



ผลของความชื้นเริ่มต้นต่อคุณภาพทางกายภาพของฟักทองทอด

Effects of Initial Moisture Influencing the Physical Quality of Fried Pumpkins

ณัฐชนก ศศิโสภาส¹ พรรัตน์ สิ้นชัยพานิช^{*} ณัฐรา อ่อนน้อม¹ และ บุญเลิศ นารีไผ่²

¹หน่วยวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73107

²ห้องปฏิบัติการเคมีทางอาหาร สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73107

*E-mail: pornrat.sin@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลการอบแห้งฟักทองที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 135 นาที ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของฟักทองทอด ที่ทอดในน้ำมันปาล์มแบบท่วมอาหาร อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส พบว่าการอบแห้งนานขึ้นฟักทองจะมีความชื้นลดลง ($P < 0.05$) โดยมีความชื้นร้อยละ 67, 53, 40 และ 15 ตามลำดับ ส่วนฟักทองสดมีความชื้นร้อยละ 80 ผลการลดความชื้นของฟักทองพบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับเวลาทอดที่ลดลง ฟักทองสดใช้เวลาทอดนานสุดคือ 6-7 นาที ส่วนฟักทองอบแห้งก่อนทอดทุกตัวอย่างใช้เวลาทอดโดยประมาณ 20 วินาที ถึง 3 นาที ขึ้นกับความชื้นฟักทองเริ่มต้น นอกจากนี้ยังพบว่าการลดความชื้นเริ่มต้นของฟักทองมีผลต่อปริมาณการดูดซับไขมันในฟักทองทอดลดลง ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณไขมันที่ดูดซับในชิ้นฟักทองทอดร้อยละ 35, 30, 27 และ 19 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างควบคุมมีไขมันดูดซับมากที่สุดร้อยละ 46 ของน้ำหนักแห้ง การทำแห้งฟักทองทำให้เนื้อสัมผัสฟักทองทอดมีค่าความแข็ง (457-610 กรัม) มากกว่าตัวอย่างควบคุม (318 กรัม) ($P < 0.05$) และมีค่าความเปราะแตกต่างกันเล็กน้อย (2.1-4.4 มิลลิเมตร) ฟักทองทอดทุกตัวอย่างมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.42-0.50 และมีค่าความสว่างระหว่าง 25-30 ค่าสีแดง 6-8 และค่าสีเหลือง 9-18

คำสำคัญ: ฟักทองทอด การทำแห้ง คุณภาพทางกายภาพ การดูดซับไขมัน

Received: September 15, 2016

Revised: December 21, 2016

Accepted: December 27, 2016

Abstract

The study objective was conducted the effect of dried pumpkin at 60°C for 30, 60, 90 and 135 min on changing the physical quality of fried pumpkins which fried in deep palm oil at 140°C. Increasing drying time reduced the moisture content ($P < 0.05$) in pumpkin slice that were 67, 53, 40 and 15%, respectively. Whereas the moisture content in fresh pumpkin was 80%. The reduction of moisture in pumpkin slices well related the frying time decline. The fresh pumpkin indicated frying time slowest for about 6-7 minutes, and for all pre-dried pumpkin were about 20 seconds to 3 min depend on the moisture content in dried pumpkin. Moreover, the pre-dried pumpkin was also reduced ($P < 0.05$) the fat absorption in fried pumpkin snacks, and existed around 35, 30, 27 and 19 g/100 g dry basis, respectively. The highest fat absorption was control sample (46 g/100 g dry basis). Pre-dried pumpkin increased the hardness (457-610 g) of fried pumpkin and higher than control (318 g) ($P < 0.05$), and the fracturability value were slightly difference (2.1-4.4 mm). All fried pumpkins revealed the water activity about 0.42-0.50 and indicated L^* 25-30, a^* 6-8 and b^* 9-18, respectively.

Keywords: Fried pumpkin, Drying, Physical qualities, Fat absorption

1. บทนำ

ฟักทองเป็นพืชล้มลุกในสกุล *Cucurbita* และเป็นพืชที่ให้ผลผลิตทั้งปี [1, 2] ฟักทองมีเบต้าแคโรทีนสูงประมาณ 1-7 มิลลิกรัม/100 กรัม [3, 4] โดยร่างกายสามารถเปลี่ยนสารเบต้าแคโรทีนเป็นวิตามินเอ ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพได้แก่ การมีระบบภูมิคุ้มกันที่ดี ช่วยส่งเสริมกระดูกให้แข็งแรง และทำให้มองเห็นในที่มืดแสงสว่างน้อยได้ดี นอกจากนี้ฟักทองยังเป็นแหล่งที่ดีของสารแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งมีใยอาหารสูง [4, 5] ดังนั้นจึงมักนิยมนำฟักทองมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพหลากหลายชนิด โดยเฉพาะขนมขบเคี้ยว เช่น ฟักทองทอด ข้าวเกรียบฟักทอง ฯลฯ

การแปรรูปฟักทองทอดทั่วไป เริ่มต้นด้วยการเตรียมฟักทองให้มีขนาดชิ้นตามที่ต้องการ จากนั้นนำไปทอดในน้ำมันที่ร้อน กระทั่งขึ้น

ฟักทองกรอบหรือสังเกตจากสีฟักทองทอดจะมีสีเหลืองออกน้ำตาล ซึ่งอาหารทอดทั่วไปรวมทั้งฟักทองทอดมักมีปริมาณไขมันสูง เนื่องจากการดูดซับของน้ำมันภายในชิ้นอาหารระหว่างการทอด ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการดูดซับของน้ำมันในชิ้นอาหาร ได้แก่ ชนิดอาหาร อุณหภูมิและเวลาการทอด และวิธีการเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปทอด เช่น การทำแห้งหรือการลดปริมาณความชื้นของวัตถุดิบเริ่มต้นก่อนนำไปทอด การลวก และการลวกด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ [6, 7, 8, 9, 10] ปริมาณการดูดซับไขมันในอาหารทอดที่มากเกินไป อาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค และความเสี่ยงในการเกิดโรคไขมันในเส้นเลือด โรคอ้วน และโรคหลอดเลือดหัวใจและสมอง นอกจากนี้อาหารทอดที่มีไขมันสูงอาจทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารทอดมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์มี

กลั่นเหินเพราะการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ

มีรายงานผลของการทำแห้งชิ้นมันฝรั่งลวกที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กระทั่งชิ้นมันฝรั่งมีความชื้นลดลงจากร้อยละ 90 เป็นร้อยละ 60 ก่อนนำไปทอดในน้ำมัน พบว่าตัวอย่างมันฝรั่งทอดที่ได้มีคุณภาพเนื้อสัมผัสกรอบขึ้น และมีปริมาณการดูดซับน้ำมันลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมันฝรั่งทอดควบคุม [8]

Sulaeman และคณะ [11] ได้ศึกษาผลการทำแห้งชิ้นแครอทลวกก่อนทอด โดยการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนชิ้นแครอทลวกมีความชื้นร้อยละ 93, 86, 68 และ 45 ก่อนนำไปทอด พบว่าการลดความชื้นเริ่มต้นของชิ้นแครอทจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการลดปริมาณไขมันที่ดูดซับในแครอททอด

แม้ว่าจะมีปัจจัยอื่นที่ได้กล่าวข้างต้นว่ามีผลต่อปริมาณการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด แต่การเตรียมชิ้นอาหารก่อนทอดให้มีความชื้นต่ำน่าจะเป็นวิธีที่สะดวก ควบคุมได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดปริมาณการดูดซับไขมันในฟักทองทอด โดยการนำชิ้นฟักทองไปทำแห้งให้มีระดับความชื้นที่แตกต่างกัน ก่อนนำไปทอดในน้ำมันที่กำหนดสถานะในการทอด รวมทั้งวัดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้น วอเตอร์แอคทีวิตี และค่าสีของตัวอย่างฟักทองทอด โดยประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ คือ ความรู้ด้านวิชาการที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบก่อนทอด เพื่อลดปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในผลิตภัณฑ์อาหารทอด

2. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ฟักทอง (*Cucurbita moschata*) ที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ คือ สายพันธุ์ทองอำไพ 426 น้ำหนัก 6-7 กิโลกรัม ซื้อจากปากคลองตลาด จังหวัดกรุงเทพ และน้ำมันสำหรับทอดจะใช้น้ำมันปาล์มโอเลอิน (มรกต, ประเทศไทย)

2.2 การเตรียมชิ้นฟักทอง

นำผลฟักทองมาล้างน้ำแล้วผึ่งแห้ง จากนั้นใช้มีดหั่นผลฟักทองตามแนวดิ่งให้ได้จำนวน 8-10 ชิ้น แล้วใช้มีดหั่นออกเป็น 2 ส่วนตามแนวขวางอีกครั้ง นำชิ้นฟักทองที่ได้มาหั่นด้วยเครื่องสไลด์ (Omas GL MATIC 300, ประเทศอิตาลี) ให้มีความหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร แล้วทำการคัดชิ้นฟักทองที่มีขนาดความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด หรือมีลักษณะชิ้นไม่สมบูรณ์ออก

2.3 การอบแห้งชิ้นฟักทอง

นำชิ้นฟักทองที่สไลด์แล้วมาวางบนถาดอลูมิเนียม และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (กล้วยน้ำไทย การช่าง, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 60 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 135 นาที ชิ้นฟักทองแห้งที่ได้จะถูกนำไปวัดปริมาณความชื้น และบันทึกลักษณะปรากฏทางกายภาพ

2.4 การทอด

นำชิ้นฟักทองสด ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม และชิ้นฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน มาทอดในหม้อทอดไฟฟ้า (Princess Classic Fryer Pro 1.5l Model 182015, ประเทศเนเธอร์แลนด์) ที่กำหนดอุณหภูมิ 140 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที ถึง 7 นาที หรือกระทั่งชิ้นฟักทองมีสีเหลืองออกน้ำตาล หรือชิ้นฟักทองกรอบ โดยกำหนดสัดส่วนน้ำหนักของชิ้นฟักทองต่อน้ำมัน

ปาล์มที่ใช้ทอด เท่ากับ 1:20 น้ำหนักต่อน้ำหนัก โดยประมาณ

นำตัวอย่างฟักทองทอดที่ได้มาผึ่งให้เย็น บนกระดาษซับไขมัน ก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติก แล้วปิดผนึก และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพ

ตัวอย่างฟักทองทอดจะถูกนำมาวิเคราะห์ ปริมาณไขมัน เนื้อสัมผัส ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าสี โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

2.5.1 ปริมาณไขมันจะวิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC [12] ด้วยเครื่องสกัดไขมัน (Soxtec System HT 1043 Extraction Unit, ประเทศเนเธอร์แลนด์) โดยใช้ตัวอย่างบดละเอียดประมาณ 1 กรัม และสกัดด้วยปิโตรเลียม 50 มิลลิลิตร ค่าปริมาณการดูดซับไขมันจะแสดงในหน่วย กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง

2.5.2 การวัดคุณภาพเนื้อสัมผัสจะวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture Analyzers (TA.XT Plus, ประเทศอังกฤษ) ดัดแปลงจากวิธีของ Saelewa และ Schleining [13] โดยใช้หัว HDP/CFS และตั้งค่า pre-test, test speed และ post-test speed เป็น 10, 1 และ 10 mm/s ตามลำดับ โดยแสดงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นค่าความแข็ง (hardness) และความเปราะ (fracturability)

2.5.3 ความชื้น วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC [12] โดยนำชิ้นฟักทองไปอบให้ละเอียดและชั่งน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัมใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียม นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Binder Model ED53, ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 160 นาที หรือกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณความชื้นในตัวอย่าง

2.5.4 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีวัดด้วยเครื่องเครื่องวัดวอเตอร์แอกทิวิตี (Novasina Model ms 1, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์) ที่อุณหภูมิ 25.0 ± 0.5 องศาเซลเซียส

2.5.5 ค่าสีวัดด้วยเครื่องวัดสี (ColorFlex EZ spectrophotometer, ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยแสดงผลเป็น L^* (ค่าความสว่าง), a^* (สีแดงหรือสีเขียว) และ b^* (เหลืองหรือสีน้ำเงิน)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การรายงานผลวิเคราะห์คุณภาพเป็นค่าเฉลี่ยของการวัด 3 ซ้ำและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ยกเว้นคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่วัดจำนวนตัวอย่าง 15 ซ้ำ การวางแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีของดันแคน (Duncan's new multiple range test: DMRT) โดยใช้โปรแกรมคำนวณทางสถิติ IBM SPSS Statistics 19

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

3.1 ความชื้นและลักษณะปรากฏทางกายภาพของชิ้นฟักทองอบแห้ง

ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งชิ้นฟักทองที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานที่แตกต่างกัน คือ 30, 60, 90 และ 135 นาที ชิ้นฟักทองจะมีความชื้นลดลง จากเริ่มต้นมีความชื้นร้อยละ 80 ลดลงเป็นร้อยละ 67, 53, 40 และ 15 ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 1) ความชื้นของชิ้นฟักทองอบแห้งที่ลดลงเป็นผลจากการระเหยน้ำออกจากพื้นผิวของชิ้นฟักทองเมื่อสัมผัสกับลมร้อน เนื่องจากการพาความร้อน [14] ดังนั้นยิ่งเวลาการสัมผัสลมร้อนนานขึ้นย่อมทำให้ชิ้นฟักทองมีความชื้นลดลงมากขึ้น

ลักษณะปรากฏทางกายภาพของขึ้นฟักทองแห้งพบว่าปริมาณความชื้นในขึ้นฟักทองจะมีความสัมพันธ์กับการหดตัว (รูปที่ 1) โดยสังเกตได้ชัดเจนว่าขึ้นฟักทองอบแห้งนาน 135 นาทีจะมีการหดตัวมากที่สุด และมีการบิดโค้งของขึ้นฟักทองมากกว่า ขณะที่ตัวอย่างขึ้นฟักทองแห้งที่ใช้เวลาการอบน้อยกว่าจะมีการหดตัวน้อยกว่า เนื่องจากการสูญเสียไอน้ำออกจากเซลล์เป็นผลให้เกิดการเหี่ยวของเซลล์และเสียสภาพโครงสร้างเดิม ขณะที่ขึ้นฟักทองควบคุมที่ไม่ผ่านการอบแห้งจะมีรูปร่างคงตัวและสีเหลืองเข้ม เหมือนฟักทองสดทั่วไป สอดคล้องกับการศึกษาผลการอบแห้งฟักทองด้วยลมร้อน [15] พบว่ามีการเสียหายของโครงสร้างผนังเซลล์ และแวคิวโอ รวมทั้งมีการรวมตัวระหว่างผนังเซลล์มากขึ้น ขณะที่ฟักทองสดสังเกตได้ว่าเซลล์มีความเต่ง และมีสภาพสมบูรณ์ ภายใต้การส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy: SEM)

3.2 ผลของความชื้นเริ่มต้นของขึ้นฟักทอง

3.2.1 เวลาการทอด

การทำแห้งขึ้นฟักทองก่อนนำไปทอดพบว่าใช้เวลาการทอดลดลง โดยขึ้นฟักทองแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 15, 40, 53 และ 67 ใช้เวลาในการทอดประมาณ 20-30, 60-75, 60-90 และ 90-180 วินาที ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ขณะที่ขึ้นฟักทองสดที่ไม่ผ่านการทำแห้ง ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 80 ใช้เวลาทอดประมาณ 360-420 วินาที หรือ 6-7 นาที สอดคล้องกับรายงานวิจัย [11] การนำขึ้นแครอทลวกมาอบแห้งให้มีความชื้นลดลง พบว่ายิ่งปริมาณความชื้นของขึ้นแครอทแห้งลดลงส่งผลให้เวลาในการทอดขึ้นแครอทลดลง เนื่องจากการทอดเป็นการดึงน้ำออกจากอาหาร โดยอาศัยน้ำมันที่มีอุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ผลของเวลาการทำแห้งต่อปริมาณความชื้นของขึ้นฟักทองอบแห้ง

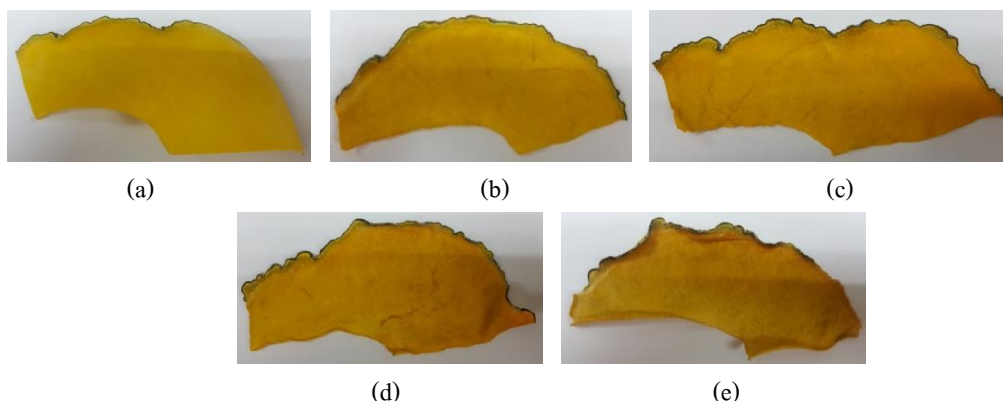
เวลาการทำแห้ง (นาท)	ปริมาณความชื้น*
	(%)
0	79.85±0.16 ^a
30	67.14±0.27 ^b
60	53.02±0.20 ^c
90	40.43±0.14 ^d
135	15.40±0.04 ^e

* ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอย่าง 3 ซ้ำ อักษร a, b, c,...e ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สูงเป็นตัวพาความร้อน ส่งผลให้อาหารทอดมีความกรอบ และมีผิวสีน้ำตาลเข้มเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด ดังนั้น ปริมาณ น้ำในอาหารจึงมีความสัมพันธ์กับเวลาการทอด อาหารที่มีปริมาณน้ำน้อยกว่าเมื่อนำไปทอดจะใช้เวลาน้อยกว่าในการดึงน้ำออกจากตัวอาหาร ภายใต้สภาวะการทอดที่กำหนด

3.2.2 การดูดซับไขมัน

ปริมาณการดูดซับไขมันในขึ้นฟักทองทอดทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2) พบว่าการดูดซับไขมันของตัวอย่างฟักทองทอดจะมีปริมาณลดลงเมื่อความชื้นเริ่มต้นของขึ้นฟักทองลดลงเช่นกัน ขึ้นฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 15, 40, 53 และ 67 จะมีการดูดซับไขมันในขึ้นฟักทองหลังทอดร้อยละ 35, 30, 27 และ 19 ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้งฟักทองทอด ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างขึ้นฟักทองสด



รูปที่ 1 ชิ้นฟักทองสด (ควบคุม) (a) ฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 67 (b), ฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 53 (c), ฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 40 (d) และฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นร้อยละ 15 (e)

เมื่อนำไปทอดจะมีการดูดซับน้ำมันร้อยละ 46 ของน้ำหนักแห้งฟักทองทอด การลดลงของปริมาณการดูดซับไขมันในชิ้นฟักทองทอดที่มีการทำแห้งก่อนนำไปทอด เนื่องจากระหว่างการทอดอาหารในน้ำมันที่มีอุณหภูมิสูง น้ำที่อยู่ในอาหารจะมีการระเหยออกและถูกแทนที่ด้วยน้ำมันที่ใช้ในการทอด [16] ดังนั้นระยะเวลาการทอดอาหารที่สั้นลงย่อมทำให้ปริมาณการดูดซับน้ำมันในอาหารทอดลดลง โดยสอดคล้องกับการลดลงของเวลาทอดชิ้นฟักทองที่มีการอบแห้งซึ่งได้กล่าวไว้ข้างต้น มีรายงานการทำแห้งชิ้นแครอททอดก่อนทอด พบว่าปริมาณไขมันในชิ้นแครอททอดลดลงโดยสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณความชื้นเริ่มต้น [11]

3.2.3 คุณภาพเนื้อสัมผัส

การทำแห้งฟักทองก่อนนำไปทอดพบว่าทำให้ฟักทองทอดมีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น การนำฟักทองอบแห้งที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 67, 53, 40 และ 15 ไปทอดจะได้ฟักทองทอดที่มีค่าความแข็ง 571, 610, 483 และ 457 กรัมตามลำดับ ($P < 0.05$) ขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีค่าความแข็งเท่ากับ 318 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการทำแห้งชิ้นมันฝรั่งทอดก่อนทอด พบว่ามันฝรั่งทอดที่ได้จะมีค่าแรงสูงสุด หรือค่า

ความแข็งมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมันฝรั่งทอดที่แค่ลวกก่อนทอด [8]

สำหรับค่าความเปราะ หรือระยะทางของหัวกดที่ทำให้ตัวอย่างแตก (distance to break) ตัวอย่างควบคุมมีค่าความเปราะ 3.0 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับฟักทองทอดที่มีการลดความชื้นของชิ้นฟักทองก่อนนำไปทอด โดยมีค่าความเปราะระหว่าง 2.1-4.4 มิลลิเมตร การที่ตัวอย่างมีค่าระยะที่ทำให้ตัวอย่างแตกน้อยหมายถึงตัวอย่างมีความเปราะมาก

เนื้อสัมผัสที่แข็ง และกระด้างมากขึ้นของชิ้นฟักทองทอดที่เตรียมจากชิ้นฟักทองอบแห้ง อาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพโครงสร้าง และความเต่งของเซลล์ เนื่องจากการสูญเสียน้ำ รวมทั้งอาจเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนที่มีอยู่ในชิ้นฟักทอง เพราะความร้อนในการอบแห้งสอดคล้องกับการหดตัวของชิ้นฟักทองที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้ชิ้นฟักทองแห้งมีขนาด และจำนวนรูพรุนภายในเซลล์น้อยกว่าชิ้นฟักทองสด ดังนั้นเมื่อนำชิ้นฟักทองอบแห้งไปทอด น้ำที่อยู่ในเซลล์จะขยายตัวได้จำกัด นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ลดลงในชิ้นฟักทองอบแห้งยังส่งผลให้สารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลมีความเข้มข้นมากขึ้น ทำ

ให้เวลาทอดเกิดสีน้ำตาลหรือไหม้ได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับระยะเวลาทอดที่ลดลงดังที่อธิบายไว้แล้ว อาจเป็นผลให้เวลาทอดไม่เพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบ

3.2.4 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและความชื้น

ความแตกต่างของปริมาณความชื้นเริ่มต้นในชั้นฟักทองก่อนนำไปทอด พบว่ามีผลต่อความแตกต่างของค่าวอเตอร์แอกทิวิตีและปริมาณความชื้นของฟักทองทอดเล็กน้อย ชั้นฟักทองที่ผ่านการอบแห้งกระทั้งมีความชื้นร้อยละ 15-67 มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.42-0.50 และความชื้นร้อยละ 6.0-7.7 (ตารางที่ 3) ซึ่งในการศึกษานี้ความแตกต่างของเวลาที่ใช้ในการทอดชั้นฟักทองน่าจะเป็นเหตุผลสำคัญต่อความแตกต่างของค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และปริมาณ

ความชื้นในชั้นฟักทองทอด เนื่องจากชั้นฟักทองที่ผ่านการทำแห้งหรือมีความชื้นต่ำ เมื่อนำมาทอดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเร็วกว่า ทำให้ต้องใช้เวลาการทอดสั้นกว่าตัวอย่างควบคุม ทำให้น้ำระเหยออกมาจากชั้นฟักทองได้น้อยในระหว่างการทอด ซึ่งส่งผลทำให้ฟักทองทอดที่มีการทำแห้งก่อนทอดมีความชื้นที่มากกว่าตัวอย่างควบคุม

สำหรับปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของชั้นฟักทองทอดที่มีค่าต่ำ โดยเฉพาะค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่ต่ำกว่า 0.5 จะมีผลดีต่อความปลอดภัยและทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เนื่องจากสภาพแวดล้อมดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ [17]

ตารางที่ 2 เวลาการทอด ปริมาณการดูดซับไขมัน และคุณภาพเนื้อสัมผัสของตัวอย่างชั้นฟักทองทอด (140 ± 5 องศาเซลเซียส)

ตัวอย่าง	เวลาทอด (วินาที)	ปริมาณการดูดซับไขมัน* (กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)	ความแข็ง** (กรัม)	ความเปราะ** (มิลลิเมตร)
ควบคุม (ความชื้น 80%)	360-420	45.75 ± 0.84^a	317.62 ± 69.68^c	2.95 ± 1.28^c
ฟักทองที่ผ่านการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส				
- ความชื้น 67%	90-180	34.88 ± 0.57^b	571.02 ± 147.27^{ab}	3.18 ± 1.20^{bc}
- ความชื้น 53%	60-90	29.68 ± 0.22^c	610.40 ± 297.46^a	4.35 ± 0.79^a
- ความชื้น 40%	60-75	26.96 ± 0.48^d	482.93 ± 202.25^{ab}	3.90 ± 1.42^{ab}
- ความชื้น 15%	20-30	19.10 ± 0.37^e	456.69 ± 128.92^b	2.05 ± 1.17^d

* ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอย่าง 15 ซ้ำ

อักษร a, b, c,...e ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณความชื้น ค่าออร์เตอร์แอคทีวิตี และค่าสีของฟักทองทอด (140 ± 5 องศาเซลเซียส)

ตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)	Aw	L*	a*	b*
ควบคุม (ความชื้น 80%)	5.12 ± 0.15^d	0.47 ± 0.00^b	24.96 ± 0.13^d	6.02 ± 0.07^d	9.31 ± 0.32^d
ฟักทองที่ผ่านการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส					
- ความชื้น 67%	5.98 ± 0.07^c	0.45 ± 0.00^c	28.91 ± 0.30^b	6.84 ± 0.24^c	15.76 ± 0.43^b
- ความชื้น 53%	7.68 ± 0.08^a	0.50 ± 0.00^a	30.39 ± 0.13^a	7.32 ± 0.28^{ab}	18.16 ± 0.44^a
- ความชื้น 40%	7.68 ± 0.16^a	0.47 ± 0.00^b	28.74 ± 0.12^b	7.63 ± 0.17^a	15.71 ± 0.15^b
- ความชื้น 15%	7.31 ± 0.06^b	0.42 ± 0.00^d	27.78 ± 0.13^c	7.11 ± 0.06^{bc}	13.00 ± 0.34^c

* ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

อักษร a, b,...d ที่แตกต่างกันของค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2.5 ค่าสี

การทำแห้งขึ้นฟักทองก่อนนำไปทอดพบว่าขึ้นฟักทองทอดที่ได้จะมีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยพบว่าตัวอย่างฟักทองทอดจะมีค่าความสว่าง ($L^* = 28-30$) ค่าสีแดง ($+a^* = 6.8-7.6$) และค่าสีเหลือง ($+b^* = 13-18$) สูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($L^* = 25$, $a^* = 6.0$ และ $b^* = 9.3$) (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับลักษณะปรากฏทางกายภาพที่สังเกตพบว่า ขึ้นฟักทองทอด (ที่มีการทำแห้งเพื่อลดความชื้นเริ่มต้นก่อนนำไปทอด) มีสีออกเหลืองเข้ม และมีสีน้ำตาลน้อยกว่า ส่วนตัวอย่างขึ้นฟักทองทอด (ตัวอย่างควบคุม) จะมีสีออกเหลืองน้ำตาลมากกว่า ซึ่งอาจเป็นผลของระยะเวลาการทอดที่ใช้เวลาน้อยกว่า

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการลดความชื้นเริ่มต้นของขึ้นฟักทองก่อนนำไปทอดในน้ำมันปาล์มแบบท่วมขึ้นอาหาร

ในอัตราส่วนของอาหารต่อน้ำมัน 1:20 น้ำหนักโดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 140 ± 5 องศาเซลเซียส ส่งผลดีในการลดเวลาการทอดและลดปริมาณไขมันที่ดูดซับของฟักทองทอด อย่างไรก็ตามฟักทองทอดที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสแข็งกระด้างมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ก. คีวีเศษ. ผักพื้นบ้านภาคกลาง. กรุงเทพฯ: องค์การส่งเสริมการค้าทางการค้า; 2542.
- [2] ช. เขียวอำไพ. การทำสวนผัก. กรุงเทพฯ: เกษตรสยามบุ๊คส์; 2549.
- [3] M.Y. Kim, E.J. Kim, Y.N. Kim, C. Choi, B.H. Lee. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. *Nutrition Research and Practice*. 6 (2012): 21-27.

- [4] V. Preedy. **Processing and Impact on Active Components in Food**. 1st ed. San Diego: Academic Press; 2015.
- [5] E. Aydin, D. Gocmen. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT - Food Science and Technology*. 60 (2015): 385-392.
- [6] J.S. Sandhu, P.S. Takhar. Effect of Frying Parameters on Mechanical Properties and Microstructure of Potato Disks. *Journal of Texture Studies*. 46 (2015): 385-397.
- [7] F. Pedreschi, P. Moyano. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*. 70 (2005): 557-563.
- [8] F. Pedreschi, P. Moyano. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips. *LWT - Food Science and Technology*. 38 (2005): 599-604.
- [9] E. Paz-Gamboa, E. Ramírez-Figueroa, M.A. Vivar-Vera, H.R. Bravo-Delgado, O. Cortés-Zavaleta, H. Ruiz-Espinosa, I.I. Ruiz-López. Study of oil uptake during deep-fat frying of Taro (*Colocasia esculenta*) chips. *CyTA - Journal of Food*. 13 (2015): 1-6.
- [10] S. Rimac-Brnčić, V. Lelas, D. Rade, B. Šimunić. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*. 64 (2004): 237-241.
- [11] A. Sulaeman, D.W. Giraud, L. Keeler, S.L. Taylor, J.A. Driskell. Effect of Moisture Content of Carrot Slices on the Fat Content, Carotenoid Content, and Sensory Characteristics of Deep-fried Carrot Chips. *Journal of Food Science*. 69 (2004): 450-455.
- [12] G.W. Latimer. **Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL**. 19th ed. Maryland: The AOAC INTERNATIONAL; 2012.
- [13] M. Saeleaw, G. Schleining. Effect of frying parameters on crispiness and sound emission of cassava crackers. *Journal of Food Engineering*. 103 (2011): 229-236.
- [14] P.J. Fellows. **Food Processing Technology**. 3rd ed. Cornwall: Woodhead Publishing; 2009.
- [15] L. Seremet, E. Botez, O. Nistor, D.G. Andronoiu, G. Mocanu. Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry*. (2015): in press.
- [16] M. Mellema. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods Trends in Food Science & Technology. 14 (2003): 364-373.
- [17] S. Damodaran, K.L. Parkin, O.R. Fennema. **Fennema's Food Chemistry**. 4th ed. Boca Raton: CRC press; 2008.