คุณภาพของขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบโดยใช้หม้ออบลมร้อน

The Quality of Crispy Pineapple Snack by Using Convection Oven

รุ่งทิวา กองเงิน[1*]

Rungtiwa Kongngoen[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณภาพของขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้อลมร้อน โดยการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนที่อุณหภูมิ 125^{O}ซ. พบว่าการใช้เวลาในการอบกรอบ 120 วินาที จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพทางกายภาพด้านสี ($L^* a^* b^*$) และค่าความแตกเปราะเท่ากับ 60.14 13.63 42.17 และ 3.29 นิวตัน ตามลำดับ คุณภาพทางเคมีด้านร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ 7.17 และ 0.34 ตามลำดับ มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พบในผลิตภัณฑ์ด้านความแห้ง สี กลิ่นสับปะรด รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวมอยู่ ในช่วง 6.50-7.20 เมื่อศึกษาคุณภาพในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4^{O}ซ. เป็นเวลา 28 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{O}ซ. จะให้คุณภาพในการเก็บรักษาที่ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{O}ซ. จะมีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าความแตกเปราะ ร้อยละปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นมีค่าในช่วงคะแนน 6.21-7.47 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณรา น้อยกว่า 1×10^2 และ 1 x10 CFU/g ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541)

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยว สับปะรด กรอบ หม้ออบลมร้อน

Abstract

This research is to study the quality of crispy pineapple snack by convection oven. The study for the suitable time used by convection oven at 125 ^{O}C was found that the usage of 120 sec.to make the product crispy result in the physical product quality in color ($L^* a^* b^*$) and fracturability at 60.14 13.63 42.17 and 3.29 N., respectively. The chemical qualities in moisture content and a_w were 7.17% and 0.34, respectively. The sensory qualities were found in product for dryness of color, pineapple odor, taste, crispiness and overall preference with the range of score at 6.50-7.20. The study of the storage quality in aluminum foil bag at ambient temperature and 4 ^{O}C for 28 days, was found that the 4 ^{O}C storage giving the better keeping quality than the ambient temperature storage. The 4 ^{O}C storage showed an upward trend on lightness and yellowness with the significant difference ($p \leq 0.05$). The redness was not significantly different ($p > 0.05$).

[1] อ., สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

[1] Lecturer, Department of Food Product Development, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, 52000

[*] Corresponding author: Tel. 054-342547-8. E-mail address: tukkatafay@gmail.com

The fracturability of moisture content and a_w had a downward trend with the significant difference ($p \leq 0.05$). The sensory quality score in all attributes were the range of 6.21-7.47. The microorganisms quality in product was lower than 1×10^2 and 1 x10 CFU/g which were not greater than the standard microorganism regulation for cereal snack (Thai Industrial Standards no.1534-2541).

Keywords: Snack, Pineapple, Crispy, Convection Oven

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยวนับเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก โดยมีแนวโน้มอัตราการเติบโตในอุตสาหกรรมประเภทนี้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2552 เฉลี่ย 9 เปอร์เซนต์ต่อปี [1] ขนมขบเคี้ยวจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคทั่วไปเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้ง่าย สะดวกในการพกพา สามารถช่วยประทังความหิวในช่วงระยะเวลาสั้นได้ และมีรสชาติที่เป็นที่ถูกใจผู้บริโภค ประกอบกับในพื้นที่จังหวัดลำปางเป็นพื้นที่ที่เกษตรกรปลูกสับปะรดมากและมักประสบปัญหาของภาวะการล้นตลาดของวัตถุดิบสับปะรด ทำให้สับปะรดมีราคาตกต่ำ ไม่สามารถจำหน่ายสับปะรดในรูปของผลสดให้มีราคาสูงได้ นอกจากนี้ผลสับปะรดยังเป็นผลไม้รสชาติดีสามารถนำมาปรุงหรือประกอบอาหารได้หลากหลายชนิดและยังมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งในสับปะรดมีคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ เช่น โปรตีน ใยอาหาร น้ำตาล วิตามินซี เบต้าแคโรทีน โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส เป็นต้น นอกจากนี้สับปะรดยังมีเอนไซม์โบรมีเลนที่จะช่วยในการย่อยอาหารประเภทโปรตีนได้ดี ทำให้สับปะรดมีสรรพคุณในการช่วยย่อยอาหาร เสริมการดูดซึมอาหาร และยังช่วยในการดับร้อนแก้กระหายได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบสับปะรดประกอบกับการเล็งเห็นช่องทางการเติบโตของธุรกิจประเภทขนมขบเคี้ยว ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการนำวัตถุดิบสับปะรดมาผลิตเป็นขนมสับปะรดอบกรอบในรูปแบบที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมซึ่งมีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์สับปะรดชิ้นอบกรอบที่มีวางจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดปัจจุบัน โดยการใช้หม้ออบลมร้อนซึ่งเป็นเครื่องมือการผลิตที่มีราคาไม่สูงมากนัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการอบกรอบผลิตขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบ โดยใช้หม้ออบลมร้อนและศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายหลังการเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 ^{o}ซ เป็นระยะเวลา 28 วัน ซึ่งผลที่ได้คาดว่าจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี สามารถทำการผลิตโดยใช้เครื่องมือการผลิตที่มีราคาไม่สูงมาก และมีคุณภาพการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาที่เหมาะสม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

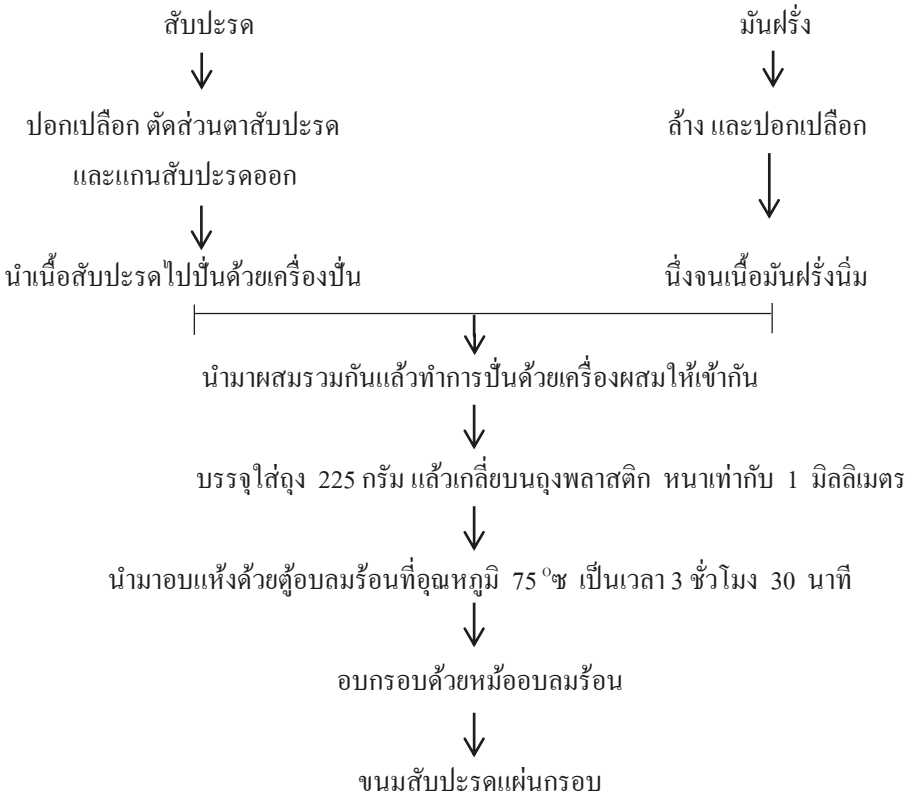
วัสดุ อุปกรณ์

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ระยะสุกจัด (ตาสีส้มแดงประมาณร้อยละ 20-100) จากแปลงปลูกตำบลบ้านเสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และมันฝรั่งพันธุ์สปุนต้าที่ซื้อจากห้างแมคโคร อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ตู้อบระบบลมร้อน (Electric Convection Dryer) และหม้ออบลมร้อน (House Worth รุ่น HW-COG12)

วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบกรอบขนมสับปะรดแผ่นกรอบด้วยหม้อลมร้อน

ทำการผสมส่วนผสมของสับปะรดและมันฝรั่งที่ร้อยละปริมาณส่วนผสม 80 และ 20 [2] แล้วดำเนินการผลิตเป็นขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบตามกระบวนการดังภาพที่ 1 โดยทำการแปรผันเวลาที่ใช้ในการอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน 4 ระดับ ได้แก่ 60 90 120 และ 150 วินาที ที่อุณหภูมิ 125 ^{o}ซ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบ

ที่มา : ดัดแปลงจาก รุ่งทิวา และอุบลรัตน์ [2]

ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัส ดังนี้

1.1 ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

-วัดค่าสี ระบบ L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE)

-วัดลักษณะค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, TA. XTPlus,UK.) ใช้หัววัดแบบ p/0.5 Ball probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm.) pre-test speed: 1 mm/s; test speed: 1 mm/s; post-test speed: 10 mm/s.) กดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง 4 มิลลิเมตร

1.2 ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่

- วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง AquaLab LITE รุ่น Decagon Devices,Inc.

- ปริมาณความชื้น โดยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 105 °ซ. ตามวิธีการใน AOAC (2000) [3]

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ผลการทดลองโดย Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.3 ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ (ความแห้ง) สี กลิ่นสับปะรด รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบรวม วิเคราะห์ผลการ

ทดลองโดย Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจะพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อนำสูตรที่ได้รับการคัดเลือกดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

2. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดอบกรอบภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน

นำผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดอบกรอบที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 1 มาทำการเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4^{O}ซ เป็นระยะเวลานาน 28 วัน ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่นเดียวกันกับการทดลองข้อ 1 และวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา [3] ของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดอบกรอบทุก 7 วันจนครบ 28 วัน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบกรอบขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน

จากการผลิตขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 ^{O}ซ ทำการศึกษาเวลาในการอบกรอบ 4 ระดับ (60 90 120 และ 150 วินาที) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี ($L^* a^* b^*$) และเนื้อสัมผัส (ค่าความแตกเปราะ) ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพด้านสี ($L^* a^* b^*$) และเนื้อสัมผัส (ค่าความแตกเปราะ) ของขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 ^{O}ซ โดยใช้เวลาที่แตกต่างกัน

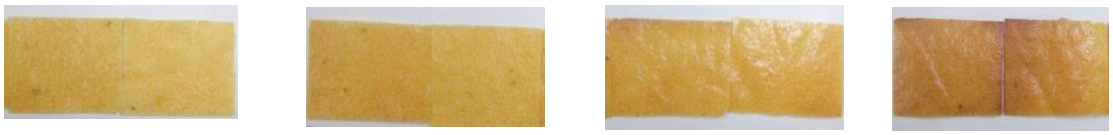
เวลาที่ใช้ในการอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน (วินาที)	ค่าสี			ค่าความแตกเปราะ (N)
	*L**	*a**	*b**	
60	61.81 ± 0.54 ^{a}	11.65 ± 0.20^{c}	43.36 ± 0.14^{a}	5.38 ± 1.15 ^{a}
90	61.07 ± 0.80 ^{a}	12.53 ± 0.58^{bc}	42.56 ± 2.00^{a}	3.72 ± 0.90 ^{b}
120	60.14 ± 2.33 ^{a}	13.63 ± 1.25 ^{ab}	42.17 ± 0.62 ^{a}	3.29 ± 0.74 ^{b}
150	55.08 ± 2.65 ^{b}	14.35 ± 1.48 ^{a}	38.12 ± 3.75^{b}	2.90 ± 0.56 ^{b}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ด้านค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นอบ กรอบด้วยหม้อลมร้อนที่เวลาแตกต่างกันมีค่าสีความสว่าง (L^*) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มระยะเวลาอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนมากขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าสีความสว่าง (L^*) ลดลงทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการอบกรอบนานขึ้นจะทำให้น้ำตาลที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวส์รวมกับหมู่แอมิโนที่มีอยู่ในส่วนผสมเกิดเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า เมลานอยดิน [4] นอกจากนี้ การใช้เวลาการอบกรอบที่นานขึ้นจะทำให้น้ำระเหยออกมาได้มากขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่คล้ำขึ้นได้ [5] ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาอบกรอบด้วยลมร้อนจึงทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง

ค่าสี a^* (ค่าสีแดง) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนที่เวลาแตกต่างกัน มีค่าสี a^* ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่มีความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เป็นผลจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non-Enzymatic Browning Reaction) โดยการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing Sugar) กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ที่มีอยู่

ในวัตถุดิบทั้งในสับปะรดและมันฝรั่ง ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มของค่า a^* อยู่ในโทนของสีแดง [4] ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าสี b^* (ค่าสีเหลือง) ที่พบว่าการใช้อุณหภูมิสูง และใช้เวลาในการอบกรอบเพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่มีความเป็นสีเหลืองลดลง ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นที่อบกรอบด้วยหม้อลมร้อนจะมีลักษณะปรากฏดังภาพที่ 2



ก. ข. ค. ง.

ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 ^{o}ซ โดยใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน (ก.) 60 วินาที (ข.) 90 วินาที (ค.) 120 วินาที และ (ง.) 150 วินาที

ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจะเป็นการวัดค่าความแตกเปราะของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน ซึ่งค่าความแตกเปราะนี้จะเป็นการวัดค่าแรงที่จุดสูงสุดของกราฟที่ทำให้ตัวอย่างหรืออาหารแตกในช่วงการกดหรือการเคี้ยวครั้งที่ 1 มีหน่วยเป็นนิวตัน [6] ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการอบกรอบมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีค่าความแตกเปราะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้เวลาการอบกรอบนานขึ้นจะมีผลทำให้น้ำที่มีในผลิตภัณฑ์ถูกไล่ออกจากอาหารได้มาก ประกอบกับการใช้อุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง จะช่วยเร่งอัตราการระเหยของไอน้ำได้เร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดแรงดันไอน้ำสูงขึ้น อาหารจึงขยายตัวได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shilton *et.al.*[7] ที่ใช้อุณหภูมิในการพัฟฟิงมันฝรั่งระหว่าง 120-130 ^{o}ซ. เป็นเวลา 90-270 วินาที พบว่าการพัฟฟิงมันฝรั่งที่อุณหภูมิสูง 130 ^{o}ซ. เป็นเวลา 90 วินาที จะให้อัตราการขยายตัวประมาณ 1.22 เท่า และเมื่อเพิ่มเวลาในการพัฟฟิงเป็น 270 วินาที จะส่งผลต่ออัตราการขยายตัวเป็น 1.37 เท่าเช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Nath *et.al*. [8] ที่ทำการพัฟฟิงมันฝรั่งพร้อมบริโภคโดยใช้อุณหภูมิพัฟฟิงระหว่าง 175-275 ^{o}ซ. เป็นเวลา 15-75 วินาที พบว่าอุณหภูมิพัฟฟิงที่เพิ่มสูงขึ้น และเวลาที่นานขึ้น จะมีแนวโน้มของการขยายตัวในชิ้นอาหารเพิ่มขึ้น การขยายตัวของชิ้นอาหารทำให้เกิดรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ที่ทำให้น้ำถูกไล่ออกจากผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง ดังนั้นค่าความแตกเปราะที่วัดได้จึงมีค่าลดลงตามระยะเวลาการอบกรอบที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน วิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีด้านร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีด้านร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 ^{o}ซ โดยใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน

เวลาที่ใช้ในการอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน (วินาที)	ร้อยละปริมาณความชื้น	ปริมาณน้ำอิสระ
60	7.95 ± 0.074 ^{a}	0.37 ± 0.00 ^{a}
90	7.30 ± 0.10 ^{b}	0.32 ± 0.01 ^{b}
120	7.17 ± 0.19 ^{b}	0.34 ± 0.01 ^{b}
150	6.16 ± 0.11 ^{c}	0.31 ± 0.00 ^{c}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ด้านร้อยละปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) พบว่าค่าที่ได้มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ การเพิ่มเวลาในการอบกรอบมากขึ้นจะมีผลทำให้ร้อยละปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการใช้อุณหภูมิในการอบกรอบสูง จะเป็นการช่วยเร่งอัตราการระเหยของไอน้ำได้เร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดแรงดันไอน้ำที่สูง ผลิตภัณฑ์จึงเกิดการขยายตัวได้มากทำให้เกิดรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ น้ำจึงระเหยออกจากตัวผลิตภัณฑ์ได้มาก การใช้เวลาในการอบกรอบสั้นมาก จะทำให้อาหารเกิดการพองตัวได้น้อย น้ำที่อยู่ในตัวผลิตภัณฑ์จึงระเหยออกมาได้น้อย ในขณะที่การใช้เวลาการอบกรอบที่นานกว่าจะทำให้น้ำระเหยออกมาได้มากกว่าซึ่งจะมีผลทำให้ค่าร้อยละปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระลดลง

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนมาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิม โดยใช้วิธีการทดสอบโดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9- Point Hedonic Scale Test) ได้ผลดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าการเพิ่มเวลาในการอบกรอบนานขึ้น คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นสับปะรดและรสชาติลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการอบกรอบผลิตภัณฑ์โดยใช้เวลาที่นานขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแผ่นมีความกรอบมากแต่จะมีสีที่คล้ำมากขึ้น กลิ่นสับปะรดจางลง และรสชาติผลิตภัณฑ์มีรสชาติขมเล็กน้อย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการอบกรอบ 150 วินาที ส่วนลักษณะปรากฏในเรื่องของความแห้งจะให้ผลคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางกายภาพ เคมีประกอบกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ จึงทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบกรอบที่เวลา 120 วินาที ที่มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 3 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นกรอบอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 ^{o}ซ โดยใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน

เวลาที่ใช้ในการอบกรอบด้วยหม้ออบลมร้อน (วินาที)	ลักษณะปรากฏ (ความแห้ง)	สี	กลิ่นสับปะรด	รสชาติ	เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	ความชอบรวม
60	6.97 ± 1.69^{ns}	7.40 ± 1.00^{a}	6.83 ± 0.99^{a}	6.87 ± 0.90^{a}	6.10 ± 1.35^{b}	6.57 ± 0.90^{b}
90	6.60 ± 1.57^{ns}	7.00 ± 1.37^{ab}	6.73 ± 1.14^{a}	6.60 ± 1.10^{a}	5.43 ± 1.61^{c}	6.50 ± 0.94^{b}
120	7.20 ± 1.24^{ns}	6.50 ± 1.17^{b}	7.00 ± 1.11^{a}	6.90 ± 1.24^{a}	7.13 ± 1.14^{a}	7.03 ± 1.00^{a}
150	6.60 ± 1.69^{ns}	5.33 ± 1.35^{c}	6.27 ± 1.23^{b}	5.93 ± 1.55^{b}	7.13 ± 1.14^{a}	6.30 ± 1.15^{b}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)
^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

2. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดอบกรอบภายหลังการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน

ผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นกรอบที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 จะถูกเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้องและ 4 ^{o}ซ จนครบ 28 วัน ทำการประเมินคุณภาพทางกายภาพด้านสีและค่าความแตกเปราะพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}ซ จะมีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นที่มากกว่าค่า L^* และ b^* ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{o}ซ จะมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องจะมีแนวโน้มของค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าความแตกเปราะของผลิตภัณฑ์ทั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 ^{o}ซ ยังมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4) สำหรับคุณภาพทางเคมีด้านร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4 ^{o}ซ

ต่างมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน (ตารางที่ 5) จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{o}ซ ให้ผลของคุณภาพการเก็บรักษาด้านกายภาพและเคมีที่มีแนวโน้มดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิแช่เย็นจะเป็นวิธีที่ช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกริยาทางชีวเคมีและการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์ และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการน้อย [9] ผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดอบกรอบที่เก็บรักษาทั้งสองสภาวะการเก็บรักษามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณราน้อยกว่า 1×10^{2} และ 1 x10 CFU/g (ข้อมูลไม่ได้แสดงในผลการทดลอง) ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนดด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541) [10] ดังนั้นจึงมีความปลอดภัยในการบริโภค ในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแห้ง สี กลิ่นสับปะรด ความกรอบ และความชอบรวมที่ทั้งสองสภาวะการเก็บรักษา (ตารางที่ 6 และ 7) จะมีแนวโน้มของค่าคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นแต่อย่างไรก็ตามคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดอบกรอบด้วยหม้อลมร้อนยังคงมีค่าอยู่ในระดับความชอบปานกลาง

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพด้านสีและเนื้อสัมผัส (ความแตกเปราะ) ของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นกรอบที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 ^{O}ซ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	อุณหภูมิห้อง				อุณหภูมิ 4 ^{O}ซ			
	ค่าสี			ค่าความแตกเปราะ (N)	ค่าสี			ค่าความแตกเปราะ(N)
	L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*	
0	65.29 ± 0.84^{a}	9.84 ± 0.61^{c}	40.36 ± 4.01^{ns}	4.59 ± 1.43^{a}	55.34 ± 1.05^{b}	14.75 ± 0.85^{ns}	38.48 ± 2.04^{b}	5.38 ± 0.83^{a}
7	61.56 ± 1.48^{b}	12.04 ± 1.49^{b}	43.06 ± 2.35^{ns}	4.55 ± 0.84^{a}	59.84 ± 1.69^{a}	13.90 ± 1.02^{ns}	44.55 ± 1.23^{a}	4.64 ± 0.92^{ab}
14	59.25 ± 0.92^{c}	13.48 ± 0.72^{ab}	43.94 ± 0.89^{ns}	2.67 ± 0.77^{b}	60.93 ± 0.91^{a}	14.71 ± 1.19^{ns}	43.02 ± 2.83^{a}	3.90 ± 0.71^{b}
21	60.03 ± 0.27^{bc}	13.79 ± 0.26^{ab}	44.11 ± 0.13^{ns}	3.05 ± 0.91^{b}	60.08 ± 0.35^{a}	14.86 ± 0.13^{ns}	43.68 ± 0.72^{a}	3.36 ± 0.67^{b}
28	59.51 ± 1.18^{c}	14.23 ± 1.03^{a}	43.58 ± 0.09^{ns}	3.60 ± 0.42^{ab}	61.33 ± 0.96^{a}	14.52 ± 0.96^{ns}	44.81 ± 0.20^{a}	4.15 ± 1.30^{ab}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมีร้อยละปริมาณความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นกรอบที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 ^{O}ซ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	อุณหภูมิห้อง		อุณหภูมิ 4 ^{O}ซ	
	ร้อยละปริมาณความชื้น	ค่าปริมาณน้ำอิสระ	ร้อยละปริมาณความชื้น	ค่าปริมาณน้ำอิสระ
0	7.89 ± 0.69^{a}	0.32 ± 0.01^{abc}	8.05 ± 0.43^{ab}	0.37 ± 0.02^{a}
7	7.61 ± 0.49^{ab}	0.31 ± 0.01^{bc}	8.53 ± 0.30^{a}	0.33 ± 0.02^{b}
14	7.28 ± 0.58^{ab}	0.30 ± 0.02^{c}	8.15 ± 0.89^{ab}	0.32 ± 0.00^{b}
21	6.90 ± 0.03^{ab}	0.34 ± 0.01^{a}	7.81 ± 0.07^{ab}	0.32 ± 0.02^{b}
28	6.44 ± 0.47^{b}	0.34 ± 0.01^{ab}	7.23 ± 0.15^{b}	0.32 ± 0.01^{b}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นกรอบที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	7	14	21	28
ลักษณะปรากฏ (ความแห้ง)	7.25 ± 0.97^{ns}	6.95 ± 1.0^{ns}	6.70 ± 1.13^{ns}	6.85 ± 1.14^{ns}	6.80 ± 0.83^{ns}
สี	7.25 ± 0.91^{a}	6.65 ± 0.88^{b}	6.60 ± 0.82^{b}	6.55 ± 1.19^{b}	6.50 ± 0.95^{b}
กลิ่นสับปะรด	7.10 ± 0.85^{ns}	6.80 ± 1.15^{ns}	6.75 ± 1.02^{ns}	6.70 ± 0.87^{ns}	6.45 ± 0.85^{ns}
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	7.60 ± 0.75^{ns}	7.50 ± 0.89^{ns}	7.35 ± 1.04^{ns}	7.35 ± 0.67^{ns}	7.35 ± 0.81^{ns}
ความชอบรวม	7.65 ± 0.59^{a}	7.00 ± 0.73^{b}	7.15 ± 1.04^{ab}	6.90 ± 0.91^{b}	6.75 ± 0.96^{b}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมสับปะรดแผ่นกรอบที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{O}ซ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	7	14	21	28
ลักษณะปรากฏ (ความแห้ง)	6.89 ± 0.74^{b}	7.58 ± 0.51^{a}	6.75 ± 0.79^{bc}	6.10 ± 1.33^{d}	6.37 ± 0.83^{cd}
สี	6.53 ± 1.07^{bc}	6.95 ± 0.85^{b}	6.30 ± 0.87^{c}	6.15 ± 1.31^{c}	7.47 ± 0.61^{a}
กลิ่นสับปะรด	6.95 ± 0.71^{ns}	6.74 ± 1.24^{ns}	6.70 ± 0.87^{ns}	6.55 ± 0.76^{ns}	6.47 ± 0.91^{ns}
เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)	7.26 ± 1.28^{ab}	7.37 ± 0.83^{ab}	7.70 ± 1.26^{a}	7.35 ± 0.93^{ab}	6.89 ± 1.10^{b}
ความชอบรวม	7.16 ± 0.96^{a}	7.05 ± 0.52^{a}	6.85 ± 0.81^{ab}	6.45 ± 0.89^{bc}	6.21 ± 0.79^{c}

หมายเหตุ $^{a\,b\,c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการวิจัย “Hands-on เรียนรู้ชุมชน ครูได้คิด เด็กได้ทำ” ประเภททุน L-HR ภายใต้ชื่อโครงการวิจัย “การพัฒนาขนมขบเคี้ยวแผ่นกรอบจากสับปะรดโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดร่วมกับหม้ออบลมร้อน” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] พรพรรณ ปัญญาภิรมย์. (2558). **ส่องตลาด Snack ไทยศึกขับเคี่ยวของขนมขบเคี้ยว**. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2559, จาก http://www.forbesthailand.com/news-detail.php?did=649.

[2] รุ่งทิวา กองเงิน และอุบลรัตน์ พรหมฟ้ง. (2557). **สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมของขนมขบเคี้ยวจากสับปะรด**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง.

[3] AOAC. (2000). **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arilington, Virginia

[4] นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[5] ชลลดา ไร่ขาม. (2556). **การพัฟฟิงกล้วยด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชั่น**. ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2558). **Texture Profile Analysis** .สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2558, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0987/texture-profile-analysis.

[7] Shilton, N.C., Bekhit, A.A. and Niranjan, K. (1998). “Optimisation of a dehydration process for potato cubes using an intermediate puffing step”, **Potato Research**. 41(3), 203-209.

[8] Nath, A., Chattopadhyay, P.K. and Majumdar G.C. (2007). “High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks: Process parameter optimization”, **Journal of Food Engineering**. 80(3), 770-780.

[9] เยาวภา สุวัตถิ. (2551). **การถนอมอาหาร.** สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2557, จาก https://www.gpo.or.th/rdi/html/preserve_food.html.

[10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารอุตสาหกรรม. (2541). **ขนมกรอบจากธัญชาติ**. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1534-2541. กระทรวงอุตสาหกรรม.