

## การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโภชนเภสัชในการผลิตข้าวพองจากข้าวเหนียวดำนึ่ง

### THE CHANGE OF BIOACTIVE COMPOUNDS IN PUFFED RICE FROM PARBOILED PURPLE GLUTINOUS RICE

ชนิษฐา อุ่มอารีย์, อัญชลี พร้อมสินทรัพย์ และชนิษฐา เพ็ชรศรี  
Kanitta Oumaree, Auncharee Promsinphup and Khanittha Phetsri

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร  
k.oumaree@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโภชนเภสัชในระหว่างการผลิตข้าวพองจากข้าวเหนียวดำนึ่ง โดยข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 73.56 มีสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ 312.97 และ 97.81 มิลลิกรัม/100กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ในขั้นตอนการผลิตข้าวเหนียวดำนึ่ง พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเปลือกคือ 30 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง และระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำนึ่งที่เหมาะสม คือ 3 ชั่วโมง 30 นาที ข้าวเหนียวดำนึ่งที่ได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.41 ซึ่งเหมาะสมในการนำไปผลิตข้าวพอง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโภชนเภสัชในการผลิตข้าวพอง พบว่า กระบวนการผลิตมีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเส้นใยอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการผลิตที่นานขึ้น และโดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูง ข้าวพองที่ได้จากการทดลองมีเส้นใยอาหาร 3.51 กรัม/100กรัม (น้ำหนักแห้ง) คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 56.81 สารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ 271.03 และ 64.30 มิลลิกรัม/100 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

#### คำสำคัญ

ข้าวเหนียวดำ, ข้าวนึ่ง, ข้าวพอง, สารโภชนเภสัช, แอนโทไซยานิน

### ABSTRACT

The objective of this research was to investigate bioactive compounds during puffed rice from parboiled purple glutinous rice. This purple glutinous rice exhibited scavenging abilities of 73.56% on DPPH radicals. The contents of total phenols and anthocyanin were 312.97 and 97.81 mg/100 g dry basis, respectively. During parboiled purple glutinous rice process, the appropriated soaking temperature were 30 °C for 18 h and drying time were 3 h 30 min. The moisture of parboiled purple glutinous rice were 13.41% which was suitable for puffed rice processing. In puffed rice processing, the results showed that the processing significantly ( $p \leq 0.05$ ) effected on polyphenolic compound content, radical scavenging capacity, and fiber content. All three contents from puffed rice decreased with a longer processing time and especially, the processing manufactured by using very high heat treatment. The scavenging abilities of this puffed rice on DPPH radicals was 56.81% and the contents of polyphenolic compound and anthocyanin were 271.03 and 64.30 mg/100 g dry basis, respectively.

### Keywords

Purple glutinous rice, Parboiled rice, Puffed rice, Bioactive Compounds, Anthocyanin

### บทนำ

ข้าวเหนียวดำเป็นมีลักษณะเด่น คือ มีเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นสีแดงจนถึงม่วงเข้ม สารให้สีของเปลือกหุ้มเมล็ดคือสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) และแกมมาโอไรซานอล (Gamma Oryzanol) แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย โดยเฉพาะที่พบในข้าวสีม่วงกลุ่มอินดิกา รวมถึงข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทย (ดำเนิน กาละดี และคณะ, 2544) ส่วนสารแกมมาโอไรซานอล (Gamma Oryzanol) นอกจากจะมีคุณสมบัติเป็นการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเช่นเดียวกันแล้วยังสามารถลดโคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และเพิ่มระดับของ high density lipoprotien (HDL) ในเลือด ยับยั้งการหลังกรดในกระเพาะอาหาร ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาล

ในเลือด และเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลิน ของคนเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามสารดังกล่าวสามารถสูญเสียได้ในกระบวนการแปรรูป หากสามารถหลีกเลี่ยงการแปรรูปที่ทำให้เกิดการสูญเสียได้ก็จะส่งผลดีต่อผู้บริโภคที่จะได้รับประโยชน์สูงสุด การนำข้าวเหนียวดำนึ่งอบแห้งมาผลิตเป็นข้าวพองมีหลายปัจจัยที่ทำให้สูญเสียสารอาหาร เช่น การแช่น้ำ การนึ่งด้วยไอน้ำเดือด การอบแห้งด้วยลมร้อน จึงเหมาะในการศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นได้ว่าสารอาหารที่มีประโยชน์ในข้าวเหนียวดำสูญเสียมากหรือน้อยอย่างไรในระหว่างการแปรรูป และในขั้นตอนใดที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุด ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงกระบวนการที่ทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารเหล่านั้นได้ และเลือกกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตที่ช่วยคงประโยชน์ของข้าวไว้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถนำข้าวพองมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อีกมาก เป็นการเพิ่มช่องทางการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของข้าวไทยได้มากยิ่งขึ้น อาจสามารถผลิตเป็นระดับวิสาหกิจชุมชน อุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือสามารถผลิตเพื่อการส่งออกเป็นการขยายตลาดและเพิ่มช่องทางการนำเงินตราเข้าประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. ศึกษาคุณภาพทางเคมีข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเหนียวดำมาวิเคราะห์ Proximate Analysis (AOAC, 2004) ปริมาณอะไมโลส (Juliano, 1971) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (Hosseinian et al., 2008) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ดลฤดี จันทรปาโร, 2551) และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพื่อใช้เป็นข้อมูลคุณภาพเบื้องต้นและนำไปใช้เปรียบเทียบกับการทดลองข้อต่อไป

2. ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 สิ่งทดลอง คือ อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส ในระหว่างแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นทุกๆ 2 ชั่วโมง จนกว่าจะมีความชื้นร้อยละ 30-35 (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

#### 3. ศึกษาระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเปลือกที่ผ่านการศึกษาจากข้อ 2. มาอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในระหว่างการทำแห้งสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นทุกๆ 30 นาที จนมีความชื้นร้อยละ 13-16 วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโคชนเภสัชในระหว่างการผลิตข้าวพองจากข้าวเหนียวดำนึ่งนำข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำมาแช่น้ำ (โดยใช้อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2. ยกขึ้นพักบนตะแกรง นึ่งด้วยไอน้ำเดือด นาน 15 นาที นำมาเกลี่ยบนตะแกรง นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (โดยใช้ระยะเวลาที่ได้จากการศึกษาในข้อ 3. แล้วจึงนำมาทอดแบบ Deep Fat Fried อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที (สุพิชฌาย์ ศรขวัญ, 2551) ในการทดลองสุ่มตัวอย่างข้าวเหนียวดำเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำร้อน หลังการนึ่งจนสุกด้วยไอน้ำเดือด หลังการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และผลิตภัณฑ์สุดท้าย มาวิเคราะห์ปริมาณสารโคชนเภสัชวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ดัชนีคือ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (Hosseinian et al., 2008) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ดลฤดี จันทรปาโร, 2551 ; Kaneda et al., 2007) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Murakami et al., 2004) และเส้นใยอาหารทั้งหมด (Megazyme, 2005)

### สรุปผลการวิจัย

#### 1. ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวดำ

จากตารางที่ 1 แสดง ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของข้าวกล้องข้าวเหนียวดำพบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า กาก และอะมิโลส เท่ากับร้อยละ 15.75 8.15 2.68 68.23 2.37 2.82 และ 3.60 ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำที่นำมาใช้ในการทดลองมีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวเหนียวที่มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวเหนียวดำที่นำมาใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างสูง (ร้อยละ 73.56) เนื่องจากในข้าวเหนียวดำมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเข้ม เป็นรงควัตถุแอนโทไซยานินซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยในปัจจุบันสารประกอบดังกล่าวได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้นมีหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายของคนเรา

## ตารางที่ 1 คุณภาพทางเคมีของข้าวเหนียวดำ

คุณภาพ	ข้าวเหนียวดำ (ข้าวกล้อง)
Proximate Analysis	
- ความชื้น (g/100g wet basis)	15.75±0.03
- โปรตีน (g/100g wet basis)	8.15±0.01
- ไขมัน (g/100g wet basis)	2.68±0.04
- คาร์โบไฮเดรต (g/100g wet basis)	68.23±0.03
- เถ้า (g/100g wet basis)	2.37±0.03
- กาก (g/100g wet basis)	2.82±0.02
คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%)	73.56±0.47
ปริมาณแอมิโลส (g/100g dry basis)	3.60±0.05
ปริมาณสารแอนโทไซยานิน(mg/100g dry basis)	97.81±7.65
ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (mg/100g dry basis)	312.97±4.49

## 1. ผลการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ

จากการศึกษาระยะเวลา และอุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ โดยใช้ อุณหภูมิในการแช่ข้าว 2 อุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส โดยการแช่ ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลา 21 ชั่วโมง ข้าวเปลือกมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 30.18 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) กับการแช่ ข้าวเปลือกที่เวลา 15 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 30.12 ส่วนการแช่ข้าวเปลือกที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมง ข้าวเปลือกมีปริมาณความชื้นร้อยละ 31.69 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) กับการแช่ข้าวเปลือกที่เวลา 21 และ 24 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นร้อยละ 31.93 และ 32.09 ตามลำดับ นอกจากนี้ยัง พบว่า การแช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้เมล็ดข้าวดูดความชื้นได้เร็วขึ้น เนื่องจาก อุณหภูมิเป็นตัวช่วยเร่งการดูดซับน้ำของเมล็ดสตาร์ช โดยพันธะไฮโดรเจนภายในเมล็ดสตาร์ช จะคลายตัว ทำให้ดูดซับน้ำและพองตัวได้เร็วขึ้น (นิริยา รัตนพานนท์, 2545) นอกจากนี้ยัง ช่วยในการส่งผ่านความร้อนจากเปลือกข้าวไปยังใจกลางของเมล็ดข้าวอีกด้วย (น้ำฝน ศีตะจิตต์, 2548) ในการผลิตข้าวนึ่งอบแห้งข้าวเปลือกก่อนนำไปนึ่งควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 30



(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) จึงสามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเปลือกคือ 30 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นกับระยะเวลาแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ (ร้อยละ)

เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ (องศาเซลเซียส)	
	30	40
0 <sup>ns</sup>	11.36±0.08 <sup>m</sup>	11.36±0.08 <sup>ซ</sup>
3	21.21±0.15 <sup>ซb</sup>	20.88±0.04 <sup>ซา</sup>
6	22.60±0.20 <sup>ซb</sup>	24.23±0.25 <sup>ซา</sup>
9	24.97±0.51 <sup>ซb</sup>	26.58±0.26 <sup>ซา</sup>
12	26.55±0.37 <sup>ซb</sup>	27.94±0.28 <sup>ซา</sup>
15	28.05±0.37 <sup>ซb</sup>	29.54±0.30 <sup>ซา</sup>
18	30.12±0.48 <sup>คb</sup>	31.69±0.38 <sup>ซา</sup>
21	30.18±0.05 <sup>คb</sup>	31.93±0.12 <sup>ซา</sup>
24	30.79±0.19 <sup>ซb</sup>	32.09±0.17 <sup>ซา</sup>
27	32.10±0.59 <sup>nb</sup>	33.55±0.19 <sup>นา</sup>
30	32.28±0.17 <sup>nb</sup>	33.80±0.56 <sup>นา</sup>

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาไทยที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3. ผลการศึกษาระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ

จากผลการวิเคราะห์หาอัตราการแห้งของข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าว พบว่า ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านการทำแห้งที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยทุกช่วงระยะเวลาการทำแห้งจะมีปริมาณความชื้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำที่เหมาะสมคือ 3 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.41 โดยให้

มีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 13.5-14.5 เป็นช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่จะให้คุณภาพการพองตัวสูง

### ตารางที่ 3 ปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการทำแห้งของข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำนึ่ง

เวลา (นาที)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
0	38.11±0.29 <sup>ก</sup>
30	35.52±0.07 <sup>ข</sup>
60	32.64±0.04 <sup>ค</sup>
90	27.74±0.35 <sup>ง</sup>
120	23.09±0.37 <sup>จ</sup>
150	19.23±0.26 <sup>ฉ</sup>
180	14.99±0.71 <sup>ช</sup>
210	13.41±0.19 <sup>ซ</sup>
240	11.93±0.03 <sup>ณ</sup>
270	11.08±0.07 <sup>ด</sup>

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาไทยที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

4. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโกลูเทนในระหว่างการผลิตข้าวพองจากข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ

จากผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตข้าวพองจากข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ (ตารางที่ 6) พบว่า กระบวนการผลิตข้าวพองมีผลต่อปริมาณความชื้น ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเส้นใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้น จะเห็นว่า ปริมาณความชื้นจะมีค่าสูงสุดเมื่อข้าวผ่านกระบวนการนึ่ง (ขั้นตอนที่ 2) และจะมีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งและทอด ตามลำดับ โดยกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที เป็นขั้นตอนที่สตาρχในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนเซชัน ทำให้เม็ดสตาρχเกิดการดูดน้ำและพองตัวจึงเป็นผลให้มีปริมาณความชื้นสูง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

## ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการผลิตข้าวพองจากข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ

ขั้นตอนการผลิต	ความชื้น (g/100g wet basis)	สารแอนโทไซยานิน (mg/100g dry basis)	สารประกอบโพลีฟีนอล (mg/100g dry basis)	คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%)	เส้นใยอาหาร (g/100g dry basis)
1. ข้าวเปลือกแช่น้ำ	32.15±2.36 <sup>b</sup>	92.54±2.44 <sup>a</sup>	326.44±3.06 <sup>a</sup>	76.43±0.33 <sup>a</sup>	4.97±0.57 <sup>a</sup>
2. ข้าวึ่ง	39.23±1.98 <sup>a</sup>	89.56±2.18 <sup>a</sup>	314.32±2.91 <sup>a</sup>	74.25±0.38 <sup>b</sup>	4.79±0.20 <sup>a</sup>
3. ข้าวึ่ง-อบแห้ง	12.31±1.73 <sup>a</sup>	87.18±3.04 <sup>a</sup>	300.96±3.58 <sup>b</sup>	70.86±0.77 <sup>c</sup>	3.29±0.14 <sup>a</sup>
4. ข้าวพอง (ทอด)	1.50±0.34 <sup>a</sup>	64.30±2.41 <sup>b</sup>	271.03±3.50 <sup>a</sup>	56.81±0.50 <sup>a</sup>	3.51±0.25 <sup>a</sup>

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาไทยที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินและเส้นใยอาหาร พบว่า ในขั้นตอนการนำข้าวผ่านกระบวนการนึ่งและอบแห้ง (ขั้นตอนที่ 1-3) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณเส้นใยอาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่เมื่อผ่านกระบวนการทอดเป็นข้าวพอง (ขั้นตอนที่ 4) จะมีปริมาณลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสารดังกล่าวถูกทำลายในกระบวนการทอดแบบ Deep fat Fried ที่อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส นาน 5 วินาที สำหรับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด พบว่า เมื่อข้าวผ่านกระบวนการอบแห้ง (ขั้นตอนที่ 3) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งอาจลดลงเนื่องจากขั้นตอนกะเทาะเปลือกเป็นข้าวกล้อง ส่วนคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยจะมีค่าลดลงหลังจากข้าวถูกความร้อนในขั้นตอนการนึ่ง (ขั้นตอนที่ 2) และขั้นตอนการทอด (ขั้นตอนที่ 4) ทั้งนี้เป็นผลจากการลดลงของปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวดำ

### สรุปผลการวิจัย

ข้าวเหนียวดำที่นำมาใช้ในการทดลองมีปริมาณความชื้น โปรตีนไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า กาก และอะมิโลส เท่ากับร้อยละ 15.75 8.15 2.68 68.23 2.37 2.82 และ 3.60 ตามลำดับ มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 73.56 มี



สารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานิน เท่ากับ 312.97 และ 97.81 mg/100g dry basis ในขั้นตอนการแช่ข้าวเปลือกในน้ำ อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 30 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำไปนึ่งจนสุกและอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาด ระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำนึ่งที่เหมาะสมคือ 3 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.41 ในกระบวนการผลิตข้าวพองจากข้าวเหนียวดำ นึ่งอบแห้งมีผลต่อปริมาณสารโกลิเจนที่พบในข้าวเหนียวดำ ได้แก่ ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเส้นใย โดยมีค่าลดลงมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการผลิตที่นานขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูง

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนทุนวิจัย และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- ดลฤดี จันทรปาโร. (2551). ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกผลไม้บางชนิด และผลของอุณหภูมิและ pH ต่อความเสถียรของสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารสกัดจากเปลือกมะม่วง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ดำเนิน กาละดี ศันสนีย์ จำจด และพันทิพา พงษ์เพียงจันทร์. (2544). พันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์และโภชนศาสตร์เกษตรของข้าวเหนียวดำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นุช ผลนาค. (2545). ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวจากกระบวนการทอด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- น้ำฝน ศีตะจิตต์. (2548). การเกิดริโทกราด์ของข้าวขาวและข้าวหนึ่งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงหุงสุกแช่เยือก. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุพิชฌาย์ ศรขวัญ. (2551). ข้าวพองจากข้าวเหนียวดำนึ่งอบแห้ง. ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.



อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2.  
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hosseinian, F.S., Li, W. & Trust Beta. (2008). Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. **Food Chem.** 109, 916-924.

Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylose. **Cereal Science Today.** 16, 334-338,

Megazyme. (2005). **Total Dietary Fibre Assay Procedure.** Ireland: Megazyme International Ireland Limited.