

สภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเพื่อชะลอการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ข้าวตัง
ของชมรมแม่บ้านศูนย์การบินทหารบก ต.เขาพระงาม อ.เมือง จ. ลพบุรี

Optimal Production Process Conditions for Rancidity Reduction in Kao Tang
Product of Housewife Club of Royal Thai Army Aviation Center, Khao Phra Ngam
Sub-district, Muang District, Lopburi Province

กรรณิการ์ อ่อนสำลี^{1/*}

Gannigar Onsamlee^{1/*}

^{1/}สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000

^{1/}Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University,
Muang Lopburi 15000, Thailand

(Received 12 January 2016: Accepted 26 April 2016)

Corresponding author: gannigar.w@lawasri.tru.ac.th

Abstract: This research aimed to study the optimum temperature and time in the process of baking and frying Kao Tang and rancidity reduction of Kao Tang during storage. The experiments were designed as 2x3 factorial in CRD for studying the factors of temperature and time of 50, 60 and 70 °C, and 4, 6, 8 hours for baking process and 180, 200 and 220 °C and 3, 5, 7 seconds for frying process. The study to reduce the rancidity using each 100 mg/kg of BHT or TBHQ and combination of BHT and TBHQ in the production of Kao Tang product were carried out. The results showed that the optimum temperature and time of the baking were 50 °C and 6 hours while those of the frying were 220°C and 5 seconds. Using 200 mg/kg of BHT and TBHQ could reduce rancidity better than using only BHT or TBHQ after storage in the room temperature (28-33 °C) for 7 weeks. The customer preference products using BHT and TBHQ for the reduction in rancidity more than that using only BHT or TBHQ.

Keywords: Optimal production process condition, reduction of rancidity, Kao Tang product

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการอบและการทอด และการชะลอการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ข้าวตังระหว่างการเก็บรักษา โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการอบที่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และ 4, 6 และ 8 ชั่วโมง การทอดที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส และ 3, 5 และ 7 วินาที ศึกษาการชะลอการเกิดกลิ่นหืนโดยเติมสารกันหืน TBHQ หรือ BHT และการเติมร่วมกันของสารกันหืน TBHQ และ BHT อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการอบผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง สำหรับอุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการทอดที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 5 วินาที การใช้สารกันหืน TBHQ ร่วมกับสารกันหืน BHT 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถชะลอการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้ TBHQ หรือ BHT หลังจากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (28-33 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 สัปดาห์ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ในการใช้สารกันหืน BHT ร่วมกับสารกันหืน TBHQ ชะลอการเกิดกลิ่นหืนมากกว่าใช้สารกันหืน BHT หรือสารกันหืน TBHQ เพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: สภาพที่เหมาะสมในการผลิต การชะลอการเกิดกลิ่นหืน ผลิตภัณฑ์ข้าวตัง

คำนำ

จังหวัดลพบุรีมีผลิตภัณฑ์ OTOP ที่ได้ขึ้นทะเบียนจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์กลุ่มอาหารจะเป็นอาหารว่าง ซึ่งในปัจจุบันนี้ผู้คนส่วนใหญ่นิยมบริโภคอาหารว่างมากขึ้น เพราะสามารถรับประทานได้ง่าย เหมาะกับทุกเพศทุกวัย อาหารว่างมีหลายประเภท ได้แก่ อาหารว่างประเภทแซ่บ นึ่ง อบ และทอด สำหรับอาหารว่างประเภททอดจะมีการเสื่อมเสียจากการเกิดกลิ่นได้ง่าย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการใช้น้ำมันทอด เมื่อเก็บไว้นานเกินไปทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่ดี และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับจังหวัดลพบุรีมีกลุ่มชมรมแม่บ้านศูนย์การบิณฑบาตได้ผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตังมีการขอขึ้นทะเบียน OTOP โดยกระบวนการผลิตแผ่นข้าวตังอบแห้งด้วยพลังงานจากแสงอาทิตย์ และใช้เตาแก๊สในการทอด ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ความร้อนในการแปรรูป แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตที่ยังไม่มีมาตรฐาน ทำให้ผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่ผลิตและรอจำหน่ายมีคุณภาพลดลง โดยเฉพาะการเกิดกลิ่นหืน ซึ่งเป็นปัจจัย

หนึ่งของการเสื่อมเสียอาหาร การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนกับลิพิด หรือไตรกลีเซอไรด์ ที่มีกรดไขมันชนิดชนิดไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดสารที่กลิ่นและรสที่ผิดปกติ (ศิวพร, 2546) ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับแม้จะเป็นอาหารว่างที่มีความนิยมมาก โดยส่วนมากผลิตภัณฑ์อาหารว่างเหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมซื้อไปเป็นของฝากในโอกาสต่าง ๆ เพราะสามารถเก็บได้นาน และรับประทานได้ทุกเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาอุณหภูมิ เวลาในการอบ และทอด เพื่อให้เกิดมาตรฐาน และส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้โดยศึกษาการใช้สารกันหืนในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อก่อให้เกิดผลในเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีการดำเนินการ 3 ตอน ตามลำดับดังนี้
ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการอบผลิตภัณฑ์ข้าวตังดิบ

ทำการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งดิบ โดยในขั้นตอนการอบข้าวตั้งดิบที่ขึ้นรูปเป็นแผ่นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว มีความหนา 0.2 เซนติเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบไฟฟ้า โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD ศึกษาอุณหภูมิในการอบ ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 4, 6 และ 8 ชั่วโมง โดยทั้งหมด 10 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 สูตรควบคุมจะใช้ข้าวตั้งดิบจากชมรมแม่บ้านศูนย์การbinทหารบก โดยมีกระบวนการผลิตเริ่มจากการอบแผ่นข้าวตั้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นเวลา 2 วัน กลุ่มทดลองที่ 2 อุณหภูมิในการอบ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 4 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 3 อุณหภูมิในการอบ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 6 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 4 อุณหภูมิในการอบ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 8 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 5 อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 4 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 6 อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 6 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 7 อุณหภูมิในการอบ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 8 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 8 อุณหภูมิในการอบ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 4 ชั่วโมง กลุ่มทดลองที่ 9 อุณหภูมิในการอบ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 6 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 10 อุณหภูมิในการอบ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 8 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้านคุณภาพกายภาพ ด้านเคมีและเปรียบเทียบผลคุณภาพด้านต่าง ๆ ระหว่างข้าวตั้งแผ่นดิบโดยทำการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบ กับข้าวตั้งสูตรควบคุม โดยวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) (AQUALAB, USA) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยระบบ CIE (color flex, USA)

คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ร้อยละปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 2 ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการทอดผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งไม่ปรุงแต่งหน้า

นำผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งแผ่นดิบที่ผ่านกระบวนการอบในสภาวะที่เหมาะสมและข้าวตั้งของชมรมแม่บ้านศูนย์การbinทหารบก(ตัวควบคุม) มาทอดด้วยน้ำมันปาล์ม โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD ศึกษาปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิในการทอดได้แก่ 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส และระยะเวลาดทอด ได้แก่ 3, 5 และ 7 วินาที นำตัวอย่างขึ้นสะเด็ดน้ำมัน 3 นาที โดยทั้งหมด 10 กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 สูตรควบคุมข้าวตั้งทอดของชมรมแม่บ้านศูนย์การbinทหารบก กลุ่มทดลองที่ 2 อุณหภูมิในการทอด 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 3 วินาที กลุ่มทดลองที่ 3 อุณหภูมิในการทอด 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 5 วินาที กลุ่มทดลองที่ 4 อุณหภูมิในการทอด 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 7 วินาที กลุ่มทดลองที่ 5 อุณหภูมิในการทอด 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 3 วินาที กลุ่มทดลองที่ 6 อุณหภูมิในการทอด 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 5 วินาที กลุ่มทดลองที่ 7 อุณหภูมิในการทอด 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 7 วินาที กลุ่มทดลองที่ 8 อุณหภูมิในการทอด 220 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 3 วินาที กลุ่มทดลองที่ 9 อุณหภูมิในการทอด 220 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 5 วินาที และกลุ่มทดลองที่ 10 อุณหภูมิในการทอด 220 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอด 7 วินาที จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านกายภาพ ด้านเคมี

คุณภาพทางประสาทสัมผัส และเปรียบเทียบผลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทดลอง และผลิตภัณฑ์ชุดควบคุม คัดเลือกสภาวะในการทอดที่เหมาะสม ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยระบบ CIE คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer, TA.XT .plus, England) วิเคราะห์หาค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (toughness) โดยใช้หัววัด HDP/CFS คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ร้อยละปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ประเมินทางประสาทสัมผัส โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้ว ทำการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2547) คุณลักษณะที่ประเมิน ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ ความแข็ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 3 ศึกษาการลดการเหม็นหืนผลิตภัณฑ์ข้าวตังไม่ปรุงแต่งหน้า

นำผลิตภัณฑ์ข้าวตังดิบที่มีสภาวะการอบและทอดที่เหมาะสมมาศึกษาการชะลอการเกิดกลิ่นหืนโดยมีการเติมสาร TBHQ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม BHT 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเติมร่วมกันของสารกันหืน TBHQ และ BHT อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในน้ำมัน 1 ลิตร จากนั้นเก็บผลิตภัณฑ์ข้าวตังทอดไว้ในถุงซิปล็อค ชนิดโพลีโพรพิลีน เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (28 - 33 องศาเซลเซียส) โดยสุ่มตัวอย่างตรวจทุก 1 สัปดาห์และทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยระบบ CIE

คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส วิเคราะห์หาค่าความแข็ง และความเหนียว โดยใช้หัววัด HDP/CFS คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value ; P.V.) (AOAC, 2000) ค่าความเป็นกรด (acid value ; A.V.) (AOAC, 2000) ค่าที บี เอ (TBA) (Pearson, 1999) คุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) จำนวนยีสต์และรา ตามวิธี AOAC (2000) การประเมินทางประสาทสัมผัส โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้ว ทำการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2547) คุณลักษณะที่ประเมิน ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ ความแข็ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตอนที่ 1 อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบและการอบผลิตภัณฑ์ข้าวตังดิบ

จากการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ข้าวตังดิบ โดยออกแบบการทดลองแบบ factorial in CRD ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิในการอบ ได้แก่ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และระยะเวลา ได้แก่ 4 6 และ 8 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบกับข้าวตังดิบของชมรมแม่บ้านศูนย์การบินทหารบก (ตัวควบคุม) ซึ่งผ่านการอบจากพลังงานแสงอาทิตย์ 2 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

Table 1 Effects of baking condition on physicochemical properties of Khao Tang

Treatment	Temperature (°C) : time (hour)	Colors			A _w	Moisture content (%)
		L*	a*	b*		
1	Control ¹	43.22 ^a ±0.30	0.54 ^g ±0.04	12.01 ^a ±0.19	0.35 ^d ±0.21	5.89 ^d ±0.15
2	50:4	51.66 ^d ±0.14	-0.27 ^c ±0.10	14.11 ^b ±0.50	0.48 ^e ±0.11	6.45 ^e ±0.21
3	50:6	43.50 ^a ±0.40	-0.14 ^e ±0.03	14.60 ^c ±0.26	0.36 ^d ±0.41	5.95 ^d ±0.40
4	50:8	47.91 ^b ±0.68	-0.21 ^d ±0.02	14.10 ^b ±0.08	0.34 ^d ±0.32	5.52 ^c ±0.25
5	60:4	51.08 ^c ±0.33	-0.13 ^f ±0.02	15.42 ^d ±0.11	0.31 ^c ±0.42	5.06 ^b ±0.17
6	60:6	50.76 ^c ±0.26	-0.37 ^b ±0.01	15.70 ^{de} ±0.26	0.29 ^b ±0.04	5.04 ^b ±0.29
7	60:8	53.35 ^f ±0.29	-0.52 ^a ±0.04	15.85 ^e ±0.25	0.29 ^b ±0.02	4.98 ^b ±0.06
8	70:4	54.00 ^g ±0.32	-0.09 ^g ±0.02	17.14 ^g ±0.02	0.29 ^b ±0.31	3.61 ^a ±0.49
9	70:6	52.10 ^e ±0.06	0.43 ^g ±0.03	17.28 ^g ±0.13	0.29 ^b ±0.06	3.42 ^a ±0.21
10	70:8	51.52 ^d ±0.19	0.40 ^g ±0.02	16.39 ^f ±0.14	0.27 ^a ±0.03	3.31 ^a ±0.37

^{a-g} The difference letters in the same column are statistically significant different ($P \leq 0.05$)

¹ The Control is Kao tang without topping

จากตารางที่ 1 พบว่าการอบอุณหภูมิตามระยะเวลา
ทั้งอุณหภูมิเดียวกันและเวลาต่างกัน และที่อุณหภูมิ
ต่างกันและเวลาการอบต่างกัน ส่งผลให้ค่าสีด้าน
ความสว่าง (L*) ของข้าวตังมีค่าแตกต่างกันอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองมีค่าอยู่
ระหว่าง 43.22- 54.00 ค่าความสว่างของกลุ่มทดลองที่ 1
ซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุม (ข้าวตังดิบชมรมแม่บ้านศูนย์
การbinทหารบก) มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มทดลองที่ 3 ($P > 0.05$) โดยมี
ค่าเท่ากับ 43.22±0.30 และ 43.50±0.40 ตามลำดับ

ด้านค่าสีแดงหรือสีเขียว (a*) โดยที่ (+a*) แสดง
ความเป็นสีแดง (-a*) แสดงความเป็นสีเขียว จากการ
ทดลองพบว่า มีค่าสีอยู่ระหว่าง (-0.52) - 0.54 ทุกกลุ่ม
ทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P \leq 0.05$) พบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันและเวลาต่างกัน
และอุณหภูมิต่างกันและเวลาการอบต่างกันส่งผลให้ค่า
สีแดงหรือสีเขียว (a*) มีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) จาก
การทดลองพบว่า อุณหภูมิ 60 และ 50 ค่าสีแดงหรือ

สีเขียว(a*) เป็นลบมากขึ้น แสดงว่ามีความเป็นสีเขียว
เพิ่มขึ้นและค่าความเป็นสีแดงลดลง ด้านค่าสีเหลืองหรือ
สีน้ำเงิน (b*) โดยค่าสี (+b*) แสดงความเป็นสีเหลือง
ค่าสี (-b*) แสดงความเป็นสีน้ำเงิน มีค่าระหว่าง
12.01 - 17.28 จากการทดลองพบว่าทุกกลุ่มทดลองมี
ค่าสีไปทางสีเหลือง แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิและเวลาที่
ใช้ในการอบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้น
สำหรับกระบวนการแปรรูปข้าวตังมีการใช้ความร้อนทั้ง
อุณหภูมิและเวลาส่งผลต่อค่าสี (L*, a*, b*) ไปในทิศทาง
ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มทดลองที่ 1
(ตัวควบคุม) ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามค่าสีที่แตกต่างกับ
ตัวควบคุม เนื่องจากกรรมวิธีในการผลิตบางขั้นตอนไม่
เหมือนกันซึ่งในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมสามารถ
พิจารณาคุณภาพทางด้านอื่นประกอบด้วย

ปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ระหว่าง 0.27 – 0.48 พบว่า
อุณหภูมิและเวลาส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระมีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$) สำหรับ
กลุ่มทดลองที่ 3 (อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา

6 ชั่วโมง) และกลุ่มทดลองที่ 4 (อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 8 ชั่วโมง) มีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันกับกลุ่มทดลองที่ 1 (ตัวควบคุม) ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงในขณะที่ อุณหภูมิเดียวกันแต่เวลาในการอบต่างกัน (อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4, 6 และ 8 ชั่วโมง) ส่งผลให้ข้าวตังมีปริมาณน้ำอิสระมากกว่าข้าวตัง (ตัวควบคุม) เนื่องจากใช้วิธีการอบโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาในการสัมผัสกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่นานส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ข้าวตัง (ตัวควบคุม) มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่ากลุ่มทดลองอื่น แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบมีผลต่อการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ยิ่งอุณหภูมิสูง ระยะเวลาในการอบนานขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการระเหยน้ำออกมากทำให้ปริมาณน้ำอิสระที่ได้มีค่าต่ำกว่าการอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ต่ำ ซึ่งปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ เป็นปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ทำกิจกรรมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (นิธิยา, 2553) ด้านปริมาณความชื้น จากการทดลองพบว่า มีค่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 3.31 – 6.45 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 (ตัวควบคุม) และ 3 มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.89 ± 0.15 และ 5.95 ± 0.40 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการอบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลงในทางเดียวกันส่งผลให้ความชื้นลดลงด้วย เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดการสูญเสียไปใน

อาหาร ปริมาณน้ำอิสระและความชื้นจะเป็นตัวบ่งชี้ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียง่าย ส่งผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษา สำหรับค่าปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมเพื่อการยับยั้งการเกิดกลิ่นเหม็นจากการออกซิเดชันของไขมัน และปฏิกิริยาไฮโดรไลติก (hydrolytic reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์ จะไม่เกิดขึ้นเมื่อปริมาณน้ำอิสระ มีค่าต่ำกว่า 0.25 (นิธิยา, 2553)

จากข้อมูลการศึกษาคูณภูมิและเวลาในกระบวนการอบข้าวตังดิบโดยวัดคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี พบว่ากลุ่มทดลองที่ 3 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 6 ชั่วโมง เหมาะสมต่อกระบวนการอบเนื่องจากมีปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตภัณฑ์ข้าวตัง จึงใช้สภาวะการอบนี้ไปศึกษาในตอนต่อไป

ตอนที่ 2 อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการทอดผลิตภัณฑ์ข้าวตังดิบ

นำผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นดิบที่ผ่านการอบโดยใช้สภาวะเหมาะสมที่คัดเลือกได้จากตอนที่ 1 (อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และระยะเวลาอบ 6 ชั่วโมง) และข้าวตังของชมรมแม่บ้านศูนย์การบิณฑบาต (ตัวควบคุม) มาทอดด้วยน้ำมันปาล์ม โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD ศึกษา 2 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิในการทอดได้แก่ 180 200 และ 220 องศาเซลเซียส และระยะเวลาทอดได้แก่ 3, 5 และ 7 วินาที นำตัวอย่างชิ้นสะเด็ดน้ำมัน 3 นาที และทำการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองการวัดคุณภาพทางกายภาพทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Effects of frying conditions on physicochemical properties of Khao Tang

Treatment	Temperature (°C) : time (seconds)	Colors			A _w	Moisture content (%)
		L*	a*	b*		
1	Control ¹	60.25 ^b ±9.18	-0.90 ^c ±0.03	14.01 ^d ±0.04	0.29 ^b ±0.32	4.77 ^c ±0.26
2	180:3	54.73 ^a ±0.74	-0.53 ^a ±0.02	14.71 ^f ±0.28	0.41 ^e ±0.02	5.40 ^e ±0.31
3	180:5	55.39 ^a ±0.75	-0.87 ^b ±0.04	11.63 ^b ±0.24	0.40 ^e ±0.21	5.31 ^d ±0.18
4	180:7	65.15 ^d ±0.65	-1.02 ^e ±0.01	11.76 ^b ±0.04	0.37 ^d ±0.15	4.99 ^{cd} ±0.25
5	200:3	61.36 ^b ±0.41	-1.13 ^f ±0.02	10.09 ^a ±0.34	0.32 ^c ±0.33	5.09 ^{cd} ±0.32
6	200:5	62.42 ^c ±0.24	-1.07 ^e ±0.04	11.54 ^b ±0.21	0.32 ^c ±0.21	4.97 ^c ±0.23
7	200:7	58.02 ^{ab} ±0.36	-1.01 ^e ±0.01	11.79 ^b ±0.09	0.35 ^d ±0.11	4.59 ^b ±0.11
8	220:3	65.53 ^d ±0.25	-1.27 ^f ±0.04	13.02 ^c ±0.22	0.25 ^a ±0.51	4.16 ^a ±0.27
9	220:5	64.16 ^{cd} ±0.52	-0.90 ^c ±0.04	14.11 ^d ±0.30	0.28 ^b ±0.24	4.75 ^c ±0.23
10	220:7	63.66 ^{cd} ±0.46	-0.99 ^d ±0.01	14.34 ^e ±0.85	0.33 ^c ±0.44	5.03 ^{cd} ±0.19

^{a-f} The difference letters in the same column are statistically significant different ($P \leq 0.05$)

¹The Control is Kao tang without topping

จากตารางที่ 2 ด้านค่าความสว่าง (L*) พบว่า มีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 54.73 – 65.53 เมื่อใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการทอดที่ต่างกันส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิต่างกันและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด การทอดส่งผลต่อการระเหยของน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ระหว่างการทอดเกิดการดูดซับน้ำมันร่วมด้วย ทำให้สารที่มีจุดเดือดต่ำกว่า คือ น้ำในเมล็ดข้าวจะระเหยออกได้เร็วเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการทอดที่สูงขึ้น จึงส่งผลเกิดความดันไอน้ำสูง ทำให้เมล็ดข้าวพองเร็วสุกนุ่มเหมือนผิวน้ำมีความสว่าง โดยการทอดที่อุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส ส่งผลให้บริเวณผิวน้ำของผลิตภัณฑ์เกิดเป็นเปลือกแข็งได้น้อยทำให้มีความสว่างมากขึ้น (Maneerote *et al.*, 2009; Garayo and Moreira, 2002)

ด้านค่าสีแดงหรือสีเขียว (a*) มีค่าระหว่าง (- 0.53) - (- 1.27) ทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทำนองเดียวกันกับค่าสีเหลือง พบว่า ทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 10.09 – 14.71 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการทอดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสีเหลืองมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในการทอด พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ที่สูงกว่า 200 องศาเซลเซียส น้ำจะถูกกำจัดออกจากโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีสีเข้มขึ้น ซึ่งความเข้มของสีแปรผันกับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ (นิธิยา, 2553)

ด้านปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.41 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 และ 9 มีปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิเดียวกันและระยะเวลาในการทอดต่างกันส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลงที่บริเวณผิวของอาหาร

หรือตลอดขึ้นอาหาร จากผลวิจัยค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระ ส่งผลต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่าปริมาณน้ำอิสระที่เพิ่มขึ้นถึง 0.3 จะยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาให้น้อยลง แต่เมื่อเพิ่มมากขึ้นช่วง 0.55 -0.85 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง จะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการหืนที่เกิดเนื่องจากพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศทำให้เกิดการเชื่อมต่อกับเพอร์ออกไซด์ (peroxide linkage) (Lawson, 1995) เช่นเดียวกับด้านความชื้นของข้าวตังไม่ปรุงแต่งหน้าอยู่ระหว่างร้อยละ 4.59 – 5.40 กลุ่มทดลองที่ 1 และ 9 มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันหรือน้ำมันที่มีความชื้นมากกว่า ร้อยละ 1 จะทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสของไขมันหรือน้ำมันได้กรดไขมันอิสระสามารถออกซิไดส์ได้ง่าย (de Silva *et al.*, 2006) ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิในการทอดเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นมีค่าต่ำลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมัน (ศรายุทธ์, 2551)

จากผลการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการทอดผลิตภัณฑ์ข้าวตังดิบ โดยการวัดคุณภาพทางกายภาพ พบว่า กลุ่มทดลองที่ 9 อุณหภูมิในการทอด 220 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 วินาที เนื่องจาก คุณภาพด้านค่าสี (L^* , a^* , b^*) ปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นที่มีความเหมาะสมต่อกระบวนการทอดผลิตภัณฑ์ข้าวตัง

ตอนที่ 3 การศึกษาการชะลอการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ข้าวตังทอด

จากการศึกษาในตอนที่ 1 และ 2 พบว่าสภาวะการอบในการผลิตข้าวตังที่เหมาะสม คือ อบข้าวตังที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง และการทอด

ที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เวลา 5 วินาทีเมื่อได้สภาวะการอบและการทอดที่เหมาะสมแล้วจึงนำมาศึกษาการชะลอการเกิดกลิ่นหืนโดยการเติมสาร TBHQ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม BHT 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการเติมร่วมกัน TBHQ และ BHT อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลงในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดข้าวตัง การใช้สารกันหืน TBHQ, BHA หรือ BHT ในผลิตภัณฑ์ใช้ได้ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำมันปาล์ม (ศิวาพร, 2546) ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพกับข้าวตังของชมรมแม่บ้านศูนย์การบินทหารบก (ตัวควบคุม) จากนั้นเก็บผลิตภัณฑ์ข้าวตังที่ผลิตภายใต้สภาวะที่คัดเลือกในถุงซิปล็อคชนิดโพลีโพรพิลีน เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (28 - 33 องศาเซลเซียส) โดยเก็บตัวอย่างตรวจสอบทุก 1 สัปดาห์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แสดงดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองคุณภาพทางเคมี ในช่วง 3 สัปดาห์แรกไม่พบค่าเพอร์ออกไซด์ ในทุกกลุ่มทดลอง และตรวจพบค่าเพอร์ออกไซด์ ในกลุ่มทดลองที่เป็นตัวควบคุมในสัปดาห์ที่ 4 - 7 มีค่าระหว่าง 1.61 – 2.57 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม และพบค่าเพอร์ออกไซด์ในกลุ่มทดลองที่ 2 ช่วงสัปดาห์ที่ 6 และ 7 มีค่าเพอร์ออกไซด์ 1.47 และ 1.63 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากงานวิจัยพบว่าชนิดของสารกันหืนแต่ละประเภท สามารถยับยั้งการเกิดเพอร์ออกไซด์ได้โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้น้ำมันที่ไม่อิ่มตัว (ศิวาพร, 2546; Race, 2009) เนื่องจากน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีคุณสมบัติทนความร้อนสูง เสื่อมสลายช้าเกิดจุดเกิดควัน (smoking point) ต่ำ มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภททอด (นิธิยา, 2548) สำหรับค่าเพอร์ออกไซด์ เป็นตัวบ่งชี้ต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและเกิดกลิ่นหืน

ในอาหาร การใช้สารกันหืนจะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ สำหรับการเกิดออกซิเดชันก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณของเพอร์ออกไซด์มีจำนวนมากเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนหรือที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ได้สารกลุ่มคาร์บอนิล และสารประกอบแอลดีไฮด์ (Shahidi and Wanasundara, 2002) และยังพบว่า สารกันหืนมีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดกลิ่นแบบออกซิเดชัน ในระยะขั้นต้นของน้ำมันที่ใช้ทอดผลิตภัณฑ์ ค่าเพอร์ออกไซด์จึงลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงน้อย (Bautista and Subosa, 1999) ค่าเพอร์ออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ข้าวตังควรมีไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัมน้ำมัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2554)

สำหรับค่าความเป็นกรด ในผลิตภัณฑ์ พบว่า ระยะการเก็บรักษา 7 สัปดาห์มีค่าความเป็นกรด 0.84 – 11.31 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกิโลกรัมทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การเก็บรักษาสภาพผลิตภัณฑ์ในระยะที่ สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป พบว่า ชนิดของสารกันหืนส่งผลให้ค่าความเป็นกรดมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าความเป็นกรดเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันอยู่ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดการหืนจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolytic rancidity) ส่งผลให้เกิดไขมันหรือน้ำมันในตัวผลิตภัณฑ์เกิดการสลายตัวทำให้ได้กรดไขมันอิสระ (Ramezanzadeh *et al.*, 1999) เมื่อเก็บเป็นเวลานาน 6 สัปดาห์ขึ้นไปค่าความเป็นกรดมีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นของการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์และมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้านค่าที่บีเอ พบว่า ระยะเวลาการเก็บ 7 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ไม่เติม

สารกันหืน กลุ่มทดลองที่เติม TBHQ และกลุ่มทดลองที่เติม BHT มีค่าที่บีเอ เพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มีค่า 0.92 – 3.02 มิลลิกรัมของมาโลนาลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าที่บีเอ ที่มีการเติมสารกันหืนทั้ง TBHQ และ BHT ชนิด TBHQ ร่วมกับ BHT แต่เวลาต่างกัน สัปดาห์ที่ 6 พบว่ามีค่าที่บีเอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 6 มีค่าที่บีเอ สูงสุดและลดลงในสัปดาห์ที่ 7 เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณของมาโลนาลดีไฮด์ ส่งผลให้ค่าที่บีเอมากขึ้นด้วยสำหรับมาโลนาลดีไฮด์สามารถที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีน ส่งผลทำให้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไปมีค่าที่บีเอลดลง (Bautista and Subosa, 1999)

จากการศึกษาการลดการเหม็นหืนพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารกันหืนชนิด TBHQ ร่วมกับ BHT ตลอดการเก็บ 7 สัปดาห์ ส่งผลต่อค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าความเป็นกรด และค่าที่บีเอ ในระดับที่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดสารกันหืนชนิดอื่น ($P \leq 0.05$) การใช้สารกันหืนร่วมกันจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนได้ดีกว่าการใช้สารกันหืนเพียงชนิดเดียว (กฤษณี, 2543)

นอกจากนี้คุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่าทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อกรัม ยีสต์และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์ข้าวตัง การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9 - point hedonic scale (ไพโรจน์, 2547) คุณลักษณะที่ประเมินได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ ความแข็ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 สัปดาห์ พบว่าค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสในการเก็บผลิตภัณฑ์ข้าวตังไม่ปรุงแต่งหน้าทีระยะเวลาการเก็บ

รักษาเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะที่ปรากฏ ความแข็ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมลดลง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารกันหืน TBHQ กับ BHT อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะ

ที่ปรากฏ ความแข็ง สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ๆ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Table 3 Effects of antioxidants on chemical qualities of Khao Tang during storage

Treatment	Storage periods (week)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Peroxide value (PV) (mEq/kg)								
Control	ND	ND	ND	ND	1.61 ± 0.37	2.03 ± 0.07	2.28 ± 0.14	2.57 ± 0.26
TBHQ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.47 ± 0.22	1.63 ± 0.09
BHT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TBHQ+BHT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Acid value (AV) (mg KOH/kg)								
Control	0.84 ^{nsA} ±	0.92 ^{ba} ±	1.23 ^{ba} ±	1.63 ^{bb} ±	2.98 ^{dc} ±	3.30 ^{cd} ±	8.32 ^{de} ±	11.31 ^{ef} ±0
	0.28	0.33	0.07	0.15	0.11	0.35	0.32	.98
TBHQ	0.84 ^A ±	0.84 ^{aA} ±	0.92 ^{aA} ±	1.54 ^{bb} ±	2.29 ^{bc} ±	2.74 ^{bd} ±	5.32 ^{ce} ±	8.45 ^{cf} ±
	0.01	0.02	0.03	0.15	0.12	0.36	0.41	0.67
BHT	0.88 ^A ±	0.87 ^{aA} ±	0.90 ^{aA} ±	1.76 ^{bcB} ±	2.51 ^{cC} ±	2.69 ^{bc} ±	3.24 ^{bd} ±	4.52 ^{be} ±
	0.03	0.11	0.20	0.17	0.23	0.22	0.09	0.16
TBHQ+BHT	0.84 ^A ±	0.86 ^{aA} ±	0.91 ^{aA} ±	1.23 ^{aA} ±	1.58 ^{aB} ±	2.25 ^{aC} ±	2.48 ^{ad} ±	3.00 ^{aE} ±
	0.05	0.04	0.10	0.06	0.14	0.13	0.09	0.15
Thiobarbituric acid (TBA) (mg malonaldehyde/kg)								
Control	0.92 ^{nsA} ±	0.94 ^{nsA} ±	1.02 ^{nsA} ±	1.13 ^{bb} ±	1.16 ^{bb} ±	2.35 ^{bc} ±	2.45 ^{cc} ±	3.02 ^{cd} ±
	0.45	0.06	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07
TBHQ	0.93 ^A ±	0.94 ^A ±	0.98 ^A ±	1.01 ^{aA} ±	1.03 ^{aA} ±	1.12 ^{ab} ±	2.96 ^{bd} ±	2.27 ^{cC} ±
	0.07	0.05	0.02	0.10	0.30	0.30	0.01	0.20
BHT	0.91 ^A ± 0.04	0.95 ^A ± 0.05	0.97 ^A ± 0.01	0.99 ^{aA} ±	1.01 ^{aA} ±	1.07 ^{aA} ±	2.18 ^{bb} ±	2.14 ^{bb} ±
				0.02	0.07	0.02	0.04	0.03
TBHQ	0.92 ^{ns} ±	0.94 ± 0.05	0.96 ± 0.05	0.98 ^a ± 0.04	1.01 ^a ±	1.04 ^a ± 0.02	1.16 ^a ± 0.03	1.11 ^a ± 0.03
+BHT	0.05				0.07			

^{ad} The difference letters in the same column are statistically significant different ($P \leq 0.05$)

^{Af} The difference letters in the same row are statistically significant different ($P \leq 0.05$)

^{ns} The letters in the same column and row are not statistically significant different ($P > 0.05$)

สรุป

การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการอบผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งดิบ ได้แก่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง สำหรับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการทอดผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งดิบ ได้แก่ อุณหภูมิที่สูง 220 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 5 วินาที และข้าวตั้งไม่ปรุงแต่งหน้าที่มีการเติมสารกันหืนชนิดที่ TBHQ ร่วมกับสารกันหืนชนิด BHT อย่างละ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีประสิทธิภาพชะลอการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งไม่ปรุงแต่งหน้ามากที่สุด และสารกันหืนไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์ข้าวตั้ง และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบจากคุณลักษณะต่าง ๆ มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะกลุ่มในกระบวนการผลิตภัณฑ์ข้าวตั้ง ในจังหวัดลพบุรี ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ข้าวตั้งมีส่วนผสมจากข้าวเป็นองค์ประกอบหลักสามารถที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เน้นสุขภาพโดยการเสริมสารอาหารอื่นที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ข้าวตั้งจากข้าวโพดไร่ (กรรณิการ์, 2552) สามารถใช้ข้าวโพดไร่ฝักอ่อนทดแทนปริมาณข้าวได้ถึงร้อยละ 50 ของส่วนผสมหลัก และการศึกษาข้าวเกรียบปลาเสริมกากถั่วเหลืองมีการเสริมใยอาหารจากกากถั่วเหลือง (นัจญ์มีย์ และคณะ, 2558) พบว่าสามารถใช้ปริมาณกากถั่วเหลืองได้ถึง ร้อยละ 20 และผลิตภัณฑ์มีความพอกรอบ สีสันและรสชาติ ผู้บริโภคให้การยอมรับในระดับมาก ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์

อาหารกลุ่มอาหารว่างยังสามารถพัฒนาเข้าสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ วิศิษฎ์โชติอังกูร. 2552. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดไร่เพื่อเป็นสินค้าท้องถิ่นจังหวัดลพบุรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี. 217 หน้า.
- กฤษณี สิทธิโชค. 2543. ผลของสารกันหืน การบรรจุ และอุณหภูมิการเก็บต่อคุณภาพไส้กรอกหมู. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 100 หน้า.
- นัจญ์มีย์ สะอะ รอมลี เจอะดอเลาะ และ อัชมาน อาแด. 2558. การผลิตและสมบัติของข้าวเกรียบปลาเสริมกากถั่วเหลือง. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต 3(3): 351-359.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 256 หน้า.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2553. เคมีอาหาร พิมพ์ครั้งที่ 4. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 504 หน้า.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2547. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 275 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ข้าวตั้ง มผช.119/2554. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 9 หน้า.
- ศิวพร ศิวเวช. 2546. วัตถุดิบอาหาร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 380 หน้า.

ศรายุทธ สมประสงค์. 2551. ผลของอุณหภูมิและการใช้น้ำมันทอดซ้ำต่อการดูดซับน้ำมัน เนื้อสัมผัสและสีของข้าวเกรียบกุ้ง. การค้นคว้าแบบอิสระ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 58 หน้า.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 3000 p.

de Silva, M. A., C. Sancehos and E. R. Amante. 2006. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. Journal of Food Engineering 75(4): 487-491.

Garayo, J. and R. Moreira. 2002. Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering 55(2): 181-191.

Lawson, H.W. 1995. Food Oils and Fats: Technology, Utilization and Nutrition. Chapman & Hall, New York. 339 p.

Maneerote, J., A. Noomhorm, and P.S. Takhar. 2009. Optimization of processing conditions to reduce oil uptake and enhance physico - chemical properties of deep fried rice crackers. LWT Food Science and Technology 42(4): 805-812.

Bautista, M.N. and P.F. Subosa. 1999. Butylated hydroxytoluene: its effects on the quality of shrimp diet stored at various temperature and on growth and survival of *Penaeus monodon* juveniles. Aquaculture 179(1-4): 403-414.

Pearson, D. 1999. The Chemical Analysis of Food. 7th ed. Churchill Livingstone, New York. 575 p.

Ramezanzadeh, F. M., R. M. Rao, M. Windhauser, W. Prinyawiwatkul and W. E. Marshall. 1999. Prevention of hydrolytic rancidity in bran during storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(8): 3050 – 3052.

Race, S. 2009. The Truth about BHA, BHT, TBHQ and other Antioxidants used as Food Additives. Tigmor Books, UK. 51 p.

Shahidi, F. and U.N. Wanasundara. 2002. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. pp. 465 – 482. In: C. C. Akoh and D. B. Min (eds). Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology. 2nd ed. Marcel Dekker, Inc, New York.
