

ผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป และเวลาในการทอด ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งพลาว์เผือก

Effect of Moisture Content of Half - Snacks and Frying Time on Physicochemical Properties of Taro Flour Snack

รองรัตน์ รัตนธรรมวัฒน์¹ ธงชัย สุวรรณเลิศชน¹ เพ็ญขวัญ ชมปรีดา^{1,2} กล้าณรงค์ ศรีรอด^{2,3} และวิชัย หลุทัยธนาสันดี^{1,2}

Rongrat Rattanathammawat¹ Thongchai Suwonsichon¹ Penkwan Chompreda^{1,2}

Klanarong Sriroth^{2,3} and Vichai Haruthaithanasan^{1,2}

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป 3 ระดับ คือ 8%, 9.7% และ 11.4% และเวลาในการทอด 3 ระดับ คือ 15, 20 และ 25 วินาทีต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากแป้งพลาว์เผือกพบว่าเมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปจะทำให้ค่า L^* , h° และความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง ค่า a^* และปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่า b^* , C^* ปริมาณความชื้น และงานทั้งหมดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูป เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ค่า L^* , h° และปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง แต่ทำให้ค่า a^* , b^* , C^* และปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปคือ 9.7% จะทำให้ได้ขนมขบเคี้ยวที่มีความพองกรอบมากที่สุดโดยมีค่า fractal dimension เท่ากับ 1.21–1.23 มีอัตราการพองตัวโดยปริมาตรสูงคือ 2.68–3.08 เท่า และมีความหนาแน่นต่ำเท่ากับ 0.21–0.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อิทธิพลของความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป และเวลาในการทอดสามารถใช้สมการถดถอย การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองอธิบายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้แก่ค่า L^* , a^* , b^* , C^* , h° ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมันทั้งหมด และอัตราการพองตัวโดยปริมาตรได้โดยที่ทุกสมการที่สร้างขึ้นมามีค่า R^2 0.65 ขึ้นไป

ABSTRACT

The three levels of dry basis moisture contents of half-snacks; 8%, 9.7% and 11.4%, and three levels of frying times; 15, 20 and 25 seconds on the quality of taro snack were studied. Results showed that as the moisture contents increased, the L^* , h° and hardness of taro snack were decreased, but the a^* and total oil content were increased. However the b^* , C^* , %moisture content and total work were not significant different. As the frying time increased, the L^* , h° and moisture content were decreased, but a^* , b^* and total oil content were increased. The optimum moisture content 9.7% of half-snack provided a highly crispy taro snack having the fractal dimension equaled to 1.21–1.23, the high volume expansion ratio equaled to 2.68–3.08 times and the low bulk density equaled to 0.21–0.23 g/cm³. The second order polynomial models generated by response surface methodology could be described effects of moisture content of half-snack and frying time on the L^* , a^* , b^* , C^* , h° , moisture content, total oil content and volume expansion ratio of taro flour snack. Additionally, the R^2 of all generated were greater than 0.65.

¹ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

²สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²KAPI, Kasetsart University

³ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³Department of Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

คำนำ

เปลือกเป็นวัตถุดิบเกษตรที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นพืชหัวที่สามารถเจริญเติบโตได้ง่ายในที่มีความชื้นเพียงพอและให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่องปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกเปลือกกว่า 30,000 ไร่กระจายไปทั่วทุกภาค (กาญจนา, 2543) ปัจจุบันมีการแปรรูปเปลือกเป็นผลิตภัณฑ์อยู่บ้างแต่เป็นการแปรรูปในระดับครัวเรือน เช่นเปลือกอบแห้งแบบแผ่นบาง และแบบเส้น เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีลักษณะกรอบแข็ง และไม่ค่อยเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภควัยรุ่น การนำเปลือกมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยวที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในปัจจุบัน เช่นมันฝรั่งทอดซึ่งมีเนื้อสัมผัสกรอบแต่ไม่แข็ง อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ประโยชน์จากเปลือก เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งตลาดของขนมขบเคี้ยวมีการขยายตัวและเติบโตอย่างรวดเร็วโดยในปี 2543 มีมูลค่าตลาดรวมประมาณเกือบหนึ่งหมื่นล้านบาท (นิรนาม, 2543) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือกเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งกรรมวิธีการผลิตมีผลต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวที่ได้ ปัจจัยคุณภาพที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้แก่ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส โดยคุณลักษณะของคุณภาพสามารถตรวจสอบได้ด้วยการวัดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ทั้งทางกายภาพ และเคมีที่สัมพันธ์กับคุณภาพดังกล่าว งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือก โดยมีวัตถุประสงค์การนำเสนอในเรื่องอิทธิพลของของขึ้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป และเวลาในการทอดต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่าง

ส่วนผสมของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือกได้แก่ แป้งฟลาวร์เปลือกเตรียมในห้องปฏิบัติการตามวิธีของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (2537) มีความชื้น 5.6% โปรตีน 5.4% ไขมัน 0.3% เยื่อใยหยาบ 2.1% คาร์โบไฮเดรต 88.8% และเถ้า 3.4% ส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งจากแหล่งจำหน่ายในกรุงเทพฯ ได้แก่ แป้งฟลาวร์ข้าวเจ้าใช้แป้งปลายข้าวหอมมะลิมีความชื้น 11.5% แป้งฟลาวร์ข้าวโพดมีความชื้น 12.2% เกล็ดป่นและน้ำตาลทราย เตรียมสิ่งทดลองโดยมีส่วนผสมคือแป้งฟลาวร์เปลือก 70% แป้งฟลาวร์ข้าวเจ้า 15% และแป้งฟลาวร์ข้าวโพด 15% เกล็ดป่นและน้ำตาลคิดเป็น 1% และ 2.5% ของส่วนผสมแป้งฟลาวร์ทั้งหมด ผสมส่วนผสมทั้งหมดกับน้ำในเครื่องผสมจนเป็นโด (อัตราส่วนของแป้งฟลาวร์ทั้งหมดต่อน้ำเท่ากับ 1 : 0.73) จากนั้นนึ่งด้วยไอน้ำ 30 นาที นำมารีดเป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ตัดเป็นชิ้นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตรนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป นำไปทอดในน้ำมันปาล์ม โอลีนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสจะได้ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือก ทำการศึกษาผลของความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปก่อนทอดและเวลาที่ใช้ทอดที่มีต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือก โดยวางแผนการทดลองแบบ 3^2 Factorial ในแผนสุ่มทดลอง (CRD) ปัจจัยที่ศึกษาคือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป 3 ระดับ คือ 8%, 9.7% และ 11.4% (อบที่ 50 องศาเซลเซียสนาน 5, 2 และ 1 ชั่วโมงตามลำดับ) เวลาในการทอด 3 ระดับคือ 15, 20 และ 25 วินาที มีทั้งหมด 9 สิ่งทดลองซึ่งจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และน้ำมันทั้งหมด (Total oil content) ตามวิธีของ AOAC (1995)

- การวัดค่าเนื้อสัมผัส วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Lloyd รุ่น TA 500 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Nexygen[®] version 4.1 วัดค่าแบบ Single Hardness Setup โดยใช้หัวทดสอบแบบทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร บันทึกค่าแรงสูงสุด (Hardness, หน่วย N) และค่างานทั้งหมดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูป (Total work, หน่วย mJ) รวมทั้งนำข้อมูลค่าแรงทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่า Apparent fractal dimension ตามวิธีของ Suwonsichon and Peleg (1998) ด้วยโปรแกรม Russ's Fractal (Russ, 1994)
- วัดความหนาแน่น (Bulk density) และอัตราการพองตัวโดยปริมาตร (Volume expansion ratio) ตามวิธีของ Suknark et al. (1999)
- การวัดค่าสี วัดค่าสีด้วยระบบ CIELAB ตามวิธีของ CIE (1986) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d แหล่งกำเนิดแสง D₆₅ ค่าที่วัดได้แก่ค่าสี L* (ค่าความสว่าง มีค่า 0 - 100), a* (+ หมายถึงสีแดง, - หมายถึงสีเขียว), b*(+ หมายถึงสีเหลือง, - หมายถึงสีน้ำเงิน), C* (ค่าความบริสุทธิ์ของเนื้อสีหลัก) และ h° (ตำแหน่งมุมของเนื้อสีหลัก, h° = 0° หรือ 360° หมายถึงสีแดง, h° = 90° หมายถึงสีเหลือง, h° = 180° หมายถึงสีเขียว, h° = 270° หมายถึงสีน้ำเงิน)

การวิเคราะห์ข้อมูล

- การหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ และเคมีมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้วิธี General linear models (GLM) เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้ Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย
- การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (Response surface method) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและเวลาในการทอดที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เพื่อนำผลการทดลองจากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression analysis) โดยใช้สมการ Second order polynomial, $y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2 + B_{12}x_1x_2 + E$ เมื่อ y คือคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือก, x_1 คือความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปก่อนทอด, x_2 คือเวลาในการทอด, E คือความคลาดเคลื่อน วิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองโดยใช้สมการสมการถดถอยที่มีค่าสัดส่วนความแปรปรวน (R^2) 0.65 ขึ้นไป

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี

จากการศึกษาผลของความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและเวลาในการทอดพบว่า มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

- **ความชื้น และปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์** จากการศึกษาพบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและเวลาในการทอดมีอิทธิพลร่วมกันในการทำให้ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือกมีความชื้น และปริมาณน้ำมันทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เปลือกมีความชื้น 3 – 4 % มีปริมาณน้ำมันทั้งหมด 20 – 31% โดยส่วนใหญ่การเพิ่มเวลาในการทอด

จะทำให้ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวัวร์เผือกมีความชื้นลดลง ($p \leq 0.05$) และเมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป และเวลาในการทอดจะทำให้ปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ Moreira et al.(1999) กล่าวว่าระหว่างกระบวนการทอดความร้อนจะทำให้ไขมันในผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูประเหยกลายเป็นไอและพยายามออกมาที่ผิวทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวและเกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันน้ำมันจะเข้าไปแทนที่ปริมาณน้ำที่ระเหยออกและช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ทำให้ปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นและมีความชื้นลดลง ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่มีความชื้นสูงจะทำให้เกิดช่องว่างในผลิตภัณฑ์และดูดซับน้ำมันได้มากกว่าผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่มีความชื้นต่ำ จากการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวที่มีความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป 11.4% และใช้เวลาในการทอดจาก 25 วินาที จะทำให้มีปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สูงที่สุด

Table 1 Physicochemical properties means¹ and standard deviations of processed taro snacks.

X ₁	X ₂	Moisture content ² (%)	Total oil ² (%)	Hardness ¹ (N)	Total work ¹ (mJ)	Fractal dimension ¹	Volume expansion ratio	Bulk density ² (g/cm ³)
8	15	3.88 ± 0.03a	20.67 ± 0.31g	7.61 ± 1.27ab	1.58 ± 0.88	1.12 ± 0.06e	2.19 ± 0.30ed	0.28 ± 0.04a
8	20	3.70 ± 0.08b	22.11 ± 0.38f	7.71 ± 1.12a	1.80 ± 1.11	1.14 ± 0.06de	2.10 ± 0.28e	0.28 ± 0.03a
8	25	3.28 ± 0.05c	22.91 ± 0.49e	7.63 ± 1.43ab	1.88 ± 1.82	1.18 ± 0.05bcd	2.21 ± 0.10ced	0.28 ± 0.01ab
9.7	15	3.76 ± 0.13b	24.78 ± 0.45d	6.67 ± 0.79b	1.65 ± 0.92	1.21 ± 0.05bc	2.68 ± 0.28b	0.23 ± 0.02cde
9.7	20	3.68 ± 0.07b	25.35 ± 0.45d	7.21 ± 1.14ab	1.37 ± 0.57	1.23 ± 0.04ab	3.08 ± 0.27a	0.21 ± 0.02e
9.7	25	3.08 ± 0.05d	26.11 ± 0.55c	7.19 ± 0.93ab	1.72 ± 0.79	1.22 ± 0.06bc	2.96 ± 0.06a	0.22 ± 0.00de
11.4	15	3.76 ± 0.03b	29.15 ± 0.47b	5.49 ± 0.90c	1.42 ± 0.83	1.13 ± 0.07de	2.48 ± 0.33bc	0.27 ± 0.04ab
11.4	20	3.24 ± 0.09c	29.52 ± 0.63b	5.19 ± 0.58c	1.15 ± 0.86	1.17 ± 0.06cde	2.42 ± 0.06bcd	0.26 ± 0.00abc
11.4	25	3.06 ± 0.10d	30.76 ± 0.63a	5.45 ± 0.83c	1.01 ± 0.61	1.27 ± 0.05a	2.52 ± 0.15b	0.25 ± 0.01bcd

Note : ¹Means are calculated from duplicate experiments having ten replicate samples.

²Means are calculated from duplicate experiments having three replicate samples.

a – g Means within the same row by different letters are significantly different at 95% confidential level ($p \leq 0.05$)

X₁ : Moisture content of half – snack (%)

X₂ : Frying time (sec)

- **การวัดค่าเนื้อสัมผัส** ความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปมีผลต่อค่าความแข็ง และค่า fractal dimension ของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวัวร์เผือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่างานทั้งหมดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูป (Total work) ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปทำให้ค่าความแข็งลดลง อาจเนื่องจากช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอด เมื่อความชื้นในผลิตภัณฑ์มากจะทำให้เกิดช่องว่างภายในผลิตภัณฑ์มากความแข็งจึงลดลง และอาจเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ โดย Moreira et al.(1999) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมันต่ำจะมีเนื้อสัมผัสแข็ง จากการทดลองพบว่า ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวัวร์เผือกที่มีความชื้นของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป 11.4% จะมีความแข็งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่มีความชื้น 8% และ 9.7% ($p \leq 0.05$) สำหรับเวลาในการทอดพบว่าไม่มีผลต่อค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาค่า fractal dimension ซึ่งแสดงถึงความกรอบของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 2 โดย 1 หมายถึงไม่กรอบ, 2 หมายถึงกรอบมาก (Suwonsichon and Peleg, 1998) พบว่าผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป

ที่มีความชื้น 9.7% มีค่า fractal dimension สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น และเมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ค่า fractal dimension เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงว่าที่ความชื้น 9.7% และเวลาในการทอด 15 – 25 วินาที จะส่งผลให้ตัวอย่างมีแนวโน้มที่จะมีความกรอบมากกว่าที่ความชื้น 8% และ 11.4%

- **อัตราการพองตัวโดยปริมาตร และความหนาแน่น** ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือกมีอัตราการพองตัวโดยปริมาตร 2.1 – 3.08 เท่า และมีความหนาแน่น 0.21 - 0.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่า ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปมีผลต่ออัตราการพองตัว และความหนาแน่นของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปจาก 8% เป็น 9.7% ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือกจะมีอัตราการพองตัวโดยปริมาตรเพิ่มขึ้น และมีความหนาแน่นลดลง ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มความชื้นเป็น 11.4% อัตราการพองตัวโดยปริมาตรจะลดลงเล็กน้อยในขณะที่ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากระหว่างกระบวนการทอดความร้อนจะทำให้ น้ำในผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูประเหยเป็นไอน้ำ พยายามออกจากผิวของผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัว ที่ความชื้น 9.7% และ 11.4% ผลิตภัณฑ์จึงพองตัวได้มากกว่าที่ความชื้น 8% และส่งผลให้มีความหนาแน่นลด แต่ที่ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปเท่ากับ 11.4% ผลิตภัณฑ์จะดูดซับน้ำมันได้มากกว่าความหนาแน่นจึงเพิ่มขึ้น

Table 2 Color attributive means¹ and standard deviations of processed taro snacks.

X ₁	X ₂	L*	a*	b*	C*	h ^o
8	15	65.15 ± 0.91a	10.42 ± 0.31e	24.62 ± 0.46de	26.74 ± 0.53e	67.06 ± 0.38a
8	20	65.08 ± 0.51a	10.49 ± 0.28de	25.41 ± 0.34cde	27.49 ± 0.32de	67.57 ± 0.50a
8	25	61.84 ± 1.10b	11.94 ± 0.35c	27.12 ± 0.35a	29.64 ± 0.23ab	66.23 ± 0.84b
9.7	15	61.63 ± 0.82b	10.93 ± 0.40d	24.55 ± 0.54e	26.87 ± 0.60e	66.00 ± 0.66b
9.7	20	59.48 ± 1.10c	11.88 ± 0.34c	25.64 ± 0.76bcd	28.26 ± 0.75cd	65.12 ± 0.69c
9.7	25	58.77 ± 0.37c	12.78 ± 0.12b	27.14 ± 0.45a	29.99 ± 0.42a	64.78 ± 0.38c
11.4	15	61.22 ± 1.11b	10.25 ± 0.62e	23.18 ± 1.52f	25.34 ± 1.62f	66.14 ± 0.60b
11.4	20	57.82 ± 0.29d	12.34 ± 0.62bc	26.05 ± 1.50bc	28.83 ± 1.62bc	64.66 ± 0.28c
11.4	25	55.49 ± 0.36e	13.24 ± 0.26a	26.64 ± 0.56ab	29.76 ± 0.57ab	63.33 ± 0.48d

Note : ¹Means are calculated from duplicate experiments having five replicate samples.

a – f Means within the same row by different letters are significantly different at 95% confidential level ($p \leq 0.05$)

X₁ : Moisture content of half – snack (%)

X₂ : Frying time (sec)

- **การวัดค่าสี** จากการทดลองพบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป และเวลาในการทอดมีอิทธิพลร่วมกันในการทำให้ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือกมีสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อเพิ่มเวลาในการทอดจาก 15 เป็น 20 และ 25 วินาที จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองและสีน้ำตาลแดงเข้มขึ้นโดยสังเกตได้จากค่าสี a* และ b* ที่เพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ที่ลดลง ซึ่งส่งผลให้ตำแหน่งมุมของเนื้อสีหลัก (h^o) ลดลงมาจาก 0^o ซึ่งหมายถึงสีแดง และมีความบริสุทธิ์ของเนื้อสีหลัก (C*) มากขึ้น และการเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปจาก 8% เป็น 9.7% และ 11.4% จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงมากขึ้น โดยมีค่าสี a* เพิ่มขึ้น ค่าสี h^o และ L* ลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าสี b* และ ค่า C* ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป และเวลาในการทอดทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลแดง Thomas and Finley (1985) กล่าวว่า เป็นเพราะในผลิตภัณฑ์มี

หมู่อะมิโนของโปรตีนกับน้ำตาลรีดิคซ์ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดขณะทอด จากการทดลองพบว่าสิ่งทดลองที่มีความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป 11.5% และใช้เวลาในการทอด 25 วินาทีที่มีน้ำตาลแดงมากที่สุด

การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี (ตารางที่ 1 และ 2) พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปและเวลาในการทอดมีผลต่อความชื้น ปริมาณน้ำมันทั้งหมด อัตราการพองตัวโดยปริมาตร ความหนาแน่น ค่าความแข็ง ค่า fractal dimension ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h° ของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เฝือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่างานทั้งหมดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูป ($p > 0.05$) เมื่อนำข้อมูลคุณภาพที่มีความแตกต่างกันในแต่ละสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มาวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป และเวลาในการทอดที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่กล่าวมา พบว่าจะได้สมการถดถอยและค่าสัดส่วนความแปรปรวน (R^2) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยทุกสมการมีระดับความเชื่อมั่นมากกว่า 95 % ซึ่งจากสมการนี้สามารถอธิบายคุณภาพทางกายภาพและเคมีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เฝือกได้แก่ ความชื้น ปริมาณน้ำมันทั้งหมด อัตราการพองตัวโดยปริมาตร ค่าสี L^* , a^* , b^* , C^* และ h° ได้โดยมีค่า R^2 0.65 ขึ้นไป

Table 3 The predictive regression models for physical and chemical properties using independent variables; moisture content of half-snack (X_1) and frying time (X_2)

Dependent variable; y	Predictive model	R^2
Chemical property		
Moisture content(%)	$3.147 + 0.150X_1 + 0.071X_2 - 0.008 X_1^2 - 0.003X_1X_2 - 0.003X_2^2$	0.88
Total oil content	$11.135 - 0.252X_1 + 0.244X_2 + 0.152 X_1^2 - 0.0188X_1X_2 + 0.0028X_2^2$	0.98
Physical properties		
Hardness (N)	$-4.307 + 2.801 X_1 + 0.0836X_2 - 0.177 X_1^2 - 0.0021X_1X_2 - 0.0012X_2^2$	0.49
Fractal dimension	$-0.0205 + 0.284 X_1 - 0.0274X_2 - 0.0164 X_1^2 + 0.0024X_1X_2 + 0.0003X_2^2$	0.36
Volume expansion ratio	$-17.633 + 4.017 X_1 + 0.053X_2 - 0.203 X_1^2 + 0.001X_1X_2 - 0.001X_2^2$	0.65
Bulk density (g/cm^3)	$1.811 - 0.316 X_1 - 0.001X_2 + 0.017 X_1^2 - 0.0006 X_1X_2 + 0.0001X_2^2$	0.57
L^*	$106.253 - 7.954 X_1 + 0.465X_2 + 0.395 X_1^2 - 0.071X_1X_2 - 0.004X_2^2$	0.91
a^*	$0.039 - 2.219 X_1 - 0.249X_2 + 0.144 X_1^2 - 0.001 X_1X_2 - 0.043X_2^2$	0.84
b^*	$15.726 + 1.096 X_1 + 0.259X_2 - 0.092 X_1^2 + 0.029 X_1X_2 + 0.006X_2^2$	0.67
C^*	$14.661 + 1.857 X_1 + 0.129X_2 - 0.141 X_1^2 + 0.045 X_1X_2 - 0.005X_2^2$	0.72
h°	$80.813 - 3.431 X_1 + 0.587X_2 + 0.197 X_1^2 - 0.051X_1X_2 - 0.0064X_2^2$	0.80

จากการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (ภาพที่ 1) พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปมีผลอย่างมากต่อการดูดซับน้ำมันของขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เฝือก เมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปเล็กน้อยจะทำให้ปริมาณน้ำมันทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในขณะที่การเพิ่มเวลาในการทอดจะทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์และปริมาณน้ำมันทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปจาก 8% เป็น 9.7% จะทำให้อัตราการพองตัวโดยปริมาตรขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เฝือกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความชื้นเป็น 11.4% อัตราการพองตัวโดยปริมาตรจะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย

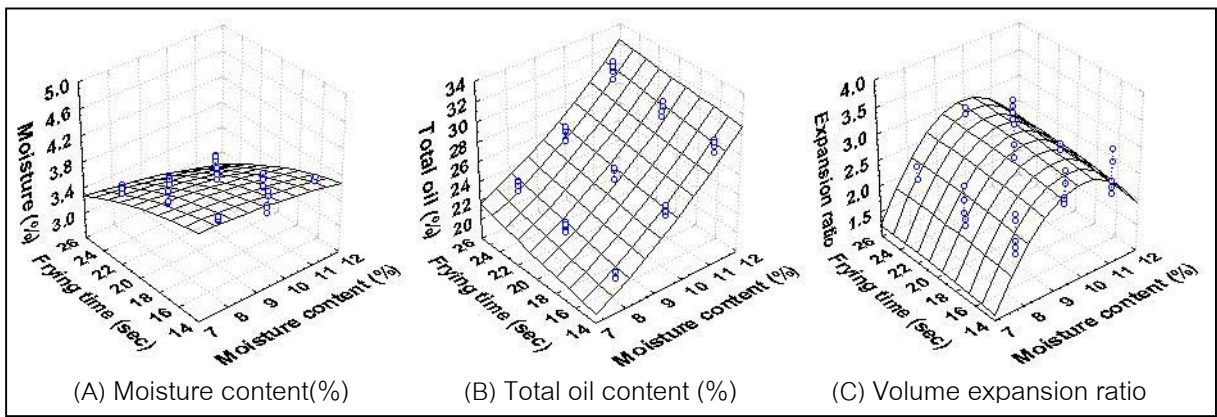


Figure 1 The effect of moisture content of half – snack and frying time on (A) moisture content(%), (B) total oil content (%) and (C) volume expansion ratio of processed taro snacks.

จากภาพที่ 2 ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปและเวลาในการทอดมีผลต่อคุณภาพทางด้านสีของขนมขบเคี้ยวจากแป้งพลาว์เฝือก เมื่อเพิ่มความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปทำให้ค่าสี L^* และ h° มีแนวโน้มลดลง ค่าสี a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าสี b^* และ ค่า C^* การเพิ่มเวลาในการทอดผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปจะทำให้ค่าสี L^* และ h° มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย แต่ทำให้ค่าสี a^* , b^* และ C^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเพิ่มเวลาในการทอดผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปที่มีความชื้นสูง (11.4%) จะทำให้ค่าสี L^* และ h° มีแนวโน้มลดลงมากกว่าการเพิ่มเวลาทอดผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปที่ความชื้น 9.7% และ 8%

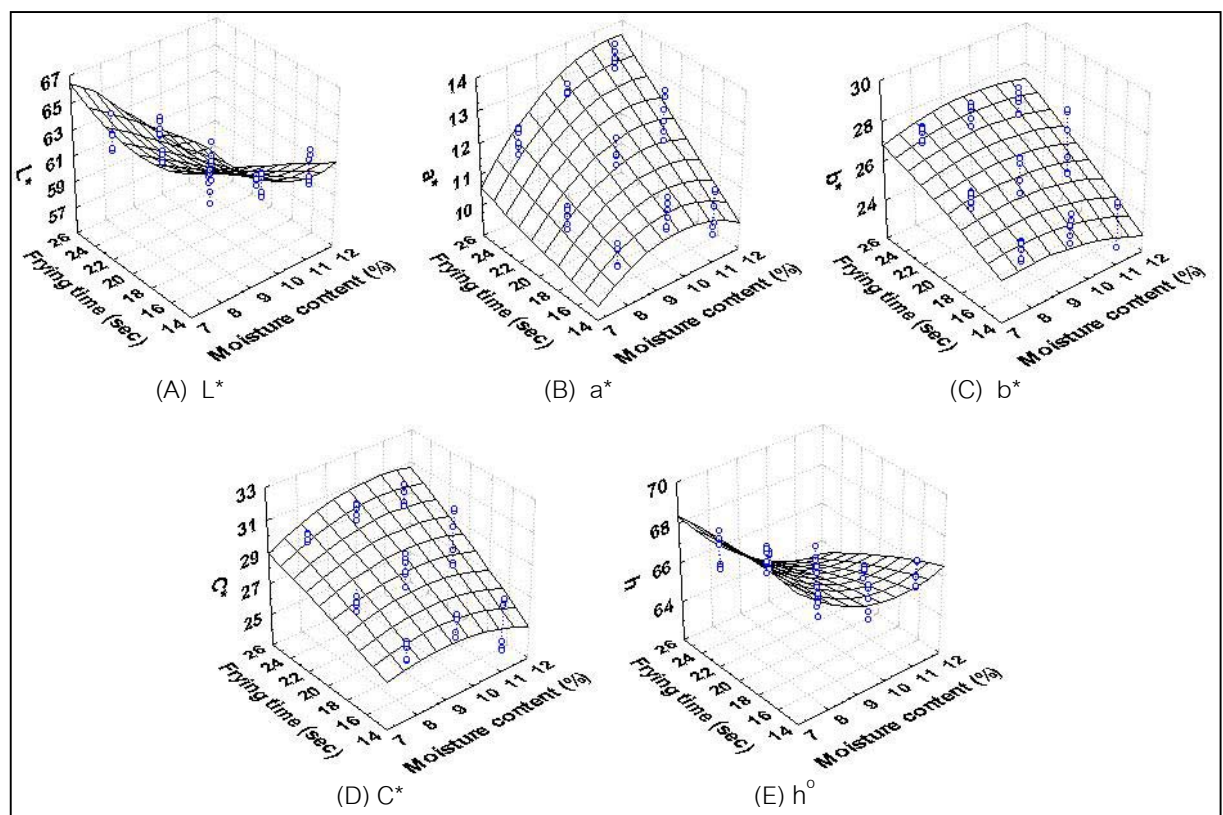


Figure 2 The effect of moisture content of half – snack and frying time on (A) L^* , (B) a^* , (C) b^* , (D) C^* and (E) h° of processed taro snacks.

สรุป

ความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือกกิ่งสำเร็จรูป และเวลาในการทอดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มีอิทธิพลต่อค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากอิทธิพลดังกล่าวสามารถนำการวิเคราะห์ที่พื้นผิวตอบสนอง (Response surface methodology) มาอธิบายคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ทางด้านความชื้น ปริมาณน้ำมันทั้งหมด อัตราการพองตัว โดยปริมาตร และค่าสีระบบ CIE LAB ได้แก่ ค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h° โดยที่สมการที่ได้มีค่า R^2 ตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป และได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิต คือ ความชื้นของผลิตภัณฑ์กิ่งสำเร็จรูปก่อนทอด 9.7% ใช้เวลาทอด 20 วินาที ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ขนมขบเคี้ยวจากแป้งฟลาวร์เผือกที่มีความชื้น 3.68 % ปริมาณน้ำมันทั้งหมด 25.35 % อัตราการพองตัวโดยปริมาตร 3.08 เท่า และมีค่า L^* , a^* , b^* , C^* และ h° เท่ากับ 59.48, 11.88, 25.64, 28.26 และ 65.12 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา. 2543. เรื่องของ"เผือก"เผือกครบวงจรระดับประเทศ. วารสารเคหะการเกษตร 24(2) : 121 – 130.
- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2537. การผลิตอาหารว่างจากเผือก. รายงานกิจกรรม ,กระทรวงวิทยาศาสตร์, เทคโนโลยีและการพลังงาน , 49 : 156 –163.
- นิรนาม. 2543. นานิบสไก้ยักษ์สหรัฐอึดงบุ่มตลาดไทย. หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ. ฉบับวันที่ 1 เม.ย.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed., The Association of Official Analytical Chemists Arlington, Virginia 1,588 p.
- CIE. 1986. Colorimetry, 2nd ed. CIE publication 15.2, Commission Internationale de l' Eclairage, Vienna.
- Moreira G.R., M.E. Castell-Perez and M.A. Berrufet. 1999. Deep - Fat Frying. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland. 350 p.
- Russ, J.C. 1994. Fractal Surfaces. Plenum Press, New York.
- Suwonsichon, T., and M. Peleg. 1998. Instrumental and sensory determination of simultaneous brittleness loss and moisture toughening in three puffed cereals. J.Texture Studies 29 : 255 – 274.
- Thomas R. and J.W. Finley. 1985. Chemical Changes in Food During Processing. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.