วารสาร มทร.อีสาน
ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ISSN 1906-215X

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า

Effect of Frying Temperature and Time on the Quality of Paprika Flavored Cassava Chips

พราวตา จันทโร[1*] เทพกัญญา หาญศีลวัตร[2] และปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์[3]

Received: April, 2017; Accepted: June, 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ นำมันสำปะหลังแผ่น (หนา 0.5 มิลลิเมตร) ที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 5 นาที มาทอดที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (140, 160 และ 180 ^{o}C) และเวลาในการทอด 3 ระดับ (2, 4 และ 6 นาที) ปรุงรสด้วยผงปาปริก้า และอบที่ 180 ^{o}C นาน 10 นาที วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการทอดส่งผลให้ปริมาณความชื้น ค่าวอเทอร์แอกติวิตี (a_w) ค่าความแข็ง (breaking force) และค่าความสว่าง (L^*) ลดลง แต่ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลทำให้คะแนนความชอบในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบลดลงด้วย โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบคือการทอดที่อุณหภูมิ 160 ^{o}C เป็นเวลา 2 นาที และมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในปริมาณร้อยละ 1.45, 1.44, 30.60, 2.04, 2.12 และ 62.35 ตามลำดับ

คำสำคัญ : มันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ; อุณหภูมิ; เวลา; การทอด

[1] *Faculty of Science and Technology, Surat Thani Rajabhat University*
[2] *Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University*
[3] *Faculty of Agriculture, Kasetsart University*
[*] *Corresponding Author E - mail Address: prawta.cha@gmail.com*

Abstract

This research was to develop cassava chips flavored with paprika. The objective was to study the effect of frying temperature and frying time on the qualities of cassava chips. Cassava slices (0.5 mm thick) were soaked in 1 % sodium bicarbonate solution for 5 min. Then, the cassava slices were fried at 3 levels of temperature (140, 160 and 180 ^{o}C) with frying time of 2, 4 and 6 min respectively. Finally, cassava chips were seasoned with paprika powder, followed by baking at 180 ^{o}C for 10 min. The chemical, physical and sensory qualities were investigated. The result revealed that increasing the frying temperature and time caused a decreased in moisture content, water activity (a_w), breaking force and lightness (L^*), but an increased in fat content of the product. In addition, the increase of frying temperature and time resulted in decreasing liking score of cassava chips. The optimum temperature and time for producing cassava chips was 160 ^{o}C for 2 min. The moisture content, protein, fat, fiber, ash and carbohydrate of paprika flavored cassava chips were 1.45, 1.44, 30.60, 2.04, 2.12 and 62.35 %, respectively.

Keywords: Cassava Chips; Temperature; Time; Frying

บทนำ

ประเทศไทยมีแนวโน้มการบริโภคขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้นในทุกปี ซึ่งมูลค่าของตลาดขนมขบเคี้ยวปี 2559 อยู่ที่ประมาณ 39,587 ล้านบาท โดยมูลค่าของตลาดขนมขบเคี้ยวเติบโตขึ้นร้อยละ 9.5 จากปี 2558 [1] เมื่อพิจารณาส่วนแบ่งตลาดของขนมขบเคี้ยวตามประเภทพบว่าเป็นขนมขึ้นรูปร้อยละ 35 มันฝรั่งร้อยละ 25 สาหร่ายร้อยละ 10 ถั่วร้อยละ 5 – 10 และปลาเส้นร้อยละ 5 – 10 [2] แต่เนื่องด้วยปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นมากของขนมขบเคี้ยวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 อีกทั้งการนำเข้าขนมขบเคี้ยวจากอินโดนีเซียและมาเลเซียซึ่งมีราคาถูก และกำลังซื้อของผู้บริโภคที่อาจลดลงจากค่าครองชีพที่สูงขึ้น การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์เพื่อลดต้นทุนการผลิตจึงเป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ที่ผู้ผลิตนำมาใช้ในการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดได้

อุตสาหกรรมผลิตมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอาหารว่างประเภทขนมขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และมีความต้องการมันฝรั่งเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตประมาณปีละ 124,100 ตัน [3] เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตขนมขบเคี้ยวระหว่างมันฝรั่งและมันสำปะหลัง พบว่ามันสำปะหลังมีราคาถูกกว่ามันฝรั่งมากกว่า 10 เท่า [4] - [5] ดังนั้นหากสามารถนำมันสำปะหลังสดมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนมันฝรั่งสดในการผลิตขนมขบเคี้ยวประเภทมันฝรั่งแผ่น ซึ่งมีมูลค่าส่วนแบ่งตลาดเป็นอันดับสองในตลาดขนมขบเคี้ยว จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่มันสำปะหลังของไทยซึ่งยังมีการบริโภคเพียงเล็กน้อย

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* (L.) Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจของไทยที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ จัดเป็นวัตถุดิบแป้งที่มีราคาถูกกว่าพืชผลิตแป้งชนิดอื่น ๆ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ทำให้เกิดภูมิแพ้ จึงมีการนำแป้งมันสำปะหลังไปแปรรูปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมยา อาหาร เครื่องสำอาง และเคมีภัณฑ์ [6] มันสำปะหลังที่ประเทศไทยผลิตส่วนมากใช้เป็นวัตถุดิบส่งให้โรงงานทำแป้งมัน สาคู และอาหารสัตว์โดยทำเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ด และใช้บริโภคเป็นอาหารเพียงเล็กน้อย ราคามันสำปะหลังที่เกษตรกรขายได้สอดคล้องกับปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละปี โดยในปีที่มีผลผลิตออกมามาก ราคามักจะอยู่ในระดับต่ำและในปีที่ผลผลิตน้อยราคาจะปรับตัวขึ้น สำหรับผลผลิตมันสำปะหลังของไทยในปี 2559 – 2560 เริ่มออกสู่ตลาดตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559 – กันยายน 2560 คาดว่ามีพื้นที่เก็บเกี่ยว 8.64 ล้านไร่ ผลผลิต 31.19 ล้านตัน และราคาหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยกิโลกรัมละ 1.33 บาท [4]

ผู้วิจัยได้มองเห็นถึงความสำคัญของมันสำปะหลัง และเกิดแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ โดยการใช้มันสำปะหลังสดที่ประกอบด้วย โปรตีน เส้นใย เถ้า และไขมัน ผ่านการแปรรูปโดยการทอดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ประเภทมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบมีจำหน่ายอยู่บ้างแล้วในท้องตลาดในรูปของผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) แต่ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบที่วางจำหน่ายในขณะนี้มีลักษณะแข็ง ซึ่งการวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปและพัฒนามันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบยังมีน้อยมาก [7] – [8] โดยงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปและพัฒนามันฝรั่งแผ่นทอดกรอบ [9] – [13] แครอท [14] และผลิตภัณฑ์ธัญชาติ [15] ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อคุณภาพของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า ซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาอุณหภูมิในการทอดที่ 140, 160 และ 180 °C เนื่องจากการทอดมันฝรั่งแผ่นโดยปกติแล้วจะทอดในน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 150 – 190 °C [11] และใช้ผงปรุงรสปาปริก้าซึ่งปกติจะใช้ในการโรยหรือเคลือบลงบนอาหารหลายชนิด เช่น มันฝรั่งเกลียว มันฝรั่งทอด กล้วยฉาบ มันทอด ข้าวเกรียบ หรือขนมต่าง ๆ เพื่อปรุงรสเพิ่มกลิ่นและสีให้กับผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

มันสำปะหลัง (ชนิดหวาน) ปอกเปลือก ล้าง หั่นเป็นแผ่นวงกลมบางตามแนวขวาง (หนา 0.5 มิลลิเมตร) แช่ในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 5 นาที นำขึ้นมาสะเด็ดน้ำทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180 °C (อัตราส่วนมันสำปะหลังแผ่นสด : น้ำมัน = 1 : 20) เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที โดยจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล (3 × 3) ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) นำมันสำปะหลังแผ่นที่ทอดแล้วมาปรุงรสปาปริก้า (i-chef, ไทย) (ผงปาปริก้า 20 กรัม ต่อมันสำปะหลังแผ่นทอด 1 กิโลกรัม) อบไล่ความชื้นสุดท้ายที่อุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งให้เย็น บรรจุถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนก่อนนำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสภายใน 1 สัปดาห์

1. **การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านเคมี**

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบโดยใช้วิธีการของ AOAC [16]

2. **การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านกายภาพ**

ค่าวอเทอร์แอกติวิตี (a_w) : บดตัวอย่างมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบให้มีขนาดเล็ก ใส่ในถ้วยและนำลงในเครื่องวัดวอเทอร์แอกติวิตี (รุ่น CH-8303, Rotronic, Switzerland) รอจนกระทั่งค่า a_w ที่เครื่องคงที่ และบันทึกค่าที่ได้ โดยวัดค่า 3 ครั้ง ในการทดลอง 1 ซ้ำ

ความหนาแน่นโดยรวม (bulk density) : นำแผ่นมันสำปะหลังทอดกรอบมา 1 แผ่น ชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง วัดปริมาตรมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบโดยการแทนที่งา และคำนวณความหนาแน่นโดยรวม โดยวัดค่า 10 ครั้ง ในการทดลอง 1 ซ้ำ

ค่าสี (L^*, a^* และ b^*) โดยใช้เครื่องวัดสี (รุ่น CR-400, Konica Minolta, Japan) : เลือกโปรแกรม Hunter Lab (L^*, a^*, b^*), illuminate = D65 และ observer = 10^o ก่อนวัดค่าสีทำการปรับมาตรฐานสีโดยใช้แผ่นเทียบสีขาวมาตรฐาน จากนั้นนำตัวอย่างไปวางในตำแหน่งที่วัดค่าสี ค่าที่วัดได้เป็น L^*, a^* และ b^* โดยวัดค่า 10 ครั้ง ในการทดลอง 1 ซ้ำ

ค่าความแข็ง : วัดค่าความแข็ง (breaking force) ด้วยเครื่อง texture analyzer (รุ่น CT3, Brookfield, German) โดยใช้หัวตัด knife edge (60 มิลลิเมตร) ตัดตัวอย่างให้ขาด ความเร็วของหัวตัด 0.5 มิลลิเมตร/วินาที (ความเร็วก่อนวัดและหลังวัดเท่ากับ 1 และ 5 มิลลิเมตร/วินาที) บันทึกค่า breaking force หน่วยเป็นนิวตัน โดยวัดค่า 10 ครั้ง ในการทดลอง 1 ซ้ำ

3. **การวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส**

ทำการประเมินการยอมรับ (affective test) ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบกลุ่มนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีซึ่งโดยปกติบริโภคขนมขบเคี้ยวจำนวน 30 คน ทำการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏโดยรวม ความกรอบ กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (RCBD)

4. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Version 21)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาสภาวะในการทอดมันสำปะหลังแผ่น โดยการทอดมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180 ^oC ที่ระยะเวลา 2, 4 และ 6 นาที ส่งผลต่อคุณภาพของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบในด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส ดังนี้

1. **ด้านเคมี**

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดมันสำปะหลังแผ่นต่อปริมาณความชื้นในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ แสดงดังตารางที่ 1 เมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นที่เวลาการทอดเท่ากันส่งผลให้ปริมาณความชื้นในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทอดจาก 140 °C เป็น 180 °C ที่เวลาในการทอด 2 นาที ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 1.68 เป็นร้อยละ 1.18 เช่นเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของเวลาในการทอดที่อุณหภูมิเท่ากัน ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการทอดที่อุณหภูมิ 140 °C เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที เป็น 6 นาที ส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 1.68 เป็นร้อยละ 1.43 (ตารางที่ 1) ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมันทอดได้กำหนดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกินร้อยละ 6 ดังนั้นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบที่ได้จากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมันทอด (มผช. 110/2546) [17]

ตารางที่ 1 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อปริมาณความชื้น ค่าวอเทอร์แอกติวิตี (a_w) และปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	ปริมาณความชื้น (%)	ค่า a_w	ปริมาณไขมัน (%)
140	2	1.68 ± 0.16^{ab}	0.38 ± 0.01^{a}	30.93 ± 0.58^{cd}
	4	1.78 ± 0.10^{a}	0.35 ± 0.03^{ab}	34.51 ± 0.40^{a}
	6	1.43 ± 0.15^{bcd}	0.33 ± 0.02^{ab}	34.05 ± 1.48^{ab}
160	2	1.45 ± 0.21^{bc}	0.30 ± 0.06^{ab}	30.60 ± 0.57^{d}
	4	1.24 ± 0.12^{cde}	0.28 ± 0.06^{ab}	32.98 ± 1.12^{abcd}
	6	1.20 ± 0.07^{cde}	0.27 ± 0.06^{b}	34.73 ± 1.16^{a}
180	2	1.18 ± 0.12^{de}	0.32 ± 0.06^{ab}	31.71 ± 0.82^{bcd}
	4	1.03 ± 0.20^{e}	0.30 ± 0.06^{ab}	33.34 ± 1.12^{abc}
	6	0.97 ± 0.09^{e}	0.29 ± 0.09^{ab}	34.81 ± 1.19^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าวอเทอร์แอกติวิตี (a_w) ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบแสดงในตารางที่ 1 ซึ่ง a_w เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหาร เพราะความชื้นในอาหารและค่า a_w จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้า ๆ และมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้นซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสีย [18] ค่า a_w มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณความชื้น การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการทอดส่งผลให้ปริมาณความชื้นและค่า a_w ลดลง เนื่องจากเมื่อวางแผ่นมันสำปะหลังลงในน้ำมันร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของแผ่นมันสำปะหลังจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

และน้ำเกิดการระเหยกลายเป็นไอผิวหน้าจึงเริ่มแห้ง อุณหภูมิที่ผิวมันสำปะหลังแผ่นจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันร้อน และอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ถึง 100 °C เปลือกนอกมันสำปะหลังแผ่นมีลักษณะเป็นรูพรุน น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากรูพรุนและถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอด โดยความชื้นจะเคลื่อนที่ผ่านผิวมันสำปะหลังแผ่นและฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมัน [19] ปริมาณความชื้นในชิ้นอาหารภายหลังการทอดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาหรืออายุในการวางจำหน่าย โดยอาหารที่มีปริมาณน้ำเหลืออยู่ภายในชิ้นอาหารมากจะมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำและน้ำมันเกิดขึ้นภายในชิ้นอาหารระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งระยะเวลาในการเก็บจะขึ้นอยู่กับภาชนะบรรจุและสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษาด้วย [20]

ปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบทอดที่อุณหภูมิ 140, 160 และ 180 °C เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า เวลาในการทอดมีผลต่อปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ ซึ่งเมื่อทอดที่อุณหภูมิเดียวกันการเพิ่มเวลาในการทอดส่งผลให้ปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้น โดยการทอดที่อุณหภูมิ 140 °C เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที เป็น 6 นาที ทำให้ปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30.93 เป็นร้อยละ 34.05 สำหรับการทอดที่อุณหภูมิ 160 °C เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที เป็น 6 นาที ทำให้ปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30.60 เป็นร้อยละ 34.73 และการทอดที่อุณหภูมิ 180 °C เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที เป็น 6 นาที ทำให้ปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 31.71 เป็นร้อยละ 34.81 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่พบในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบโดยการเพิ่มเวลาในการทอดส่งผลให้ปริมาณไขมันในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้น [9] – [10] ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดไม่ทำให้ปริมาณไขมันแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geqslant 0.05$) แม้ว่าโดยทั่วไปการทอดที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้มีการดูดซับน้ำมันในอาหารมากกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากน้ำจะมีการระเหยมากกว่าและน้ำมันจะเข้าไปแทนที่น้ำในเวลาเดียวกัน ในบางกรณีการที่อุณหภูมิการทอดเพิ่มขึ้นก็ไม่ส่งผลต่อการดูดซับน้ำมัน และการทอดที่ใช้เวลาน้อยจะมีการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าการทอดที่ใช้เวลานาน [19] อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบในงานวิจัยนี้มีปริมาณไขมันประมาณร้อยละ 30 – 35 ซึ่งยังคงน้อยกว่าที่พบในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบในท้องตลาดซึ่งมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 30 – 40 [21] – [22] นอกจากนี้ยังเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบโดยพบว่าปริมาณไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำลดลงซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของไขมันเข้าไปแทนที่น้ำในระหว่างการทอด

องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต จากการทดลองพบว่าสภาวะในการทอดที่อุณหภูมิและเวลาในการทอดต่างกันไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีน เยื่อใย และเถ้าแตกต่างกัน (ไม่แสดงข้อมูล) แต่มีผลต่อปริมาณไขมันและความชื้น กล่าวคือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการทอดส่งผลให้ปริมาณไขมันในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลง โดยมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบมีความชื้นร้อยละ 0.97 – 1.78 โปรตีนร้อยละ 1.29 – 1.82 ไขมันร้อยละ 30.60 – 34.87 เยื่อใยร้อยละ 1.86 – 2.20 เถ้าร้อยละ 2.09 – 3.04 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 57.94 – 62.35 อย่างไรก็ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมันทอดไม่ได้มีข้อกำหนดในด้านองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยได้กำหนดแค่ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกินร้อยละ 6 (มผช. 110/2546) [17]

2. ด้านกายภาพ

ความหนาแน่นคืออัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของผลิตภัณฑ์ เป็นดัชนีที่บอกถึงการพองตัวหรือรูพรุนในเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีความหนาแน่นต่ำจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบ ผลของอุณหภูมิในการทอดต่อความหนาแน่นของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบแสดงดังตารางที่ 2 การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดที่เวลาในการทอดเท่ากัน ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบหลังทอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นจาก 140 °C เป็น 180 °C ที่เวลาการทอด 2 นาที ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจาก 0.93 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็น 1.25 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของเวลาในการทอดที่อุณหภูมิเท่ากันโดยที่อุณหภูมิการทอด 140 °C การเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที เป็น 6 นาที ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจาก 0.93 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็น 1.04 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ยกเว้นที่อุณหภูมิ 160 °C ความหนาแน่นของมันสำปะหลังไม่ต่างกันทางสถิติ)

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อความหนาแน่นและค่าความแข็งของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าความแข็ง (N)
140	2	0.93 ± 0.04^{c}	515.80 ± 8.25^{a}
	4	1.01 ±0.13^{bc}	480.42 ± 41.79^{a}
	6	1.04 ± 0.07^{bc}	495.00 ± 36.35^{a}
160	2	1.07 ± 0.20^{bc}	411.00 ± 39.69^{b}
	4	1.10 ± 0.24^{bc}	361.57 ± 18.83^{bc}
	6	1.01 ± 0.14^{bc}	358.77 ± 28.06^{bc}
180	2	1.25 ± 0.14^{ab}	365.16 ± 23.42^{bc}
	4	1.11 ± 0.04^{bc}	357.13 ± 10.51^{bc}
	6	1.42 ± 0.07^{a}	339.73 ± 53.10^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบถูกวัดในรูปของค่า breaking force ซึ่งหมายถึงแรงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบแตก ผลของอุณหภูมิในการทอดต่อค่า breaking force ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดโดยที่เวลาในการทอดเท่ากันส่งผลให้ค่าความแข็งในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งที่เวลาในการทอด 2 นาที เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทอดจาก 140 °C เป็น 180 °C ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงจาก 515.80 นิวตัน เป็น 365.16 นิวตัน (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของเวลาในการทอดที่อุณหภูมิเท่ากันส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

($p \geqslant 0.05$) โดยที่อุณหภูมิในการทอด 140 °C เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที เป็น 6 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงจาก 515.80 นิวตัน เป็น 495.00 นิวตัน (ตารางที่ 2) การทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้นส่งผลให้ค่า breaking force ลดลง เนื่องจากเกิดการพองตัวของมันสำปะหลังอันเป็นผลมาจากความร้อนและความดันในระหว่างการทอด โดยความร้อนส่งผลให้แป้งเกิดการสุก (Gelatinization) และไอน้ำในมันสำปะหลังทำให้เกิดการขยายตัวของช่องว่างหรือรูพรุนในแผ่นมันสำปะหลังทำให้เกิดการพองตัว ซึ่งในช่วงการพองตัวน้ำจะระเหยออกไป [23] นอกจากนี้ในระหว่างการทอดโครงสร้างของมันสำปะหลังเกิดการแปลงเปลี่ยน กล่าวคือโครงสร้างเปราะบางลงจึงส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Garcia-Segovia, P. et al. [8] ซึ่งรายงานว่าการใช้อุณหภูมิในการทอดสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของมันสำปะหลังแผ่นลดลงเช่นกัน นอกจากนี้การวิจัยในมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบรายงานว่าการเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที จนถึง 6 นาที ส่งผลให้ค่า breaking force เพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้เวลาในการทอดมากกว่า 6 นาที จะทำให้ค่า breaking force ลดลง [9]

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าสี (L^*, a^* และ b^*) ในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าอุณหภูมิและเวลามีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ความเป็นสีแดง (a^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบ การเพิ่มอุณหภูมิในการทอด ณ เวลาการทอดที่เท่ากันส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่เวลาในการทอด 2 นาที เมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นจาก 140 °C เป็น 180 °C ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบลดลงจาก 62.72 เป็น 55.05 (ตารางที่ 3) นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการทอดยังส่งผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเพิ่มขึ้นด้วย โดยที่เวลาในการทอด 2 นาที เมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นจาก 140 °C เป็น 180 °C ส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นจาก 0.34 เป็น 2.27 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิในการทอดส่งผลให้ค่า L^* ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garcia-Segovia, P. et al. [8] สำหรับการเพิ่มขึ้นของเวลาในการทอดต่อค่าสีของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการทอด กล่าวคือเมื่อเวลาในการทอดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างลดลง (L^*) แต่ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น (a^*) ดังเช่นการทอดมันสำปะหลังแผ่นที่อุณหภูมิ 140 °C เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 2 นาที ไปเป็น 6 นาที ทำให้ค่า L^* ลดลงจาก 62.72 เป็น 56.91 แต่ค่า a^* เพิ่มขึ้นจาก 0.34 เป็น 2.35 เป็นต้น ค่า L^*, a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์ควรเป็นเท่าไรขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ สำหรับกรณีของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบพบว่าค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคสูงขึ้นเมื่อค่า L^* เพิ่มขึ้น ค่า a^* และ b^* ลดลง (ตารางที่ 3 และ 4) เมื่ออาหารทุกชนิดได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำ มีการสลายตัว และมีการรวมตัวกันของหมู่อะมิโนกับสารประกอบรีดิวซิง พัฒนาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนมีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและน้ำตาลแดง เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน หรือโปรตีน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีนและจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล [18] เมื่อองค์ประกอบของมันสำปะหลังแผ่นสดมีน้ำตาลและโปรตีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจึงเกิดการเปลี่ยนสีจากขาวไปเป็นเหลืองในระหว่างการทอด ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของอาหารแต่ละชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีทั้งสี กลิ่นและรสชาติเกิดขึ้นแตกต่างกัน

อีกทั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง และจะผันแปรตามระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ การทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราเร็วของปฏิกิริยาเมลลาร์ดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราเร็วของปฏิกิริยานี้จะเพิ่มขึ้นเป็นสองถึงสามเท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 10 °C [18]

ตารางที่ 3 ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดต่อค่าสี (L^*, a^* และ b^*) ของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	L^*	a^*	b^*
140	2	62.72 ± 1.77^{a}	0.34 ± 0.08^{d}	17.54 ± 0.77^{ab}
	4	59.40 ± 0.42^{b}	1.92 ± 0.19^{bc}	18.04 ± 1.11^{a}
	6	56.91 ± 0.30^{c}	2.35 ± 0.55^{b}	17.08 ± 0.57^{ab}
160	2	57.77 ± 0.51^{c}	1.63 ± 0.77^{c}	16.20 ± 0.84^{bc}
	4	55.16 ± 0.26^{d}	2.30 ± 0.26^{b}	18.35 ± 0.89^{a}
	6	54.80 ± 0.86^{d}	3.12 ± 0.48^{a}	17.57 ± 0.36^{ab}
180	2	55.05 ± 0.49^{d}	2.27 ± 0.55^{bc}	17.27 ± 1.61^{ab}
	4	56.41 ± 1.44^{cd}	2.17 ± 0.36^{bc}	15.19 ± 1.01^{c}
	6	53.03 ± 0.33^{e}	3.55 ± 0.20^{a}	13.23 ± 0.31^{d}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3. **ด้านประสาทสัมผัส**

คะแนนความชอบของผู้ทดสอบต่อมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบในด้านลักษณะปรากฏโดยรวม ความกรอบ กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า เมื่อเวลาในการทอดเท่ากันการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการทอดส่งผลให้คะแนนความชอบในมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบมีแนวโน้มลดลง โดยการเพิ่มของอุณหภูมิและเวลาในการทอดส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏโดยรวมลดลงเนื่องจากสีของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบที่เข้มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความกรอบ สำหรับในด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการทอดส่งผลให้คะแนนความชอบลดลงอาจเนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการทอดส่งผลให้มันสำปะหลังแผ่นมีกลิ่นรสและรสชาติที่เข้มขึ้น ซึ่งคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏโดยรวมอยู่ในช่วง 5.78 – 7.64 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก) คะแนนความชอบด้านความกรอบอยู่ในช่วง 7.06 – 7.64 (ชอบปานกลางถึงชอบมาก) คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 6.12 – 7.34 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) คะแนนความชอบด้านรสชาติอยู่ในช่วง 6.30 – 7.40 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) และคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.44 – 7.46 (ชอบปานกลาง)

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบปรุงรสปาปริก้า

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	ลักษณะปรากฏโดยรวม	ความกรอบ^{ns}	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
140	2	7.64 ± 1.09^{a}	7.24 ± 1.31	7.34 ± 1.15^{a}	7.18 ± 1.50^{a}	7.44 ± 1.19^{a}
	4	7.46 ± 0.93^{ab}	7.40 ± 1.51	6.98 ± 1.54^{ab}	7.40 ± 0.98^{a}	7.62 ± 1.06^{a}
	6	7.20 ± 0.98^{abc}	7.14 ± 1.49	7.12 ± 1.23^{a}	7.32 ± 1.25^{a}	7.32 ± 1.30^{a}
160	2	6.96 ± 1.53^{bcd}	7.32 ± 1.28	6.92 ± 1.41^{ab}	6.84 ± 1.58^{abc}	7.18 ± 1.28^{ab}
	4	6.72 ± 1.41^{cd}	7.42 ± 1.19	6.82 ± 1.32^{ab}	7.02 ± 1.33^{ab}	7.14 ± 1.12^{ab}
	6	6.44 ± 1.21^{d}	7.64 ± 1.25	7.10 ± 1.12^{a}	7.40 ± 1.21^{a}	7.46 ± 1.03^{a}
180	2	6.50 ± 1.47^{d}	7.14 ± 1.44	6.42 ± 1.32^{bc}	6.56 ± 1.57^{bc}	6.72 ± 1.45^{bc}
	4	6.52 ± 1.51^{d}	7.36 ± 1.42	7.02 ± 1.25^{a}	6.34 ± 1.28^{c}	6.44 ± 1.14^{c}
	6	5.78 ± 1.28^{e}	7.06 ± 1.47	6.12 ± 1.58^{c}	6.30 ± 1.55^{c}	6.56 ± 1.34^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
ตัวอักษร ns ในคอลัมน์เดียวกันแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติ ($p \geqslant 0.05$)

สรุป

อุณหภูมิและเวลาในการทอดมีผลต่อคุณภาพทางด้านเคมี กล่าวคือ ปริมาณความชื้น และค่า a_w ลดลง เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ด้านกายภาพพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการทอดส่งผลให้ค่าสีด้านความสว่าง (L^*) ลดลง ผู้บริโภคชอบมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบซึ่งได้จากสภาวะการทอดที่อุณหภูมิ 140 °C และ 160 °C เป็นเวลา 2, 4 และ 6 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชอบมากกว่ามันสำปะหลังแผ่นซึ่งทอดที่อุณหภูมิ 180 °C แต่การทอดที่อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบลดลง โดยการทอดที่อุณหภูมิ 160 °C แม้จะเพิ่มเวลาการทอดจาก 2 นาที เป็น 4 นาที ก็ไม่ทำให้ค่าความแข็งแตกต่างกัน ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบคือการทอดที่อุณหภูมิ 160 °C เป็นเวลา 2 นาที เพราะให้มันสำปะหลังแผ่นทอดกรอบที่มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่าการทอดที่ 4 นาที

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีสำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย

References

[1] Food Intelligence Center Thailand. (2017). **Food Market Share in Thailand**. Access (26 May 2017). Available (http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=138) (in Thai)

[2] Marketeer. (2015). **Snack Market**. Access (2 May 2016). Available (http://www.marketeer.co.th) (in Thai)

[3] Srikanlayanukul, M., Cheunbarn, T., Cheunbarn, S., and Wongputtisin, P. (2012). **Production of Mold Culture Medium from Potato Chip Effluent**. Report. Maejo University. (in Thai)

[4] Office of Agricultural Economics. (2016). **Cassava**. Access (2 May 2016). Available (http://www.oae.go.th/ ewt_news.php?nid=21291&filename=news) (in Thai)

[5] Kasikorn Research Center. (2010). 'Tiger Year' Snacks: Intense Competition with World Cup, 9% Growth. Business Brief. **K-Econ Analysis**. Vol. 16, No. 2757, pp. 1-7 (in Thai)

[6] National Science and Technology Development Agency. (2011). **Ministry of Science and Technology**. Strategic Planning Alliance II: SPA II. Pathumthani (in Thai)

[7] Ahza, A. B., Fidiena, T. I., and Suryatman, S. (2015). Physical, Sensorial and Chemical Characteristics of Simulated Chips of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): Rice (*Oryza sativa* L.) mix. **Procedia Food Science**. Vol. 3, pp. 82-95

[8] Garcia-Segovia, P., Urbano-Ramos, A. M., Fiszman, S., and Martinez-Monzo, J. (2016). Effect of Processing Conditions on the Quality of Vacuum Fried Cassava Chips (*Manihot esculenta* Crantz). **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 69, pp. 515-521

[9] Su, Y., Zhang, W., Adhikari, B., and Yang, Z. (2016). Application of Novel Microwave-Assisted Vacuum Frying to Reduce the Oil Iptake and Improve the Quality of Potato Chips. **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 73, pp. 490-497

[10] Yu, L., Li, J., Ding, S., Hang, F., and Fan, L. (2016). Effect of Guar Gum with Glycerol Coating on the Properties and Oil Absorption of Fried Potato Chips. **Food Hydrocolloids**. Vol. 54, pp. 211-219

[11] Hua, X., Wang, K., Yang, R., Kang, J., and Yang, H. (2016). Edible Coatings from Sunflower Head Pectin to Reduce Lipid Uptake in Fried Potato Chips. **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 62, pp. 1220-1225

[12] Bouaziz, F., Koubaa, M., Neifar, M., Zouari-Ellouzi, S., Besbes, S., Chaari, F., Kamoun, A., Chaabouni, M., Chaabouni, S. E., and Ghorbel, R. E. (2016). Feasibility of Using Almond Gum as Coating Agent to Improve the Quality of Fried Potato Chips: Evaluation of Sensorial Properties. **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 65, pp. 800-807

[13] Pedreschi, F., Mariotti, S., Granby, K., and Risum, J. (2011). Acrylamide Reduction in Potato Chips by Using Commercial Asparaginase in Combination with Conventional Blanching. **LWT-Food Science and Technology**. Vol. 44, pp. 1473-1476

[14] Akdeniz, N., Sahin, S., and Sumnu, G. (2006). Functionality of Batters Containing Different Gums for Deep-Fat Frying of Carrot Slices. **Journal of Food Engineering**. Vol. 75, Issue 4, pp. 522-526. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.04.035

[15] Albert, S. and Mittal, G.S. (2002). Comparative Evaluation of Edible Coatings to Reduce Fat Uptake in a Deep-Fried Cereal Product. **Food Research International**. Vol. 35, No. 5, pp. 445-458. DOI: 10.1016/S0963-9969(01)00139-9

[16] Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2000). **Official Methods of Analysis**. 17th eds. Maryland : AOAC International Publishers

[17] Thai Industrial Standards Institute. (2005). **Thai Community Product Standards (TCPS110/2546)**

[18] Nithiya, R. (2010). **Food Chemistry**. Bangkok : O-dean Store (in Thai)

[19] Vilai, R. (2003). **Processing Technology**. 3rd eds. Bangkok: O-dean Store (in Thai)

[20] Rungnaphar, P. (2001). **Analysis of Frying Process on Snack Food Products**. Report. Kasetsart University (in Thai)

[21] Kita, A., Lisinska, G., and Gołubowska, G. (2007). The Effects of Oils and Frying Temperatures on the Texture and Fat Content of Potato Crisps. **Food Chemistry**. Vol. 102, No. 1, pp. 1-5. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.08.038

[22] Mazurek, S., Szostak, R., and Kita, A. (2016). Application of Infrared Reflection and Raman Spectroscopy for Quantitative Determination of Fat in Potato Chips. **Journal of Molecular Structure**. Vol. 1126, pp. 213-218