

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 lipoprotein (HDL) ในเลือด ยับยั้งการลั่งกรดในกระเพาะอาหาร ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาล

ในเลือด และเพิ่มระดับของฮอร์โมนอินซูลิน ของคนเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามสารดังกล่าวสามารถสูญเสียได้ในกระบวนการแปรรูป หากสามารถหลีกเลี่ยงการแปรรูปที่ทำให้เกิดการสูญเสียได้ก็จะส่งผลดีต่อผู้บริโภคที่จะได้รับประโยชน์สูงสุด การนำข้าวเหนียวดำนึ่งอบแห้งมาผลิตเป็นข้าวพองมีหลายปัจจัยที่ทำให้สูญเสียสารอาหาร เช่น การแช่น้ำ การนึ่งด้วยไอน้ำเดือด การอบแห้งด้วยลมร้อน จึงเหมาะในการศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นได้ว่าสารอาหารที่มีประโยชน์ในข้าวเหนียวดำสูญเสียมากหรือน้อยอย่างไรในระหว่างกระบวนการแปรรูป 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 เพื่อใช้เป็นข้อมูลคุณภาพเบื้องต้นและนำไปใช้เปรียบเทียบกับผลการทดลองต่อไป

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) ในการทดลองสุ่มตัวอย่างข้าวเหนียวดำเปลือกที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำร้อน หลังการนึ่งจนสุกด้วยไอน้ำเดือด หลังการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน และผลิตภัณฑ์สุดท้าย มาวิเคราะห์ปริมาณสารโคชนเภสัชวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ดัชนีคือ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (Hosseinian et al., 2008) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (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 โดยในปัจจุบันสารประกอบดังกล่าวได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้น มีหน้าที่ในการกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายของคนเรา

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
ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (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 การแช่ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยให้เมล็ดข้าวดูดความชื้นได้เร็วขึ้น เนื่องจาก อุณหภูมิเป็นตัวช่วยเร่งการดูดซับน้ำของเมล็ดสตาร์ช โดยพันธะไฮโดรเจนภายในเมล็ดสตาร์ช จะคลายตัว ทำให้ดูดซับน้ำและพองตัวได้เร็วขึ้น (นิธิยา รัตนานพนธ์, 2545) นอกจากนี้ยัง ช่วยในการส่งผ่านความร้อนจากเปลือกข้าวไปยังใจกลางของเมล็ดข้าวอีกด้วย (น้ำฝน ศีตะจิตต์, 2548) ในการผลิตข้าวหนึ่งอบแห้งข้าวเปลือกก่อนนำไปนึ่งควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 30

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

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้นกับระยะเวลาแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ (ร้อยละ)

เวลา (ชั่วโมง)	อุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ (องศาเซลเซียส)	
	30	40
0 ^{ns}	11.36±0.08 ^ณ	11.36±0.08 ^ช
3	21.21±0.15 ^{ชb}	20.88±0.04 ^{ชา}
6	22.60±0.20 ^{ชb}	24.23±0.25 ^{นา}
9	24.97±0.51 ^{ณb}	26.58±0.26 ^{จา}
12	26.55±0.37 ^{จib}	27.94±0.28 ^{งา}
15	28.05±0.37 ^{งib}	29.54±0.30 ^{คิา}
18	30.12±0.48 ^{คib}	31.69±0.38 ^{ชา}
21	30.18±0.05 ^{คib}	31.93±0.12 ^{ชา}
24	30.79±0.19 ^{ชib}	32.09±0.17 ^{ชา}
27	32.10±0.59 ^{ณb}	33.55±0.19 ^{นา}
30	32.28±0.17 ^{ณb}	33.80±0.56 ^{นา}

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาไทยที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. ผลการศึกษาระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำนี้

จากผลการวิเคราะห์หาอัตราการแห้งของข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าว พบว่า ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านการทำแห้งที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยทุกช่วงระยะเวลาการทำแห้งจะมีปริมาณความชื้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งระยะเวลาการทำแห้งข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำนี้ที่เหมาะสมคือ 3 ชั่วโมง 30 นาที มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.41 โดยให้

มีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 13.5-14.5 เป็นช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่จะให้คุณภาพการพองตัวสูง

ตารางที่ 3 ปริมาณความชื้นกับระยะเวลาการทำแห้งของข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำน้ำ

เวลา (นาท)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
0	38.11±0.29 ^ก
30	35.52±0.07 ^ข
60	32.64±0.04 ^ค
90	27.74±0.35 ^ง
120	23.09±0.37 ^จ
150	19.23±0.26 ^ฉ
180	14.99±0.71 ^ช
210	13.41±0.19 ^ซ
240	11.93±0.03 ^ฌ
270	11.08±0.07 ^ญ

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาไทยที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโภชนเภสัชในระหว่างการผลิตข้าวพองจากข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ

จากผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการผลิตข้าวพองจากข้าวเปลือกข้าวเหนียวดำ (ตารางที่ 6) พบว่า กระบวนการผลิตข้าวพองมีผลต่อปริมาณความชื้น ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเส้นใยอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้น จะเห็นว่า ปริมาณความชื้นจะมีค่าสูงสุดเมื่อข้าวผ่านกระบวนการนึ่ง (ขั้นตอนที่ 2) และจะมีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งและทอด ตามลำดับ โดยกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที เป็นขั้นตอนที่สารถในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนเซชัน ทำให้เม็ดสารถเกิดการดูดน้ำและพองตัวจึงเป็นผลให้มีปริมาณความชื้นสูง (นิธิยา รัตนพานนท์, 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 ^ก	92.54±2.44 ^ก	326.44±3.06 ^ก	76.43±0.33 ^ก	4.97±0.57 ^ก
2. ข้าวึ่ง	39.23±1.98 ^ก	89.56±2.18 ^ก	314.32±2.91 ^ก	74.25±0.38 ^ก	4.79±0.20 ^ก
3. ข้าวึ่ง-อบแห้ง	12.31±1.73 ^ก	87.18±3.04 ^ก	300.96±3.58 ^ก	70.86±0.77 ^ก	3.29±0.14 ^ก
4. ข้าวพอง (ทอด)	1.50±0.34 ^ข	64.30±2.41 ^ข	271.03±3.50 ^ก	56.81±0.50 ^ก	3.51±0.25 ^ก

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 นึ่งอบแห้งมีผลต่อปริมาณสารโกลิโกนเอสส์ที่พบในข้าวเหนียวดำ ได้แก่ ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณเส้นใย โดยมีค่าลดลงมากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการผลิตที่นานขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนทุนวิจัย และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนเครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ดลฤดี จันทระปาร. (2551). ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกผลไม้บางชนิด และผลของอุณหภูมิและ pH ต่อความเสถียรของสารประกอบฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารสกัดจากเปลือกมะม่วง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ดำเนิน กาละดี ศันสนีย์ จำจด และพันทิพา พงษ์เพียงจันทร์. (2544). พันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์และโภชนศาสตร์โภชนศาสตร์ของข้าวเหนียวดำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นุช ผลนาค. (2545). ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอาหารขบเคี้ยวจากกระบวนการทอด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- น้ำฝน ศีตะจิตต์. (2548). การเกิดรีโทรกราเดชันของข้าวขาวและข้าวหนึ่งที่มีปริมาณแอมิโลสสูงหุงสุกแช่เยือก. 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.