



ผลของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำต่อคุณลักษณะของข้าวอบกรอบ Effects of Cultivars and Quantity of Black Glutinous Rice on the Quality Characteristics of Rice Cracker

สุรียาพร นิพรัมย์^{1*} วรณภา สระพินครบุรี¹ และ อรรณพ ทักนอุดม¹

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำต่อคุณลักษณะของข้าวอบกรอบ โดยทำการเปรียบเทียบข้าวเหนียวดำ 2 พันธุ์ คือ ข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และพันธุ์มก๋อย และเปรียบเทียบปริมาณข้าวเหนียวดำที่ใช้แทนที่ ข้าวเหนียวขาวในการผลิตข้าวอบกรอบที่ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณข้าวที่ใช้ผลิตข้าวอบกรอบทั้งหมด พบว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์มก๋อยมีปริมาณโปรตีน และแอมิโลส เท่ากับ 5.40 ± 0.23 และ 9.00 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้อยกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าความคงตัวของเจล 51.55 ± 0.05 มิลลิเมตร ชนิดของพันธุ์ข้าวเหนียวดำและปริมาณข้าวเหนียวดำมีผลต่อความแข็งและค่าสี $L^* b^*$ ของข้าวอบกรอบ โดยข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์มก๋อย ปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ มีคุณลักษณะที่ดีที่สุด มีความหนาแน่น 0.320 ± 0.01 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การพองตัว 174.58 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ความแข็ง $1,677.42 \pm 22.35$ กรัม ค่าสี $L^* a^*$ และ b^* เท่ากับ 29.48 ± 0.48 3.40 ± 0.20 และ 3.65 ± 0.06 ตามลำดับ และได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ และความชอบรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

¹สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.พิษณุโลก 65000

*Corresponding Author, E-mail: g45070721@hotmail.com

ABSTRACT

The effects of different cultivars and quantity of black glutinous rice on the quality of rice cracker were investigated by comparing two black glutinous rice cultivars (Doisaket and Omkoi) and different percentage quantities of black glutinous rice (20, 30 and 40%). Protein and amylose contents of Omkoi were 5.40 ± 0.23 and 9.00 ± 0.01 % respectively which was significantly less than Doisaket ($p \leq 0.05$). But it had greater gel consistency than those of Doisaket (51.55 ± 0.05 mm). Different cultivars and quantities of black glutinous rice had effects on hardness, color value L^* and b^* of rice cracker. Rice cracker of 20% (w/w) Omkoi cultivar performed the best quality its bulk density, volume expansion, hardness, color value L^* , a^* and b^* were 0.320 ± 0.01 g/cm³, 174.58 ± 0.09 %, $1,677.42 \pm 22.35$ g., 29.48 ± 0.48 , 3.40 ± 0.20 and 3.65 ± 0.06 respectively. Moreover, it had the highest sensory score for crispiness and over all attributes ($p \leq 0.05$).

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำ ข้าวอบกรอบ พันธุ์ข้าว

Keywords: Black glutinous rice, Rice cracker, Rice cultivar

บทนำ

ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือม่วงแดงที่เกิดจากแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงน้ำเงิน หรือม่วง มีปริมาณโปรตีนและธาตุเหล็กซึ่งสูงกว่าข้าวมันปูและข้าวหอมมะลิ (อรอนงค์, 2547) ข้าวอบกรอบเป็นขนมขบเคี้ยวสำคัญในประเทศญี่ปุ่น นิยมผลิตจากข้าวเหนียวเรียกว่า อาร์ราเร่ (Arare) หรือ โอคากิ (Okaki) มีเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวโดยละลายในปาก หลังจากเคี้ยว ส่วนข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซนเบ่ (Senbei) ซึ่งมีเนื้อสัมผัสที่แข็งและหยาบ ข้าวอบกรอบที่ผลิตในไทยส่วนมากเพื่อส่งออกไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดหลักคิดเป็นส่วนแบ่งตลาดประมาณ 86 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นปริมาณการส่งออก 21,139 ตัน มูลค่า 1,633 ล้านบาท (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546) แต่ปัจจุบันข้าวอบกรอบที่ผลิตในท้องตลาด พบแต่ชนิดที่

ผลิตจากข้าวเหนียวขาวยังไม่มีการผลิตข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจึงสนใจที่จะศึกษาผลของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำต่อคุณลักษณะของข้าวอบกรอบ

วิธีดำเนินงาน

วัตถุดิบ

ข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการทดลองเป็นข้าวกล้องข้าวเหนียวดำพันธุ์ตอยสะเกิดจากจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์อมก๋อย จากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 จากตลาดภายในจังหวัดพิษณุโลก ก่อนการทดลองนำข้าวเหนียวดำใส่ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท และเก็บที่อุณหภูมิห้อง

การศึกษาคุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของข้าวเหนียวดำ

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวดำ (AOAC., 1995) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดย Kjeldahl Method (AOAC., 1995) วิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส (AOAC., 1995) และความคงตัวของเจล (gel consistency) (อรอนงค์, 2547; Cagampang et al., 1973)

การศึกษาชนิดและปริมาณข้าวเหนียวดำที่มีผลต่อคุณลักษณะข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ โดยแปรปัจจัย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำที่ใช้ในการผลิตข้าวอบกรอบ ได้แก่ ข้าวเหนียวดำพันธุ์มก๋อย และข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณของข้าวเหนียวดำที่ใช้ทดแทนข้าวเหนียวขาว ได้แก่ ร้อยละ 20 30 และ 40 โดยน้ำหนัก

การผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

นำข้าวเหนียวล้างทำความสะอาด แช่น้ำในอัตราส่วนน้ำต่อข้าวเหนียว 2:1 (โดยน้ำหนัก) นาน 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นกรองเอาน้ำออก และบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (ฟิลลิปส์ รุ่น HR2001) ร่อนผ่านตระแกรงขนาด 80 เมช นวดผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ผงฟู และเกลือให้เข้ากันนาน 15 นาที นำมารีดเป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร นำไปนึ่งด้วยน้ำเดือด นาน 15 นาที จากนั้นแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นสามเหลี่ยมด้านเท่า ยาวด้านละ 2.5 เซนติเมตร อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45–50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที จนมีความชื้นเหลือประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

และนำมาอบให้พองที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 12 นาที ด้วยเตาอบ (ชาร์ป รุ่น EO18K)

การวัดค่าเนื้อสัมผัส

วัดค่าความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบด้วย texture analyzer (TA XT plus) ด้วยหัววัด cylinder probe (P/2) ตั้งค่าพารามิเตอร์ pre-test และ post-test ความเร็ว 3 5 และ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยวัดแรงสูงสุด (maximum force) (Keeratipibul et al., 2008) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

ความหนาแน่น (bulk density)

ความหนาแน่นของข้าวอบกรอบ (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) นำข้าวอบกรอบบรรจุใส่กระบอกรัศมี 126 มิลลิเมตร ความสูงของกระบอก 160 มิลลิเมตร ให้เต็มกระบอก นำไปชั่งน้ำหนักข้าวอบกรอบในกระบอก นำไปวิเคราะห์ความหนาแน่น โดยนำน้ำหนักของข้าวอบกรอบหารกับปริมาตรของข้าวอบกรอบ (Cha et al., 2001) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

เปอร์เซ็นต์การพองตัว (volume expansion)

วัดปริมาตรของข้าวอบกรอบก่อนการอบให้พองตัว และปริมาตรของข้าวอบกรอบภายหลังการอบให้พองตัว (Keeratipibul et al., 2008) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

การพองตัว (%)

$$= \frac{\text{ปริมาตรของข้าวอบกรอบภายหลังการพองตัว}}{\text{ปริมาตรของข้าวอบกรอบก่อนการอบให้พองตัว}} \times 100$$

การวัดค่าสี

ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab วัดค่าสี L^* a^* และ b^* โดย L^* คือความสว่างในช่วงสเกล 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) a^* แสดงในช่วงสเกล +50 (สีแดง) ถึง -50 (สีเขียว) และ b^* ในช่วงสเกล +50 (สีเหลือง) ถึง -50 (สีน้ำเงิน)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวอบ กรอบจากข้าวเหนียวดำ

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความกรอบ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ด้วยวิธี 9 point hedonic scale ที่ระดับคะแนน 1 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 คะแนน (ชอบมากที่สุด) (ปราณี, 2547) ด้วยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan multiple range test (DMRT)

การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan multiple range test (DMRT) คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิเคราะห์

ผลการศึกษาคูณลักษณะทางเคมีและกายภาพของข้าวเหนียวดำ

ข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดและพันธุ์อมก๋อย เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีม่วงแดงเข้มเนื่องจากมีองค์ประกอบของแอนโทไซยานิน (Abdel-Aal et al., 2006) ปริมาณความชื้นในข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และพันธุ์อมก๋อยมีค่าเท่ากับ 14.06 ± 0.16 และ 10.17 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโปรตีน เท่ากับ

6.18 ± 0.07 และ 5.40 ± 0.23 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1 ปริมาณโปรตีนมีผลต่อคุณลักษณะของข้าว โดยโปรตีนในข้าวสูงทำให้ข้าวปรุงสุกมีลักษณะแข็งและมีความเหนียวต่ำและลดการพองตัวของเมล็ดแป้ง (Juliano, 1993) ปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่ทำการเพาะปลูก เช่นโปรตีนในข้าวเหนียวเมล็ดเต็มพันธุ์ กข6 จากจังหวัดหนองคายมี 7.14 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเหนียวเมล็ดเต็มพันธุ์ กข6 จากจังหวัดขอนแก่นมี 7.23 เปอร์เซ็นต์ (Keeratipibul et al., 2008)

ปริมาณแอมิโลส มีค่าเท่ากับ 9.70 ± 0.01 และ 9.00 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1 ข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และพันธุ์อมก๋อยจัดเป็นกลุ่มข้าวเหนียวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วง 5.1-12.0 เปอร์เซ็นต์ (Juliano, 1993)

ค่าความคงตัวของเจล 46.65 ± 0.15 และ 51.55 ± 0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 1 ข้าวเหนียวดำทั้งสองพันธุ์มีเจลแบบเจลนุ่มปานกลาง มีระยะทางการไหล 41-60 มิลลิเมตร (อรอนงค์, 2547; Cagampang et al., 1973) แต่ข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยมีระยะทางการไหลของเจลมากกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด เพราะข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยมีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด ปริมาณแอมิโลสมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะทางการไหลของเจล โดยปริมาณแอมิโลสสูงทำให้ระยะทางการไหลของเจลลดลง (Keeratipibul et al., 2008) แอมิโลสทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งมีความแข็งแรงขึ้นทำการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งต่ำ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล, 2546) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด และพันธุ์อมก๋อย

คุณลักษณะ	พันธุ์ข้าวเหนียวดำ	
	ดอยสะเก็ด	อมก๋อย
ความชื้น (%)	14.05 ± 0.15 ^a	10.17 ± 0.01 ^b
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์ ที่น้ำหนักแห้ง)	6.18 ± 0.07 ^a	5.40 ± 0.23 ^b
แอมิโลส (เปอร์เซ็นต์ ที่น้ำหนักแห้ง)	9.70 ± 0.01 ^a	9.00 ± 0.01 ^b
ค่าความคงตัวของเจล (มิลลิเมตร)	46.65 ± 0.15 ^a	51.55 ± 0.05 ^b

หมายเหตุ a และ b หมายถึงตัวอักษรที่แตกต่างในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษานิตและปริมาณข้าวเหนียวดำที่เหมาะสมในการผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ชนิดพันธุ์ข้าวเหนียวดำมีผลต่อความแข็ง ค่า L^* , b^* ของผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าสี a^* ความหนาแน่น การพองตัว และความชื้นของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณข้าวเหนียวดำที่แตกต่างกัน 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ มีผลต่อความแข็ง (hardness) ค่าสี L^* , a^* และ b^* เปอร์เซ็นต์การ

พองตัวของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวดำทำให้ข้าวอบกรอบมีความแข็งมากขึ้น และเปอร์เซ็นต์การพองตัวลดลง

ข้าวอบกรอบที่ผลิตจากจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยร้อยละ 20 มีเปอร์เซ็นต์การพองตัว 174.58 ± 0.9 มากกว่าข้าวอบกรอบที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยร้อยละ 30, 40 และข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดร้อยละ 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความหนาแน่น และการพองตัวของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาวที่ต่างกัน

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ		คุณลักษณะ	
พันธุ์	ปริมาณ (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. ³)	การพองตัว (เปอร์เซ็นต์)
อมก๋อย	20	0.320 ± 0.01 ^{ns}	174.58 ± 0.90 ^a
	30	0.315 ± 0.01 ^{ns}	165.57 ± 2.33 ^b
	40	0.315 ± 0.01 ^{ns}	165.61 ± 2.74 ^b
ดอยสะเก็ด	20	0.320 ± 0.00 ^{ns}	168.17 ± 5.13 ^{ab}
	30	0.315 ± 0.01 ^{ns}	164.03 ± 6.50 ^b
	40	0.315 ± 0.01 ^{ns}	161.43 ± 5.02 ^b

หมายเหตุ a และ b หมายถึงตัวอักษรที่แตกต่างในแนวดิ่ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อย ร้อยละ 20 มีความแข็ง $1,677.42 \pm 22.35$ กรัม ซึ่งมีความแข็งน้อยกว่า ข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยร้อยละ 30 และ 40 และข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ดร้อยละ 20 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 3 เนื่องจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยมีปริมาณแอมิโลส ต่ำกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด ดังตารางที่ 1 และข้าวเหนียวดำมีปริมาณแอมิโลส มากกว่าข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข6 ปริมาณแอมิโลสที่สูง ส่งผลต่อคุณลักษณะของข้าวสุก ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มและเหนียว แต่ข้าวที่มีแอมิโลสสูงทำให้ข้าวปรุงสุกเนื้อแน่นและแข็ง

(Rani and Bhattacharya, 1989) ซึ่งในการผลิตข้าวอบกรอบใช้ข้าวเหนียวดำแทนที่ข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข 6 ซึ่งมีปริมาณแอมิโลส 2.0-3.2 เปอร์เซ็นต์ (Keerati pibul et al., 2008) ส่งผลให้ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยร้อยละ 20 มีความแข็งน้อยที่สุด ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำมีสีน้ำตาลเข้ม ค่าสี L^* ของข้าวอบกรอบของข้าวเหนียวดำอยู่ในช่วง 28.58–29.67 ค่าสี a^* อยู่ในช่วง 2.93–3.86 และค่าสี b^* อยู่ในช่วง 2.26-3.65 ดังตารางที่ 4 เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (Abdel-Aal et al., 2006)

ตารางที่ 3 ความแข็ง และความชื้นของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาวที่ต่างกัน

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ		คุณลักษณะ	
พันธุ์	ปริมาณ (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม)	การชื้น (เปอร์เซ็นต์)
อมก๋อย	20	1677.42 ± 22.35^c	0.77 ± 0.06^a
	30	2047.63 ± 08.36^d	0.70 ± 0.03^b
	40	2312.29 ± 73.02^c	0.81 ± 0.05^a
ดอยสะเก็ด	20	2493.06 ± 83.30^b	0.78 ± 0.02^a
	30	2557.02 ± 28.29^b	0.76 ± 0.02^{ab}
	40	3520.09 ± 09.64^a	0.79 ± 0.02^a

หมายเหตุ a, b, c และ d หมายถึงตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อย ร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิม ด้าน ความกรอบและความชอบรวม 6.90 และ 6.83 ตามลำดับ มากกว่าสิ่งทดลองข้าวอบกรอบจากข้าว

เหนียวดำอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 5 เนื่องจากข้าวอบกรอบดังกล่าวมีคุณลักษณะที่ดีของข้าวอบกรอบชนิดอาราเร็ คือมีความแข็งน้อย และมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูง

ตารางที่ 4 ค่าสี L* a* และ b* ของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาวที่ต่างกัน

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ		ค่าสี		
พันธุ์	ปริมาณ (ร้อยละ)	L*	a*	b*
อมก๋อย	20	29.48 ± 0.48 ^a	3.40 ± 0.20 ^{bc}	3.65 ± 0.06 ^a
	30	29.23 ± 0.79 ^a	3.65 ± 0.10 ^{ab}	3.65 ± 0.10 ^a
	40	29.67 ± 1.22 ^a	3.31 ± 0.38 ^{bc}	2.26 ± 0.07 ^e
ดอยสะเก็ด	20	26.65 ± 0.55 ^b	3.86 ± 0.03 ^a	3.10 ± 0.05 ^b
	30	28.58 ± 0.58 ^a	3.10 ± 0.15 ^{cd}	2.93 ± 0.15 ^c
	40	29.36 ± 0.76 ^a	2.93 ± 0.03 ^d	2.62 ± 0.04 ^d

หมายเหตุ a, b, c, d และ e หมายถึงตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 คุณภาพด้านประสาทสัมผัสของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาวที่ต่างกัน

ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ		คุณภาพด้านประสาทสัมผัส				
พันธุ์	ปริมาณ (ร้อยละ)	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
อมก๋อย	20	5.80 ^b	6.07 ^b	5.67 ^c	6.90 ^a	6.83 ^a
	30	5.80 ^b	6.23 ^a	6.17 ^{ab}	6.23 ^{bcd}	6.23 ^b
	40	6.17 ^a	5.90 ^b	6.23 ^{ab}	6.47 ^b	6.40 ^b
ดอยสะเก็ด	20	5.90 ^b	5.93 ^b	6.03 ^b	6.20 ^{cd}	6.27 ^b
	30	6.27 ^a	6.00 ^b	6.03 ^b	6.33 ^{bc}	6.40 ^b
	40	6.37 ^a	5.90 ^b	6.33 ^a	6.00 ^d	6.40 ^b

หมายเหตุ a, b, c และ d หมายถึงตัวอักษรที่แตกต่างในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทสรุปและวิจารณ์

ปริมาณแอมิโลสข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยน้อยกว่าพันธุ์ดอยสะเก็ด มีค่าเท่ากับ 9.00 ± 0.01 และ 9.70 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จัดเป็นกลุ่มข้าวเจ้าที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสอยู่ในช่วง 5.1-12.0 เปอร์เซ็นต์ (Juliano, 1993) ข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยมีระยะทางในการไหลของเจลมากกว่าข้าวเหนียวดำพันธุ์ดอยสะเก็ด เพราะมีปริมาณแอมิโลสต่ำกว่าพันธุ์ดอยสะเก็ด ปริมาณแอมิโลสมีความสัมพันธ์

เชิงลบกับระยะทางการไหลของเจล โดยปริมาณแอมิโลสสูงทำให้ระยะทางการไหลของเจลลดลง (Keeratipibul et al., 2008) พันธุ์ข้าวเหนียวดำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความแข็ง เปอร์เซ็นต์การพองตัวของข้าวอบกรอบ เนื่องจากข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มและเหนียว แต่ข้าวที่มีแอมิโลสสูงทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวแน่นและแข็ง (Rani and Bhattacharya, 1989) ข้าวอบกรอบญี่ปุ่นที่ทำจากข้าวเหนียวเรียกว่า อาราเร่ จะมีเนื้อสัมผัสที่

กรอบร่วน ละลายในปาก ไม่แข็งเหมือนข้าวอบกรอบที่ทำจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซมเบ่ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสมากกว่ามีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่า (Hsieh and Luh, 1991) ปริมาณข้าวเหนียวดำที่แตกต่างกัน 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นปัจจัยต่อความแข็งของข้าวอบกรอบเนื่องจากข้าวอบกรอบที่ใส่ข้าวเหนียวดำมากขึ้น ทำให้ปริมาณแอมิโลสมากขึ้นส่งผลให้การพองตัวของข้าวอบกรอบลดลงและเนื้อสัมผัสมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การพองตัวเกิดการเปลี่ยนแปลง ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของแอมิโลสในวัตถุดิบ (Chinnaswamy, 1993) และข้าวเหนียวดำมีปริมาณแอมิโลสมากกว่าข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข6 ที่ถูกแทนที่ด้วยข้าวเหนียวดำปริมาณต่าง ๆ การเพิ่มปริมาณข้าวเหนียวดำจึงทำให้ข้าวอบกรอบมีความแข็งเพิ่มขึ้นและการพองตัวลดลง

ข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยเหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นข้าวอบกรอบมากกว่าพันธุ์ตอยสะเกิดเนื่องจากมีโปรตีน และแอมิโลสน้อยกว่า ทำให้ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยมีความแข็งน้อยกว่า และการพองตัวมากกว่าข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ตอยสะเกิด โดยข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำพันธุ์อมก๋อยปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตข้าวอบกรอบ เนื่องจากได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ และความชอบรวมมากที่สุด มีความหนาแน่น 0.320 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การพองตัว 174.58 เปอร์เซ็นต์ ความแข็ง 1677.42 กรัม ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 29.48, 3.40 และ 3.65 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรในสาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขต

พื้นที่พิษณุโลก ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่างที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2546). เทคโนโลยีของแป้ง. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปราณี อ่านเปรื่อง. (2547). หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. (2546). ตลาดส่งออกข้าวอบกรอบ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.acfs.go.th/news_detail.php?type=15 (15 กันยายน 2551)
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). ข้าว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abdel-Aal, E.M., Young, J.C. and Rabalski, I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (54): 4696-4707.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, 16th Ed. Washington, D.C.
- Cagampan, G.B., Perez, C. M. and Juliano, B.O. (1973). A gel consistency test for eating quality of rices. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (24): 1589-1594.
- Cha, J.Y., Chung, D.S., Seib, P.A., Flores, R.A. and Hanna, M.A. (2001). Physical properties of starch-based foams as affected by extrusion temperature and moisture content. *Industrial Crops and Products* (14): 23-30.

- Chinnaswamy, R. (1993). Basis of cereal starch expansion. *Carbohydrate Polymer* (21): 157-167.
- Hsieh, F., and Luh, B. S. (1991). Rice snack foods. In B. S. Luh (Ed.), 2nd ed. *Rice utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold. 233-241.
- Juliano, B. O. (1993). *Rice in Human Nutrition Series*, No.26. The International Rice Research Institute (IRRI). Laguna, and Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). Rome.
- Keeratipibul, S. Luangsakul, N. and Lertsatchayarn, T. (2008). The effect of Thai glutinous rice cultivars, grain length and cultivating locations on the quality of rice cracker (arare). *Food Science and Technology* 41(10): 1934-1943.
- Rani, S.M.R., and Bhattacharya, K. R. (1989). Rheology of rice flour paste: effect of variety, concentration, and temperature and time of cooking. *Journal of Texture Studies* (20): 127-137.

