเวลาการแช่เยือกแข็งเป็น 4 และ 6 ชั่วโมง กระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่เยือกแข็งจำนวน 400- 600 กรัม มาทอดด้วยน้ำมันปาล์ม จำนวน 20 ลิตร ต่อการทอด 1 ครั้ง ด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศ (FRECORN รุ่น ONV-15i, ประเทศไทย) ที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล สุ่มสมบูรณ์ ทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ ความแข็ง (hardness) และความกรอบ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TAXT 2plus ประเทศสหราชอาณาจักรใช้หัววัดแบบตัดรุ่น HDP/BS ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab รุ่น Miniscan XE Plus ประเทศสหรัฐอเมริกาและคุณภาพทางประสาทสัมผัส (9- point hedonic scale) ด้านสี กลิ่นไม่พึงประสงค์ (เหม็นเขียว) ความกรอบ รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ด้วยแบบทดสอบความชอบชนิด hedonic ทดสอบกับผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 15 คน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วย Duncan's new multiple range test

2. ผลของการทอดต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ

กระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นระยะเวลา 90 วินาที และผ่านการแช่เยือกแข็ง ภาวะที่ติดที่สุดจากข้อ 1 นำมาทอดด้วยเครื่องทอดแบบสุญญากาศ ที่แปรอุณหภูมิการทอดเป็น 80 และ 90°C แปรระยะเวลาการทอดเป็น 1.5 และ 2 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล สุ่มสมบูรณ์ ทดลอง 3 ซ้ำ ตรวจสอบคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกับข้อ 1

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลของการแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ

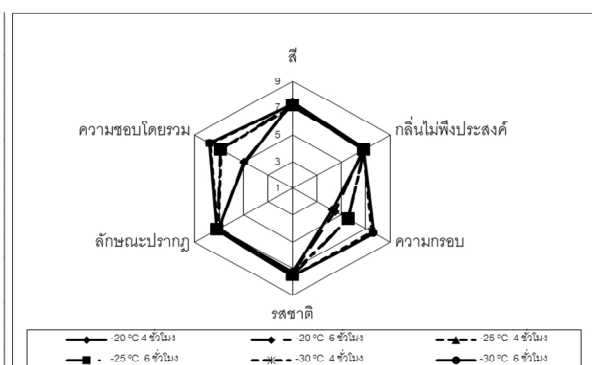
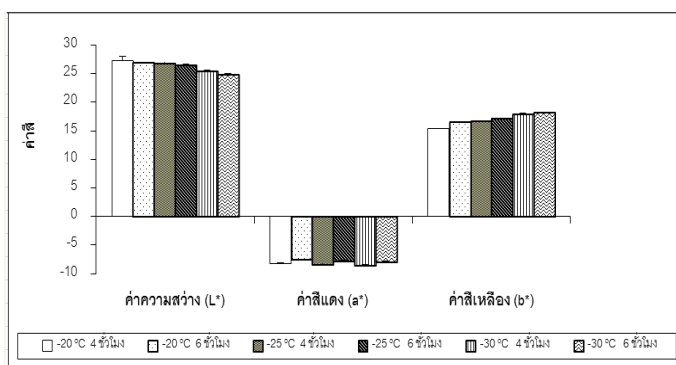
เมื่อนำกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มาแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่ออุณหภูมิ และระยะเวลาการแช่เยือกแข็งมากขึ้น กระเจี๊ยบเขียวมีแนวโน้มของค่าความแข็งลดลง (ตารางที่ 1) แต่ความกรอบเพิ่มขึ้น (พิจารณาจากจำนวนยอดและความชันของกราฟที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ซึ่งข้อมูลไม่ได้แสดง) ทั้งนี้การลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และการแช่เยือกแข็งช่วยปรับปรุงความคงตัวด้านความแข็งและความกรอบของผลิตภัณฑ์หลังการทอดได้ เนื่องจากคุณสมบัติของแคลเซียมไอออนที่เป็นตัวเชื่อมข้ามระหว่างสายพอลิเมอร์ polygalacturonics แล้วเกิดเป็นโครงสร้าง egg-box model ขึ้น (Belitz et al., 2009) และการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ระหว่างการแช่เยือกแข็ง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังการทอดเกิดรูพรุนและการพองสม่ำเสมอ (Saguy & Pinthus, 1995) เมื่อพิจารณา ค่าสีของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ พบว่า เมื่อระดับการแช่เยือกแข็งและเวลาการแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปภาพที่ 1 และ 2) อาจเนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็งทำให้สารภายในเซลล์มีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น โอกาสการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจึงมากขึ้น (Leszkowial et al., 1990) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การเพิ่มระดับของการแช่เยือกแข็งไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ยกเว้นด้านความกรอบและความชอบโดยรวมที่มีคะแนนเพิ่มขึ้น โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30°C เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงได้รับคะแนนดังกล่าวมากที่สุด

ตารางที่ 1 ค่าความแข็ง (กรัม) ของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 , -25 และ -30°C ที่ระยะเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง

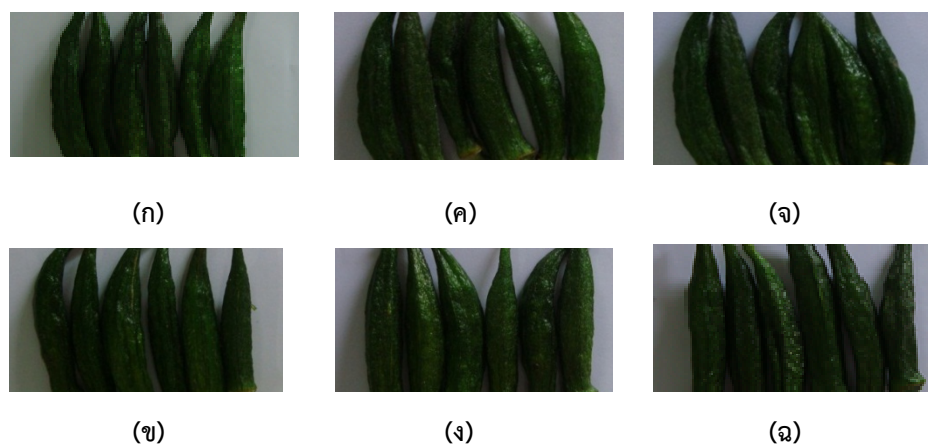
อุณหภูมิการแช่เยือกแข็ง ($^{\circ}\text{C}$)	ระยะเวลาการแช่เยือกแข็ง (ชั่วโมง)	
	4	6
-20	1989.28 ^{aA} ± 30.87	1736.84 ^{bA} ± 22.44
-25	1701.82 ^{aB} ± 50.10	1550.30 ^{bB} ± 40.34
-30	1407.27 ^{aC} ± 44.98	1284.78 ^{bC} ± 55.11

^{a,b} หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปภาพที่ 1 ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 , -25 และ -30°C ที่ระยะเวลา 4 และ 6 ชั่วโมง



รูปภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ
 (ก) -20°C ระยะเวลา 4 ชั่วโมง; (ข) -20°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง; (ค) -25°C ระยะเวลา 4 ชั่วโมง;
 (ง) -25°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง; (จ) -30°C ระยะเวลา 4 ชั่วโมง; (ฉ) -30°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

2. ผลของการทอดต่อคุณภาพของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศ

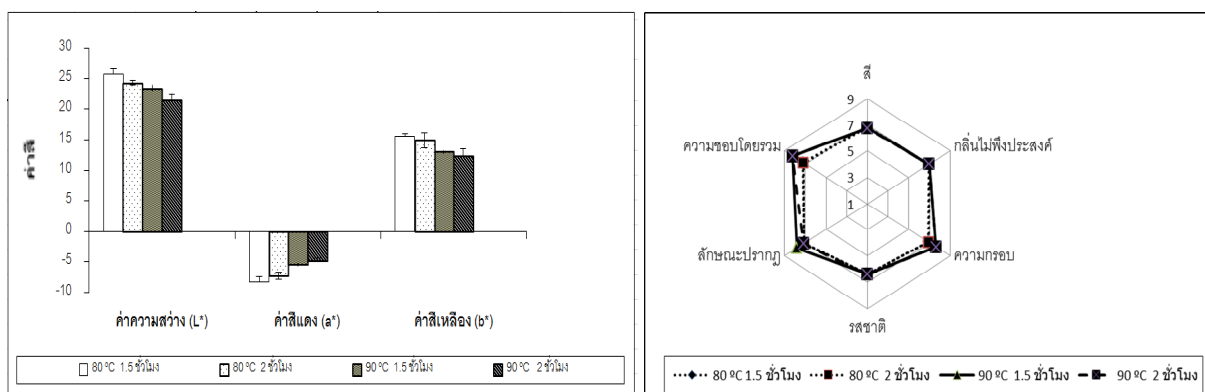
เมื่อนำกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ และแช่เยือกแข็งที่ภาวะที่ดีที่สุดจากข้อ 1 มาทอดแบบสุญญากาศที่ภาวะต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการทอดมากขึ้น ตัวอย่างมีค่าความแข็งลดลงจาก 2974 กรัม เป็น 1041 กรัม (ตารางที่ 2) แต่ความกรอบเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการทอดแบบสุญญากาศสูงขึ้น ทำให้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กที่ได้จากขั้นตอนการแช่เยือกแข็งเกิดการระเหิดอย่างรวดเร็ว และเกิดความดันไอสุง (Fellow, 1990) ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศเกิดการพองตัวสม่ำเสมอบริเวณผิวหน้าและเกิดเปลือกแข็ง (crust) ทำให้มีความกรอบมากขึ้น (Saguy & Pinthus, 1995) เมื่อพิจารณาค่าสี พบว่า เมื่อระดับการทอดเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) และสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปภาพที่ 3 และ 4) อาจเนื่องจากอุณหภูมิและระยะเวลาการทอดที่เพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสที่สารตั้งต้น ได้แก่ โปรตีน และน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งทำปฏิกิริยาแบบเมลลาร์ดให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลมากขึ้น (Belitz et al., 2009) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ภาวะในการทอดไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้าน ยกเว้นด้านความกรอบและความชอบโดยรวมที่มีคะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้น โดยกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง มีคะแนนด้านความกรอบ และความชอบโดยรวมดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าความแข็ง (กรัม) ของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิ 80 และ 90°C ระยะเวลา 1.5 และ 2 ชั่วโมง

อุณหภูมิการทอดแบบสุญญากาศ (°C)	เวลาการทอดแบบสุญญากาศ (ชั่วโมง)	
	1.5	2
80	2794.09 ^{aA} ± 242.89	1520.31 ^{bA} ± 136.60
95	1701.82 ^{aB} ± 50.10	1041.68 ^{bB} ± 84.37

^{a,b} หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{A,B} หมายถึง ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปภาพที่ 3 ค่าสี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศที่ผ่านการการทอดที่อุณหภูมิ 80 และ 90°C ระยะเวลา 1.5 และ 2 ชั่วโมง



รูปภาพที่ 4 ลักษณะปรากฏของกระเจี๊ยบเขียวทอดที่ผ่านการทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ (ก) 80°C ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง; (ข) 80°C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง; (ค) 90°C ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง; (ง) 90°C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

เมื่อเพิ่มระดับการแช่เยือกแข็ง และการทอดแบบสุญญากาศ สามารถเพิ่มความคงตัวของเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง และความกรอบของกระเจี๊ยบเขียวทอดแบบสุญญากาศได้ และยังคงได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบและความชอบโดยรวมที่ดี โดยกระเจี๊ยบเขียวที่ผ่านการลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 % (w/v) เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -30°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และทอดแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง เป็นภาวะที่ดีที่สุดในการรักษาความกรอบของผลิตภัณฑ์หลังการทอด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- สุขสันต์ สุทธิผลไพบุลย์. (2551). กระเจี๊ยบเขียวส่งออก. ค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2551 จาก http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/krajeab.pdf
- Arlai, A., Sajhasang, W., pouphet, S., & Thongjaroen, S. (2014). Effect of calcium chloride and freezing on vacuum fried okra quality. *Food and Applied Bioscience Journal*, 2 (2), 161-168.
- Belitz, H.D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th edition). Berlin: Springer.
- Fellow, P.J. (1990). *Food Processing Technology Principle and Practice*. New York: Ellis Horwood.

- Galetto, C.D., Verdini, R.A., Zorrilla, S.E., & Rubiolo, A.C. (2010). Freezing of strawberries by immersion in CaCl_2 solutions. **Food Chemistry**, 123, 243–248.
- Leszkowai, M.J., Barichello, V., Yada, R.Y., Coffin, R.H., Loughheed, E.C., & Stanlet, D.W. (1990). Contribution of sucrose to nonenzymatic browning in potato chips. **Journal of Food Science**, 55 (1), 281-284.
- Irfan, P.K., Vanjakshi, V., KeshavaPrakash, M.N., Ravi, R., & Kudachikar, V.B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**, 82, 70-75.
- Saguy, I.S., & Pinthus, E.J. (1995). Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism. **Food Technology**, 49, 142-145.
- Shyu, S.L., & Hwang, L.S. (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. **Food Research International**, 34, 133-142.
- Troncoso, E., Pedreschi, F., & Zuniga, R.N. (2009). Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. **LWT Food Science and Technology**, 42, 187-195.