ผลของกระบวนการทอดที่มีต่อคุณลักษณะทางคุณภาพและความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

Effect of Frying Method on Quality Characteristics and Antioxidant Capacity of Okra Sheet Crispy Snack

กิตติพร สุพรรณผิว[1*]
Kittiporn Supunphew[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของกระบวนการทอดที่มีต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ ประสาทสัมผัส และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ โดยนำกระเจี๊ยบเขียวมาแปรรูปด้วยการทอด 3 วิธี คือ การทอดแบบไร้น้ำมัน ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน และทอดแบบน้ำมันท่วม พบว่า วิธีการทอดแบบสเปรย์น้ำมันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L* a* b* และ ΔE) ของตัวอย่างน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม และวิธีการทอดแบบไร้น้ำมันส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งลดลงและความกรอบเพิ่มสูงขึ้น ($P \leq 0.05$) ด้านเคมี พบว่า กระบวนการทอดทุกวิธีส่งผลให้ค่าความชื้นและน้ำอิสระของตัวอย่างมีค่าลดลง ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบไร้น้ำมันมีปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า สูงที่สุด ($P \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมมีปริมาณไขมันสูงที่สุด วิธีการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน และทอดแบบน้ำมันท่วมไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบด้วยวิธี DPPH และ วิธี FRAP ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบไร้น้ำมันมีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ด้านคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมสูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากการทอดสเปรย์น้ำมัน ($P > 0.05$) จากการวิจัยบ่งชี้ได้ว่า การทอดแบบไร้น้ำมันและการทอดแบบสเปรย์น้ำมันส่งผลดีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งด้านกายภาพ เคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความชอบของผู้บริโภค ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากกระเจี๊ยบเขียวแผ่น เพื่อเป็นอาหารสุขภาพต่อไป

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียว ผักแผ่น การต้านอนุมูลอิสระ

Received: 2 June 2020; Accepted: 28 August 2020

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University. Ubon Ratchathani. 34000

Corresponding author: kittiporn1sup@gmail.com

Abstract

This study evaluated the effect of frying process on the chemical, physical, sensory and antioxidant properties of fried okra snack. Okra sample was processed by frying three different methods including oil-free frying (air frying), oil spray frying and deep fat frying. Results showed that the oil spray frying process had the least effect on the color change (L * a * b * and Δ E) compared to the conventional processing. All frying processes decreased moisture content and water activity values. The fat content from deep fat frying was significant highest ($P \leq 0.05$). The oil-free frying process reduced hardness, but increased crispness, protein and ash. Antioxidant activity (DPPH and FRAP) of oil-free frying were highest significant ($P \leq 0.05$). Consumers are most accepting products using deep fat frying, but no different from the oil spray frying. ($P > 0.05$). Therefore, the oil-free frying and oil-spray frying process was found to be the most suitable for the production of fried okra snack to be a healthy food for the future.

Keywords: Okra, Vegetable sheet, Antioxidant activity

1.บทนำ

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) เป็นผักชนิดหนึ่งมีสีเขียว ลักษณะเรียวยาวปลายแหลม ตามฝักมีขนอ่อน ๆ ทั่วฝัก เป็นเหลี่ยมตั้งแต่ 5-10 เหลี่ยมขึ้นกับพันธุ์ แต่ละฝักมีเมล็ด 80-200 เมล็ด นิยมปลูกในพื้นที่เขตร้อนหรือแบบกึ่งร้อนปลูกได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากสามารถเพาะปลูกได้ง่าย ให้ผลผลิตสูง สามารถปรับเปลี่ยนการให้น้ำได้ตามความเหมาะสม อีกทั้งยังทนต่อโรคและแมลง (Olaniyan, 2013) มีลักษณะเด่นคือมีเมือกพวกเพ็กติน (pectin) และเส้นใยสูง นอกจากนี้ยังมีสารอาหารอื่น เช่น โปรตีน ไนอาซิน ฟอสฟอรัส เหล็ก ทองแดง โพแทสเซียม วิตามินเอ วิตามินบีหก วิตามินซี วิตามินเค วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง โฟเลท แมกนีเซียม แคลเซียม และแมงกานีส (Muhammad et. al., 2018) และพบว่ากระเจี๊ยบเขียวเป็นแหล่งของ วิตามินซี โพลีฟีนอล โพลีแซคคาไรด์ แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น quercetin และสาร epigallocatechin epigallocatechin gallate (EGC), epicatechin gallate (EGCG), epigallocatechin (ECG), quercetin 3-O-diglucoside, and quercetin 3-O-(malonyl) และมีศักยภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (IC50, AEAC, FRAP, ABTS, TF, and TPC) (Jiang et. al., 2017; Li et. al., 2019) นิยมบริโภคเป็นผักสดทั้งในและต่างประเทศ ทั้งนี้การส่งออกกระเจี๊ยบเขียวสดต้องผ่านกระบวนการคัดแยกคุณภาพกระเจี๊ยบเขียวให้ได้ตามมาตรฐาน ทำให้มีกระเจี๊ยบเขียวที่ไม่ผ่านการคัดเลือกคุณภาพเฉลี่ยเดือนละ 1 ตันต่อกลุ่มเกษตรกร ซึ่งเป็นการสูญเสียทรัพยากรและรายได้จำนวนมาก

ผลิตภัณฑ์ผักแผ่น (vegetable sheet) เป็นผลิตที่ภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจ โดยได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นแคลเซียมสูงจาก ใบตำลึง ใบชะพลู โสน และใบมะรุม และได้มีการนำผลิตภัณฑ์ไปวัดค่าทางคุณภาพเพื่อเป็นมาตรฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับความชอบปานกลาง (อรวัลภ์, 2556) นอกจากนี้ยังได้มีนักวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น โดยทำการลวก ปั่นผสม ปรุงรส ทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง ทำการศึกษา ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี จุลชีววิทยาและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (วิลาสินี, 2555) วันเพ็ญ และคณะ (2558) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน โดยได้ใช้แป้งเป็นตัวประสาน พบว่า สภาวะ

ที่เหมาะสมในการผลิต คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้แป้งผสม (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเหนียว:แป้งสาลี อัตราส่วน 6 : 2.5 : 1) ในประมาณร้อยละ 25 ของผลิตภัณฑ์ และใช้วิธีปรุงโดยการทาซอสบนผิวผลิตภัณฑ์ เนื่องจากช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ ดังนั้นการแปรรูปผักในรูปแบบแผ่นก็เป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่ใช้เทคโนโลยีไม่ซับซ้อนมากนัก แต่สามารถที่จะช่วยลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้แก่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการ SMEs ได้อีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การแปรรูป ในรูปของผักผลไม้แผ่นนั้นมีการศึกษาและพัฒนาอย่างจำกัด ทั้งที่ยังมีโอกาสทางการตลาดอยู่มากทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ (อรวัลภ์, 2556)

ขนมขบเคี้ยวนิยมผลิตโดยกระบวนการทอด เนื่องจากมีลักษณะกลิ่นรสที่โดดเด่นเฉพาะตัวเนื้อสัมผัสกรอบ ผู้บริโภคให้ความนิยม อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดอาจมีกลิ่นหืนในระหว่างการเก็บรักษาและส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการศึกษากระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวแทนการทอด เช่น การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ เป็นต้น (Paengkanya et al., 2015)

แต่ทั้งนี้ยังไม่ได้มีรายงานการผลิตขนมขบเคี้ยวจากกระเจี๊ยบเขียวโดยกระบวนการที่ หลากหลาย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากกระเจี๊ยบเขียวและทำการศึกษาผลของวิธีการทอดต่อคุณลักษณะทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ เพื่อประเมินศักยภาพการเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพทางเลือกและมีคุณค่าทางโภชนาการจากกระเจี๊ยบเขียวและสามารถรับประทานได้ทั้งวัยเด็กหรือวัยทำงาน อีกทั้งเพื่อให้เป็นต้นแบบในการผลิตต่อยอดในภาคอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบและสารเคมี

กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus*) จากชุมชนวันออร์แกนิก (อำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีษะเกษ) น้ำมันถั่วเหลือง (ตรากุ๊ก) สารเคมี เกรดวิเคราะห์ (Ethanol, Methanol, $FeCl_3\,6H_2O$, DPPH, Sodium carbonate, $NaNO_2$, $Al(NO_3)_2$, TPTZ (2,4,6 tri(2-pyridly)- s –triazine), Ascorbic acid, Folin-Ciocaiteu, Rutin, Sodium acetate buffer ความเป็นกรด-ด่าง 3.6)

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

การผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ (อย่างควบคุม) ดัดแปลงจาก กิตติพร (2560) นำกระเจี๊ยบเขียวล้างทำความสะอาด ตัดหัว-ท้าย 1 เซนติเมตร ลวกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 0 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำไปหั่นเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร และบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (OTTO รุ่น BE-127/127A) จากนั้นชั่งน้ำหนัก 500 กรัม เทใส่พิมพ์ขนาด 32×45 เซนติเมตร แล้วเกลี่ยให้บาง นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (ความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 15)

การผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ นำตัวอย่างควบคุมไปทอดแบบน้ำมันท่วมด้วยเครื่องทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที การทอดแบบสเปรย์น้ำมันโดยสเปรย์น้ำมันลงบนผิวของผลิตภัณฑ์จากนั้นนำไปอบโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที และการทอดโดยหม้อทอดไร้น้ำมัน (Smart home รุ่น MV-004) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที

2.2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

1) ค่าสี โดยวัดค่า L* a* b* ΔE โดยเครื่อง Hunter Lab รุ่น Color Quest XE

2) วัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวัดค่าความแข็ง ความกรอบ โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TC3) วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้หัว T18 Sphere ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ใช้ฐาน TA-TRB (three-point bending) Test speed 10 มิลลิเมตรต่อวินาที Post-test speed 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

3) วิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารหลัก (Proximate analysis) ได้แก่ โปรตีน ไขมัน
เส้นใย ความชื้น และน้ำอิสระ ตามวิธี AOAC (2000)

2.2.3 การศึกษาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

1) การสกัดสารสกัดตัวอย่าง (Li et al., 2019)

บดตัวอย่าง กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ ทั้ง 3 วิธี และตัวอย่างควบคุม (ผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบที่ไม่ผ่านการทอด) ชั่งน้ำหนัก 1 กรัม เติมสารละลายเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 30 มิลลิลิตร ในแต่ละตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักไว้ สกัดด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิค(Bransonic รุ่น branson 5510E-DTH) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จนสารสกัดแยกส่วนใส จากนั้นแยกส่วนใสใส่บีกเกอร์ นำส่วนที่เหลือสกัดซ้ำด้วยเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาณ 30 มิลลิลิตร รายละเอียดดังวิธีการดังกล่าว จากนั้นทำการรวบรวมสารสกัดส่วนใสที่ได้และทำการระเหยสารสกัดหยาบด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (vacuum evaporator) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังจากระเหยตัวทำละลายเสร็จแล้ว ทำการชะสารด้วยเมทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 10 มิลลิลิตร และกรองผ่านตัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2) DPPH radical-scavenging assay ตามวิธีการของ Park et al. (2012) ดังนี้ ดูดสารสกัดตัวอย่าง 2.0 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH (ความเข้มข้น 0.14 มิลลิโมลต่อลิตร ในเอทานอล) ปริมาณ 2.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Biochrome รุ่น libra S70) รายงานค่าเป็นร้อยละของการยังยั้งอนุมูลอิสระ

3) Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ดัดแปลงจากวิธีการของ Zhang et al. (2010) ดังนี้ เติมสารสกัดกระเจี๊ยบเขียว จำนวน 0.5 มิลลิลิตร มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย ในสารละลาย TPTZ working solution solution (สารละลาย $FeCl_3$ $6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล : สารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลในกรดไฮโดรคลอริก : สารละลาย Sodium acetate buffer ความเป็นกรด-ด่าง 3.6 สัดส่วน 1: 1:1) จำนวน 4.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งให้เกิดปฏิกิริยา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Biochrome รุ่น libra S70) โดยใช้เอทานอลเป็น blank คำนวณค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยแสดงเป็นค่าสมมูลของกรดแอสคอร์บิค

2.2.4 เพื่อศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

ใช้ผู้บริโภคทั่วไป (อายุระหว่าง 15 – 55 ปี) จำนวน 50 คน ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ ดังนี้ คะแนนการยอมรับทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ กลิ่นหืน สิ่งตกค้างหลังการกลืน และความชอบโดยรวม โดยใช้แบบประเมินความชอบ 9 คะแนน

2.2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำนำข้อมูล ที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลและอภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของกระบวนการทอดที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบสภาวะที่ใช้ในการทอดทั้ง 3 กรรมวิธีจะทำให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบที่มีรูปร่างบางกรอบ สุกทั้งชิ้น และเมื่อนำผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบมาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าสีของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบที่ได้จากกระบวนการทอดที่แตกต่างกัน

กระบวนการทอด	**ค่าสี**			
	L*	a*	b*	ΔE
ตัวอย่างควบคุม	42.16 ± 0.02[c]	1.61 ± 0.01[b]	27.21 ± 0.10[a]	-
ทอดแบบน้ำมันท่วม	28.34 ± 0.03[d]	2.17 ± 0.00[a]	16.13 ± 0.03[d]	17.84 ± 0.11[a]
ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน	43.54 ± 0.22[b]	1.53 ± 0.03[c]	26.11 ± 0.13[b]	1.87 ± 0.07[c]
ทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน	44.84 ± 0.03[a]	0.57 ± 0.00[d]	25.48 ± 0.05[c]	3.43 ± 0.00[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
อักษรตัวพิมพ์เล็ก [a, b, c, d] ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 แสดงค่าสีของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของตัวอย่างการทอดแบบใช้หม้อทอดไร้น้ำมันมีค่าความสว่างสูงที่สุด (44.84) รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน มีค่าความสว่าง 43.54 และตัวอย่างควบคุม (มีค่าความสว่าง 42.16) ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมมีค่าความสว่างต่ำที่สุด คือ 28.34 ค่า a* สูงสุด คือ ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วม (2.17) รองลงมาคือตัวอย่างควบคุม ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน และตัวอย่างทอดในหม้อทอดไร้น้ำมัน โดยมีค่า a* 1.61 1.53 และ 0.57 ตามลำดับ ค่า b* พบว่าตัวอย่าง ควบคุม มีค่าสูงสุด (27.21) และตัวอย่างทอดแบบน้ำมันท่วมมีค่าต่ำสุด (16.13) ค่า ΔE พบว่า กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์สูงที่สุด (17.84) และแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) รองลงมาคือการใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน และการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน

วันเพ็ญและคณะ (2558) ได้รายงานว่าการผลิตผักแผ่นจากกระเจี๊ยบเขียว โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีค่า L* 24.6 ค่า a* 2.05 และ ค่า b* 12.52 จันจิรา (2554) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยระบบการทอดแบบพ่นฝอย ในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวตัง การทอดแบบจุ่มน้ำมันและการทอดแบบพ่นฝอย มีค่า L* การทอดแบบจุ่มน้ำมัน มีค่า 69.08 และการทอดแบบพ่นน้ำมัน มีค่า 71.27 ค่า a* การทอดแบบจุ่มน้ำมัน มีค่า 4.83 และการทอดแบบพ่นน้ำมัน มีค่า 3.73 ค่า b* การทอดแบบจุ่มน้ำมัน มีค่า 16.46 และการทอดแบบพ่นน้ำมันมีค่า 16.24

จากงานวิจัยนี้กล่าวได้ว่า การทอดแบบน้ำมันท่วม ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* b* และ ΔE ของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบสูงสุด เนื่องจากกระบวนการนี้ผลิตภัณฑ์ได้รับการถ่ายเทความร้อนทั้งการนำและการพาความร้อนโดยตรงจากน้ำมันมีผลทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นฟีโอไฟตินที่ให้สีเขียวอมน้ำตาล (นิธิยา, 2553) จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะอาหารทอดสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นอีกทั้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีที่คล้ำกว่าการทอดแบบสเปรย์น้ำมันและการทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน เนื่องมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน โปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาล และกลิ่นรสต่าง ๆ ทั้งที่พึงประสงค์ และไม่พึงประสงค์ เช่น สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นระหว่างการอบ การทอด (นิธิยา, 2553)

จากตารางที่ 2 เนื้อสัมผัสของกระเจี๊ยบแผ่นอบกรอบ พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าความแข็งสูงสุด (309.16 กรัม) และเมื่อผ่านกระบวนการทอดทั้ง 3 กระบวนการ ส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง โดย ตัวอย่าง ที่ผ่านการทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมันมีค่าความแข็ง 243 กรัม รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วม (240.83 กรัม) ส่วนการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน มีค่าความแข็งต่ำสุด คือ179.50 กรัม

วันเพ็ญและคณะ (2558) ได้รายงานว่าการผลิตผักแผ่นจากกระเจี๊ยบเขียวโดยวิธีการนำเครื่องปรุงรสที่เตรียมไว้มาผสมลงในผักบดแล้วนำไปอบแห้ง พบว่า มีค่าความแข็ง 594.72 กรัม ค่าความเหนียว 877.96 กรัม และค่าความกรอบ 2.25 พีค

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบที่ได้จากกรระบวนการทอดที่แตกต่างกัน

กระบวนการทอด	ค่าความแข็ง (g)	ค่าความกรอบ (g)
ตัวอย่างควบคุม	309.16 ± 4.04 [a]	37.00 ± 5.77 [c]
ทอดแบบน้ำมันท่วม	240.83 ± 14.21[b]	76.33 ± 9.88 [b]
ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน	179.50 ± 17.19 [c]	48.33 ± 4.75 [c]
ทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน	243.00 ± 7.94 [b]	108.50 ± 10.50 [a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
อักษรตัวพิมพ์เล็ก [a, b, c, d] ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานทางเคมี (ร้อยละ) ของตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ พบว่าปริมาณร้อยละของโปรตีนในกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน มีค่าสูงสุด คือ ร้อยละ 18.22 รองลงมาคือ ตัวอย่างทอดแบบสเปรย์น้ำมัน (17.07) และตัวอย่างควบคุม (16.62) ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างทอดแบบน้ำมันท่วม มีค่าต่ำสุดคือ ร้อยละ 10.90 (P≤ 0.05) เนื่องจากกระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมมีการถ่ายเทความร้อนทั้งการพาความร้อนและการนำความร้อนภายนอกสู่ภายในอาหารผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกันเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารโดยใช้น้ำมันเป็นตัวกลางที่อุณหภูมิ 180 องศา-เซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิช่วงนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบในผลิตภัณฑ์ เช่น โปรตีนจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (Singh, 1995)

ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมมีปริมาณไขมันสูงที่สุด (ร้อยละ 54.48) รองลงมาคือ ตัวอย่างทอดแบบสเปรย์น้ำมัน (ร้อยละ 14.06) ตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 7.43) และตัวอย่างทอดแบบไร้น้ำมัน (ร้อยละ 7.06) อาหารทอดทั่วไปจะมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 35-40 (Debnath, 2009) แต่การทอดแบบน้ำมันท่วมในบรรยากาศปกตินั้นจะมีการดูดซับน้ำมันจำนวนมากถึงร้อยละ 50 ของน้ำหนักอาหาร (Zhang, 2020) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทอดโดยน้ำมันท่วมมีกลไกการดูดซับน้ำมันทั้งในกระบวนการทอดและระหว่างทำให้เย็น โดยในระหว่างการทอดจะมีการดูดซับน้ำมันทั้งบริเวณผิวและเข้าไปแทนที่ภายในรูที่เกิดการระเหยน้ำของอาหาร และเมื่ออาหารเย็นตัวลงไอน้ำเกิดการควบแน่นทำให้เกิดความดันภายในชิ้นอาหารเป็นสาเหตุให้น้ำมันที่อยู่บริเวณผิวเข้าไปในชิ้นอาหารได้อีกทาง ส่วนการทอดโดยการสเปรย์น้ำมันมีการใช้น้ำมันสัมผัสกับชิ้นอาหารน้อยจึงทำให้มีปริมาณน้ำมันน้อยกว่าในผลิตภัณฑ์

ปริมาณร้อยละของใยอาหารในตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 41.00 – 15.16 ตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทอดโดยวิธีน้ำมันท่วมและวิธีสเปรย์น้ำมันมีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม แต่การทอดแบบใช้หม้อทอดไร้น้ำมันมีปริมาณใยอาหารต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2561) รายงานว่าตัวอย่างอาหารที่มีใยอาหารสูงมากกว่า 3 กรัม/อาหาร 100 กรัม ได้แก่ ข้าวกล้อง เมล็ดธัญพืชทั้งเมล็ด (whole cereal grain) เม็ดแมงลัก ผลไม้ เช่น แอปเปิล ฝรั่ง ข้าวโพดอ่อน ผักหวาน ถั่วเหลืองฝักสด กระเจี๊ยบเขียว เป็นต้น และจากรายงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน พบว่าผักแผ่นจากกระเจี๊ยบเขียวมีใยอาหารทั้งหมด 27.81 กรัม/100 กรัม ผักแผ่นจากผักบุ้งมีใยอาหารทั้งหมด14.24 กรัม/100 กรัม (วันเพ็ญ และคณะ, 2558) ทั้งนี้สำนักอาหาร (2554) ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 เรื่อง ฉลากโภชนาการ ได้แนะนำปริมาณการบริโภคใยอาหารสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป คือ 25 กรัมต่อวัน จากงานวิจัยนี้พบว่ากระบวนการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน และทอดแบบน้ำมันท่วมไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ ดังนั้นกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบจึงเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร

ปริมาณร้อยละของเถ้าในตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05) และเมื่อเปรียบเทียบกระบวนการทอด พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน มีค่าสูงสุดคือ ร้อยละ 7.25 รองลงมาคือ ตัวอย่างทอดแบบสเปรย์น้ำมัน และตัวอย่างควบคุม ส่วนการทอดแบบน้ำมันท่วมมีค่าร้อยละของเถ้าต่ำที่สุดคือ 4.32

ตารางที่ 3 องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมี (ร้อยละ) ของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบที่ผ่านกระบวนการทอดที่แตกต่างกัน

องค์ประกอบพื้นฐานทางเคมี	กระบวนการทอด			
	ควบคุม	ทอดแบบน้ำมันท่วม	ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน	ทอดแบบไร้น้ำมัน
โปรตีน	16.62±0.01 ^{c}	10.90±0.05 ^{d}	17.07±0.04 ^{b}	18.22±0.06 ^{a}
ไขมัน	7.43±0.01 ^{b}	54.48±0.01 ^{d}	14.06±0.02 ^{c}	7.06±0.02 ^{a}
ใยอาหาร	14.79±0.01 ^{a}	14.71±0.50 ^{a}	15.16±0.54 ^{a}	14.00±0.02 ^{b}
เถ้า	6.71±0.09 ^{b}	4.32±0.06 ^{c}	6.81±0.06 ^{b}	7.25±0.02 ^{a}
ความชื้น	12.23±0.30 ^{a}	3.40±0.04 ^{c}	3.58±0.16 ^{c}	4.11±0.14 ^{b}
a_w	0.59 ± 0.00^{a}	0.50 ± 0.01^{b}	0.40 ± 0.00^{c}	0.41 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) (wet basis)
อักษรตัวพิมพ์เล็ก $^{a, b, c, d}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05)

ค่าความชื้น พบว่า ตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นเมื่อผ่านกระบวนการทอดจะทำให้ตัวอย่างมีค่าความชื้นลดลงและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) จันจิรา (2554) ได้รายงานวิจัยเรื่องการศึกษาปัจจัยระบบการทอดแบบพ่นฝอย ในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง พบว่าปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่ผ่านกระบวนการทอดที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 วินาที ค่าความชื้น ของการทอดแบบจุ่มน้ำมันมีค่าความชื้น ร้อยละ 3.06 ส่วนการทอดแบบพ่นน้ำมันมีค่าความชื้นร้อยละ 5.37 การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสภาวะในการทอดจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบแห้ง โดยการทอดแบบน้ำมันท่วม คือการให้อาหารจมอยู่ในน้ำมันจะทำให้น้ำเกิดการระเหยมากและมีความชื้นน้อย ส่วนการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน มีอากาศเป็นตัวพาความร้อนเกิดการระเหยของน้ำน้อยกว่าจึงมีความชื้นสูงกว่าการทอดแบบน้ำมันท่วม

ตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นเมื่อผ่านกระบวนการทอดจะทำให้ตัวอย่างมีค่า a_w ลดลงและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) จากผลการวิจัยนี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ ที่ผ่านกระบวนการทอดทั้ง 3 วิธี มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.40 - 0.50 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบแห้ง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547) ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.6 เนื่องจาก ค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนอายุการเก็บอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหารโดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญ และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์

ตารางที่ 4 ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

กระบวนการทอด	DPPH (% scarvenging)	FRAP (mgVc/g)
ตัวอย่างควบคุม	82.42 ± 2.73^{a}	0.519±0.00^{b}
ทอดแบบน้ำมันท่วม	58.38 ± 2.29 ^{c}	0.519±0.00^{ab}
ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน	75.73 ± 4.48^{b}	0.520±0.00^{ab}
ทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน	80.92 ± 2.41^{ab}	0.521±0.00^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)
อักษรตัวพิมพ์เล็ก $^{a, b, c}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P= 0.05)

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดคือร้อยละ 82.42 รองลงมาคือ ตัวอย่างทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน และทอดแบบน้ำมันท่วม โดยมีค่าร้อยละ 80.92 75.73 และ 58.38 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Jung et al. (2005) ที่ได้ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ของผลพลับสด เปรียบเทียบกับผลพลับแห้งพบว่าสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ มีค่าลดลงจากร้อยละ 88 เป็น 84 เมื่อนำผลพลับสดมาผ่านกระบวนการทำแห้ง

การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ด้วยวิธี FRAP พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบไร้น้ำมันมีค่าสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทอดแบบสเปรย์น้ำมันและน้ำมันท่วม Jiang et al. (2017) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่า กระเจี๊ยบเขียวสดมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 17.85 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัม แต่เมื่อผ่านการบวนการทำแห้งโดยวิธีการใช้ตู้อบลมร้อน ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำแห้งแบบใช้ไมโครเวฟร่วมกับระบบสุญญากาศ มีค่าลดลงเป็น 11.19, 16.76 และ 13.9 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัม ตามลำดับ เนื่องจากการให้ความร้อนสูงในการทอดผลิตภัณฑ์ ทำให้สารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มีในกระเจี๊ยบเขียว เช่น Epigallocatecchin gallate หรือ Epicatechin gallate สลายตัว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง (Jiang et al, 2017)

ตารางที่ 5 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	ควบคุม	ทอดแบบน้ำมันท่วม	ทอดแบบสเปรย์น้ำมัน	ทอดโดยใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน
สี	5.94 ± 1.46^{b}	6.54 ± 1.52^{a}	6.26 ± 1.55^{ab}	5.76 ± 1.25^{b}
กลิ่น^{ns}	5.42±1.27	5.96±1.76	5.80±0.20	5.64±1.22
รสชาติ	5.44 ± 1.56^{bc}	6.18 ± 1.42^{a}	5.88 ± 1.37^{ab}	5.22 ± 1.38^{c}
เนื้อสัมผัส^{ns}	5.96±1.51	6.50±1.37	6.26±1.29	6.08±1.45
ความกรอบ	6.12 ± 1.70^{b}	7.12 ± 1.50^{a}	6.96 ± 1.44^{a}	6.52 ± 1.47^{ab}
กลิ่นหืน^{ns}	5.52±1.59	5.02±1.75	5.34±1.30	5.26±1.57
สิ่งตกค้างหลังการกลืน^{ns}	4.96±1.33	5.26±1.36	5.24±1.36	5.14±1.34
ความชอบโดยรวม	5.88 ± 1.22^{b}	6.60 ± 1.37^{a}	6.24 ± 1.40^{ab}	6.06 ± 1.09^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=50)
อักษรตัวพิมพ์เล็ก $^{a, b, c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P= 0.05)
ns แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบ (ตารางที่ 5) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนด้าน กลิ่น เนื้อสัมผัส กลิ่นหืน และสิ่งตกค้างหลังการกลืนไม่แตกต่างกันทั้ง 4 ตัวอย่าง ส่วนด้าน สี รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวมผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่างกระเจี๊ยบเขียวแผ่นที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน ($P > 0.05$) Podmore (2002) ได้รายงานว่าการทอดแบบน้ำมันท่วมได้รับความนิยมอย่างสูงในการแปรรูปอาหาร เพราะมีความรวดเร็วกรรมวิธีการผลิตง่าย ทำให้เกิดลักษณะกลิ่นรสที่ดีอาหารเป็นสีเหลืองทอง และเนื้อสัมผัสกรอบ

4. สรุปผลการทดลอง

กระบวนการทอดทุกกระบวนการ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพและเคมี ของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (กระเจี๊ยบเขียวอบกรอบ) โดยค่าความชื้น และ a_w ของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทอดทุกกระบวนการมีค่าลดลงจากตัวอย่างควบคุม กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมส่งผลให้

ผลิตภัณฑ์มีประมาณน้ำมันสูงขึ้น กว่า 6 เท่า ส่วนกระบวนการทอดแบบสเปรย์น้ำมันส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด กระบวนการทอดแบบไร้น้ำมัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง และความกรอบเพิ่มมากขึ้น มีปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า และความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH และ FRAP) สูงที่สุด ผู้บริโภคให้การยอมรับกระเจี๊ยบเขียวแผ่นทอดกรอบที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วมสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากการทอดแบบสเปรย์น้ำมัน ดังนั้นจาการวิจัยบ่งชี้ได้ว่า กระบวนการทอดแบบไร้น้ำมันและการทอดแบบสเปรย์น้ำมันส่งผลดีต่อผลิตภัณฑ์ทั้งด้านกายภาพ เคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความชอบของผู้บริโภค ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดในการผลิตขนมขบเคี้ยวจากกระเจี๊ยบเขียวแผ่น เพื่อเป็นอาหารสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จด้วยดีจากการได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 และขอขอบคุณ วิสาหกิจชุมชนวันออร์แกนิก จังหวัดศรีษะเกษ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กระเจี๊ยบเขียวในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กิตติพร สุพรรณผิว. 2560. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กระเจี๊ยบเขียวแผ่นอบกรอบ. อนุสิทธิบัตรเลขที่ 13029. กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์.

จันจิรา ตั้งสันทัศน์กุล. 2554. การศึกษาปัจจัยระบบการทอดแบบพ่นฝอยในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. เคมีอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2561. การทอด. ค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2561, https://www.foodnetworksolution.com.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสาหร่ายทะเลอบ (มผช.515/2547). ค้นเมื่อ 15มีนาคม 2563, http://tcps.tisi.go.th-/pub/tcps515_47.pdf

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ ศิริญา ทาคำ พรทิพย์ เทพทับทิม และ ปรีดา เฟื่องฟู. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบเขียวและผักบุ้งจีน. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 7 วันที่ 30-31 มีนาคม 2558 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

วิลาสินี ดีปัญญา. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่น้ำแผ่น. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

สำนักอาหาร. 2554. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 พร้อมกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับปรับปรุงปี 2554). กรุงเทพฯ.: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข

อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. 2556. ผักแผ่นจากผักพื้นบ้านแหล่งแคลเซียมใกล้ตัว. ปทุมธานี: ทริปเพิ้ล กรุ๊ป จำกัด.

Debnath, S., N.K. Rastogi, A.G. Krishna, and B.R. Lokesh. 2009. Oil partitioning between surface and structure of deep-fat fried potato slices: A kinetic study. LWT-Food Science and Technology. 42(6), 1054–1058.

Jiang, N., C. Liu, D. Li, Z. Zhang, C. Liu, D. Wang, L. Niu, and M. Zhang. 2017. Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: Antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption. LWT-Food Science and Technology. 82, 216–226.

Li, H., L. Xie, Y. Ma, M. Zhang, Y. Zhao, and X. Zhao. 2019. Effects of drying methods on drying characteristics, physicochemical properties and antioxidant capacity of okra. LWT - Food Science and Technology. 101, 630–638.

Muhammad, I., K.I. Matazu, I.A. Yaradua, S. Yau, A. Nasir, L.S. Bilbis, and A.Y. Abbas. 2018. Development of okra-based antidiabetic nutraceutical formulation from

Abelmoschus esculentus (L.) Moench (Ex-maradi Variety). Tropical Journal of Natural Product Research. 2(2), 80–86.

Olaniyan, A.M., and B.D. Omoleyomi. 2013. Characteristics of okra under different process pretreatments and different drying conditions. Journal of Food Processing and Technology. 4(6), 1-6.

Paengkanya, S., S. Soponronnarit, and A. Nathakaranakule. 2015. Application of microwaves for drying of durian chips. Food and bioproducts processing. 96, 1–11.

Park, J.-H., G.-I. Jeon, J.-M. Kim, and E. Park. 2012. Antioxidant activity and antiproliferative action of methanol extracts of 4 different colored bell peppers (*Capsicum annuum* L.). Food Science and Biotechnology. 21(2), 543–550.

Podmore, J. 2002. Culinary fats: solid and liquid frying oils and speciality oils. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press.

Singh, R.P., and N. Mermelstein. 1995. Heat and mass transfer in foods during deep-fat frying: Engineering aspects of deep-fat frying of foods. Food Technology (Chicago). 49(4), 134–137.

Zhang, H., L. Jiang, S. Ye, Y. Ye, and F. Ren. 2010. Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China. Food and Chemical Toxicology. 48(6), 1461–1465.

Zhang, X., M. Zhang, and B. Adhikari. 2020. Recent developments in frying technologies applied to fresh foods. Trends in Food Science & Technology. 98, 68–81

.