วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29:1(47-57)

การผลิตอาราเร่และเซมเบ้จากข้าวไทยมีสี

Production of Arare and Sembei from Thai Pigmented Rice

นบนรัตน์ เฉลยถิ่น[1] และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์[2]

บทคัดย่อ

จากการศึกษาพันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าชนิดที่มีสีของไทย เพื่อหาพันธุ์ที่มีสมบัติเหมาะสมที่จะใช้ผลิตอาราเร่และเซมเบ้โดยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ปกติโดยใช้สภาวะในการผลิตเช่นเดียวกัน การทดลองใช้ข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องในการผลิตอาราเร่และใช้ข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูในการผลิตเซมเบ้ พบว่าอาราเร่และเซมเบ้จากข้าวที่มีสีมีค่าปริมาตรจำเพาะลดลงและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองแสดงว่าข้าวเหนียวดำเหมาะสมในการผลิตอาราเร่มากกว่าข้าวเหนียวดำกล้องและข้าวเจ้าหอมนิลเหมาะสมใช้ผลิตเซมเบ้มากกว่าข้าวเจ้ามันปู ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวขัดขาวและเซมเบ้จากข้าวเจ้าขัดขาวมีคะแนนความชอบรวมสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีสี จากผลการวิเคราะห์พบว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวดำมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 108.45 ไมโครโมลต่อกรัมซึ่งมากกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวขัดขาวที่มีค่า 24.76 ไมโครโมลต่อกรัม และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 154.28 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม ความชื้นร้อยละ 4.73 ไขมันร้อยละ 2.75 และโปรตีนร้อยละ 8.36 ส่วนเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 75.55 ไมโครโมลต่อกรัม ซึ่งมากกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าขัดขาวที่มีค่า 17.56 ไมโครโมลต่อกรัมและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 92.84 มิลลิกรัมต่อร้อยกรัม มีความชื้นร้อยละ 4.67 ไขมันร้อยละ 3.56 และโปรตีนร้อยละ 7.80 ตามลำดับ

คำสำคัญ : อาราเร่ เซมเบ้ ข้าวไทยมีสี

Abstract

From studying of Thai pigmented varieties of rice and glutinous rice to find the varieties that were suitable to produce arare and sembei comparing with normal products using similar processing conditions, black glutinous rice and black glutinous brown rice were used in arare production and black jasmine rice (*Hom Nin*) and red jasmine rice (*Mun Pu*) were used in sembei production. It was found that the specific volume of both arare and sembei from pigmented rice decreased while their hardness increased significantly. The result showed that black glutinous rice was more suitable than black glutinous brown rice for arare production and black jasmine rice was more suitable than red jasmine rice for sembei production. From sensory evaluation test, it was found that arare from white glutinous rice and sembei from white rice got the higher overall liking score comparing with the products from pigmented rice. Analysis results showed that arare from black glutinous had higher free radical scavenging value (108.45 μmole /g) than that from white glutinous rice (24.76 μmole /g). Its total phenolic compound, moisture content, fat, and protein content were 154.28 mg/100g 4.73% 2.75% and 8.36% respectively. Sembei from black jasmine rice also showed higher free radical scavenging value (75.55 μmole /g) than that from white

[1]สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2]สาขาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษต ร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rice sembei (17.56 μmole /g). The total phenolic compound, moisture, fat, and protein content of sembei from black jasmine rice were 92.84 mg/100g 4.67% 3.56% and 7.80% respectively.

Keyword : arare sembei Thai pigmented rice

คำนำ

ขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่นเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีการผลิตในประเทศไทยเพื่อส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ขนมขบเคี้ยวนี้มีชื่อเรียกตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ชนิดที่ผลิตจากข้าวเหนียวเรียกว่า อาราเร่ (arare) ส่วนที่ผลิตจากข้าวเจ้าเรียกว่า เซมเบ้ (sembei) (Luh, 1991) ปกติข้าวที่ใช้ผลิตเป็นข้าวที่ไม่มีสี จากการวิจัยพบว่าสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในข้าวไทยบางสายพันธุ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ข้าวเจ้าหอมนิลที่มีโปรแอนโธไซยานิดิน (proanthocyanidin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพดีกว่าวิตามินซี อี และเบต้าแคโรทีน (ดวงแก้ว, 2546)

ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.*)* เรียกตามภาษาพื้นเมืองว่า ข้าวก่ำ ซึ่งเป็นการเรียกตามสีของเมล็ดที่มีสีม่วงดำหรือแดงก่ำ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งประเภทที่ละลายน้ำ เช่น โปรแอนโธไซยานิดิน และแกมมา-โอไรซานอล (-oryzanol) รวมทั้งวิตามินเอ และอี ที่ละลายได้ในไขมัน ด้วยเหตุนี้ การบริโภคข้าวเหนียวดำทำให้ร่างกายสามารถรับสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในรูปแบบที่ละลายในน้ำและไขมัน มีการศึกษาพบว่า รำข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำนานมีปริมาณแกมมา-โอไรซานอลสูงที่สุด คือ ร้อยละ 2.854 (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณในรำข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดที่มีปริมาณร้อยละ 2.693 (น้ำหนักแห้ง) ส่วนรำของข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำอมก๋อยมีปริมาณต่ำสุดคือร้อยละ 1.882 (น้ำหนักแห้ง) (ดวงกมล, 2551)

ข้าวเจ้าหอมนิลเป็นข้าวเจ้าสีดำ เมล็ดใส ได้จากการคัดพันธุ์กลายของข้าวเหนียวดำต้นเตี้ยจากจีน มีโปรแอนโธไซยานิดินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูงประมาณ 293 ไมโครโมล/กรัม มีน้ำมันรำข้าวร้อยละ 18 และพบว่ามีโอเมก้า-3 ประมาณร้อยละ 1-2 รำข้าวเจ้าหอมนิลมีใยอาหารร้อยละ 10 มีสาร 2-อะซิทิล-1-พิโรลีน (2-acetyl-1-pyrroline) ซึ่งเป็นสารหอมระเหย ข้าวชนิดนี้เป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น ใช้ในอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยวหรือคุกกี้ นอกจากนั้นยังมีการทดลองนำมาผลิตแชมพูสระผมเพื่อลดปัญหาผมร่วงด้วย (ดวงแก้ว, 2546)

ข้าวเจ้ามันปู เป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเปลือกข้าวเป็นสีแดงแบบสีมันปู มีไขมันในข้าวกล้องสูงกว่าข้าวขัดขาวประมาณหนึ่งเท่า มีสารต้านอนุมูลอิสระคือแคโรทีนซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอในร่างกายสูงกว่าข้าวขัดขาว เมื่อเทียบปริมาณสารอาหารพบว่ามีคุณประโยชน์สูงกว่าข้าวขัดขาว สารอาหารที่มีอยู่ในข้าวเจ้ามันปูในปริมาณสูง เช่น โปรตีน ฟอสฟอรัส ทองแดง วิตามินเอ วิตามินบี บี 2 วิตามินซี และธาตุเหล็ก (รสิตา, 2550)

พันทิพา และคณะ (2547) ศึกษาปริมาณแกมมา-โอไรซานอลในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ พบว่ารำข้าวเหนียวดำ 1 มิลลิกรัมมีสารต้านอนุมูลอิสระ 1.186 มิลลิโมลาร์ ซึ่งสูงกว่าในรำข้าวขาวที่มี 0.130 มิลลิโมลาร์ ข้าวเหนียวดำจึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าข้าวขัดขาว ผลจากการทดลองในลูกสุกร พบว่าการเสริมรำข้าวเหนียวก่ำร้อยละ 6 ทำให้ลูกสุกรเจริญเติบโตดี ร่างกายแข็งแรง สามารถลดการใช้ยาปฏิชีวนะ ไม่มีสารตกค้าง และช่วยลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้แกมมา-โอไรซานอลยังมีสมบัติในการลดคลอเรสเตอรอล กระตุ้นการทำงานของต่อมใต้สมอง ยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหาร ยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ลดน้ำตาลในเลือด และเพิ่มระดับของอินซูลินในเลือดของคนเป็นโรคเบาหวานอีกด้วย

ไพบูลย์ และคณะ (2545) ศึกษาปัจจัยของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการพองตัวของข้าว โดยใช้ข้าว 5 สายพันธุ์ที่มีระดับอะไมโลสต่างกัน ชนิดที่มีอะไมโลสต่ำคือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีอะไมโลสปานกลางค่อนข้างสูง คือ พันธุ์ดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พะยอม และชนิดที่มีอะไมโลสสูงคือ พันธุ์เฉี้ยงพัทลุง เล็บนกปัตตานี และ พันธุ์ KGtlk 79133/3/1/2 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 เดือน ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาข้าวสารเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นและค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีแนวโน้มลดลง โดยที่ปริมาณอะไมโลสและไขมันไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับอัตราการพองตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการพองตัวของข้าวจากการทอด พบว่าข้าวสารที่มีอะไมโลสต่ำ ปริมาณความชื้นร้อยละ 12 และอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด 200 องศาเซลเซียส มีอัตราการพองตัวสูงสุด ประมาณ 5.35 เท่า การที่อัตราการพองตัวสูงมีผลทำให้ค่าความกรอบเพิ่มขึ้น มีความขาวเพิ่มขึ้น อัตราการพองตัวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนลดลง และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้น เมื่อทำการพัฒนาข้าวพองที่มีใยอาหารสูง โดยใช้ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพอง คือ ใช้ข้าวนึ่งที่มีความชื้นร้อยละ 13 อุณหภูมิของแม่พิมพ์ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วินาที ทำให้ข้าวพองมีการพองตัวสูงสุดเท่ากับ 4.4 มิลลิเมตร มีค่าความสว่าง (L) เ ท่ากับ 84.96 และค่าความกรอบเท่ากับ 3370 กรัมฟอร์ส ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบปริมาณข้าวหักต่อการพองตัวของข้าวในสภาวะที่เหมาะสมข้างต้น พบว่าปริมาณข้าวหักร้อยละ 5-20 ไม่มีผลต่อการพองตัว ค่าความสว่าง และค่าความกรอบของข้าวพองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการใช้ข้าวที่มีสีเพื่อผลิตอาราเร่และเซมเบ้ ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด รวมทั้งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ลักษณะใหม่ และเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบ

ข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว และข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว จากโรงสีชัยพัฒนา จังหวัดลพบุรี

ข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้อง จากอมรชัยค้าข้าว จังหวัดปทุมธานี

ข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปู จากดวงพรข้าวอินทรีย์ จังหวัดนครนายก

2. ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 กระบวนการผลิตอาราเร่

นำข้าวเหนียวมาล้าง แช่น้ำที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วป้อนเข้าเครื่องนึ่งแป้งด้วยไอน้ำ (บริษัท ส. สยามอุดมชัย จำกัด) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 9 นาที จะได้โมจิ นำโมจิไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นตัดแป้งให้เป็นชิ้นขนาด 1x3 นิ้ว หนา 0.5 นิ้ว อบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียสจนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 20-25 เก็บในห้องบ่ม 1 วัน จึงนำไปย่างโดยใช้เตาแก๊สสายพานแบบยาว (บริษัท ส. สยามอุดมชัย จำกัด) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส คลุกซอสปรุงรส แล้วอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที ห่อสาห่าย และบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีนชนิดใสพิเศษ (oriented polypropylene:OPP) หนา 30 ไมครอน ขนาด 6x12 นิ้ว

2.2 กระบวนการผลิตเซมเบ้

บดข้าวเจ้าให้ละเอียดด้วยเครื่องโม่แห้งโดยไม่ต้องแช่น้ำ นำแป้งที่บดแล้วเข้าเครื่องนึ่งไอน้ำ (บริษัท ส. สยามอุดมชัย จำกัด) จะได้โมจิ นำมารีดให้เป็นแผ่น ตัดเป็นชิ้นเล็กรูปสามเปลี่ยมด้านเท่าด้านละ 2นิ้ว หนา 0.5 นิ้ว แล้วอบที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียสจนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 20-25 เก็บในห้องบ่ม 1 วัน จึงนำไปย่างโดยใช้เตาแก๊สสายพานแบบยาว (บริษัท ส. สยามอุดมชัย จำกัด) ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส คลุกซอสปรุงรส และบรรจุลงในถุงพลาสติกโพลีโพรพิลีนเช่นเดียวกับอาราเร่

2.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ข้าวเจ้าหอมนิล ข้าวเจ้ามันปู ข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว ข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกล้องที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลองมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้านความชื้น (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) ใยอาหาร (AOAC, 2000) สตาร์ช (AOAC, 2000)

2.4 ศึกษาพันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าชนิดที่มีสีที่เหมาะสมในการผลิต

2.4.1 ศึกษาพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีสีที่เหมาะสมในการผลิตอาราเร่

จากกระบวนการผลิตอาราเร่ในข้อ 1 ทดลองผลิตอาราเร่โดยใช้ข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้อง เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวเหนียวกข 6 ขัดขาวตามปกติ นำตัวอย่างอาราเร่ทั้ง 3 ชนิดที่ได้มาทดสอบดังนี้

- วัดค่าความแข็งในการบดเคี้ยวด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT2i
- วัดปริมาตรจำเพาะหลังอบโดยใช้วิธีแทนที่ด้วยเมล็ดงา (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541)
- นำตัวอย่างมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้เชี่ยวชาญจากบริษัท เอสเอ็มทีซี จำกัด จำนวน 10 คน ให้คะแนนความชอบแบบ hedonic 7-point scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม

ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าที่ได้ในข้อ 4.1.1-4.1.2 ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) และวิเคราะห์ผลการทดลองในข้อ 4.1.3 ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อเลือกชนิดข้าวเหนียวที่เหมาะสมในการผลิตอาราเร่

2.4.2 ศึกษาพันธุ์ข้าวเจ้าที่มีสีที่เหมาะสมในการผลิตเซมเบ้

จากกระบวนการผลิตเซมเบ้ในข้อ 2 ทดลองใช้ข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูในการผลิตเซมเบ้ เปรียบเทียบกับการใช้ข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำตัวอย่างเซมเบ้ทั้ง 3 ชนิดที่ได้มาทดสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ และเปรียบเทียบผลทางสถิติเช่นเดียวกับข้อ 4.1 เพื่อเลือกชนิดข้าวเจ้าที่เหมาะสมในการผลิตเซมเบ้

2.5 ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

นำอาราเร่และเซมเบ้จากข้าวที่มีสีที่คัดเลือกจากข้อ 4.1 และ 4.2 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอาราเร่และเซมเบ้ที่ทำจากข้าวขัดขาวตามปกติ โดยวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด (Ou *et al*., 2002) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000) ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) ความชื้น (AOAC, 2000) ทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เช่นเดียวกับข้อ 4.1

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองแสดงใน Table 1 จาก Table 1 ข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาวมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และสตาร์ชเฉลี่ยร้อยละ10.21 5.34 0.59 0.79 และ 81.10 ซึ่งใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ของสุนันทา (2548) ที่พบว่ามีปริมาณร้อยละ 12.23 6.97 1.67 0.97 และ 77.98 ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวดำมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และสตาร์ช ร้อยละ 11.98 10.56 4.02 9.86 และ 65.24 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของ ชนินันท์ (2542) ที่พบว่ามีปริมาณร้อยละ 12.13 11.24 3.94 9.33 และ 63.08 ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวดำกล้องมีความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และสตาร์ช ร้อยละ 11.17 11.48 4.60 12.18 และ 63.41 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสตาร์ชมากกว่าข้าวมีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากข้าวขาวจำเป็นต้องขัดสีเอาเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดออกจนเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) และในเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีเข้มของข้าวเหนียวดำนั้นมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงกว่า (ชนินันท์, 2542)

Table 1 Proximal analysis of rice and glutinous rice

	moisture content (%)	protein (%)	fat (%)	crude fiber (%)	starch (%)
white glutinous rice	10.21±0.32	5.34±0.46	0.59±0.78	0.79±0.34	81.10±0.96
black glutinous rice	11.98±0.68	10.56±0.28	4.02±0.83	9.86±0.17	65.24±0.26
black glutinous brown rice	11.17±0.25	11.48±0.52	4.60±0.62	12.18±0.95	63.41±0.19
white jasmine rice	12.16±0.47	6.25±0.34	1.21±0.88	0.62±0.47	78.81±0.93
black jasmine rice (*Hom Nin*)	13.02±0.18	10.89±0.90	5.24±0.96	9.16±0.17	62.14±0.59
red jasmine rice (*Mun Pu*)	13.57±0.11	8.24b±0.46	4.82±0.38	8.65±0.49	65.15±0.89

สำหรับพบว่าข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และสตาร์ช ร้อยละ12.16 6.25 1.21 0.62 และ 78.81 ซึ่งใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ของสุนันทา (2548) ที่พบว่ามีปริมาณร้อยละ 12.68 6.48 0.69 0.74 และ 83.54 ตามลำดับ ส่วนข้าวเจ้าหอมนิลมีความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และสตาร์ช ร้อยละ 13.02 10.89 5.24 9.16 และ 62.14 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของ Chrispeels และ David (1994) ที่พบว่ามีปริมาณร้อยละ 12.65 9.09 6.4710.70 และ 64.85 ตามลำดับ ข้าวเจ้ามันปูมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และสตาร์ช ร้อยละ 13.57 8.24 4.82 8.65 และ 65.15 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของนันทรัตน์ และคณะ (2551) ซึ่งพบว่ามีปริมาณร้อยละ 12.97 9.44 5.28 10.15 และ 64.05 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าข้าวขาวมีปริมาณสตาร์ชมากกว่าข้าวมีสีเนื่องจากข้าวขาวจำเป็นต้องขัดสีเอาเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดออกจนเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) ทำให้เหลือปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยกว่าข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปู เนื่องจากข้าวมีสีนั้นไม่ผ่านการขัดสีจนหมดยังมีส่วนเปลือกเหลืออยู่บ้าง จะมีสารอาหารพวกไขมัน โปรตีน และใยอาหารเหลือมากกว่า

2. ศึกษาพันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าชนิดที่มีสีที่เหมาะสมในการผลิต

2.1 ศึกษาพันธุ์ข้าวเหนียวมีสีที่เหมาะสมในการผลิตอาราเร่

ผลการวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็งของอาราเร่ 3 ตัวอย่างซึ่งผลิตจากข้าวเหนียวต่างชนิดกัน แสดงใน Table 2

จาก Table 2 ค่าปริมาตรจำเพาะ (specific volume) แสดงการพองตัวของผลิตภัณฑ์หลังการย่าง ตัวอย่างที่มีค่าปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าจะมีการพองตัวน้อยกว่า จากการทดลองพบว่าการใช้ชนิดของข้าวเหนียวที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.029) อาราเร่ที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องจะมีปริมาตรจำเพาะไม่แตกต่างกันแต่จะแตกต่างจากอาราเร่ที่ผลิตจากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.064) โดยจะมีค่าต่ำกว่า ซึ่งแสดงว่ามีการพองตัวต่ำกว่า เนื่องจากข้าวเหนียวขัดขาวมีปริมาณสตาร์ชมากกว่า แต่มีปริมาณใยอาหาร โปรตีน และไขมันน้อยกว่าข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้อง จึงทำให้มีการพองตัวมาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สิงหนาท และคณะ (2550) ที่พบว่าการผลิตขนมขบเคี้ยวต้องใช้แป้งที่มีปริมาณสตาร์ชสูง แต่มีใยอาหาร โปรตีน และไขมันต่ำ จึงทำให้เกิดการพองตัวได้ดี ส่วนใยอาหารจะขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวน้อยและไม่สม่ำเสมอ สำหรับไขมันจะลดการพองตัวของเม็ดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีผลต่อการดูดซึมน้ำของแป้ง (Tester and Morrison, 1990) นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนในเม็ดแป้งมีส่วนยับยั้งความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อนเช่นเดียวกัน (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2543)

Table 2 Specific volume and hardness of arare from different kinds of glutinous rice

varieties	specific volume (cm^3/g)	hardness (g/force)
white glutinous rice	$4.22^{a}\pm0.13$	$2377.94^{c}\pm234.08$
black glutinous rice	$3.94^{b}\pm0.10$	$3462.78^{b}\pm321.50$
black glutinous brown rice	$3.89^{b}\pm0.05$	$3641.63^{a}\pm344.01$

mean values in the same column followed by different superscript differ significantly by Duncan's multiple range test ($p\leq0.05$)

ค่าความแข็ง (hardness) แสดงแรงที่ใช้ทำให้ตัวอย่างเสียรูป ผลิตภัณฑ์ที่วัดค่าได้สูงแสดงว่ามีเนื้อสัมผัสแข็งมาก (Szezesniak and Kramer, 1973) รุ่งนภา (2543) พบว่าการพองตัวของข้าวแผ่นกรอบมีความสัมพันธ์กับความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.022$) ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวน้อย จะมีความหนาแน่นสูง และวัดค่าความแข็งได้มากขึ้นด้วย จาก Table 2 พบว่าค่าความแข็งของอาราเร่จากข้าวเหนียวดำกล้องจะมากกว่าความแข็งของอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.007$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการพองตัวของตัวอย่าง อาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องพบว่ามีการพองตัวน้อยกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว จึงวัดค่าความแข็งได้มากกว่า แม้ว่าผลการทดลองแสดงว่าค่าปริมาตรจำเพาะของอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.56$) แต่เมื่อวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสซึ่งมีความไวสูง จึงทำให้ค่าที่วัดได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$)

จาก Table 3 ด้านลักษณะปรากฏพบว่าตัวอย่างได้คะแนนต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.016$) โดยอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว ได้คะแนนสูงกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ เนื่องจากอาราเร่จากข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกล้องมีการพองตัวน้อยกว่า (Table 2)

ด้านสีพบว่าตัวอย่างที่ทดสอบได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.023$) โดยอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่คะแนนจะต่ำกว่าคะแนนของอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาวเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวมีสีนั้นมีสีดำเข้มเกินไป ดูคล้ายถ่านไม่น่ารับประทาน

ด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่าคะแนนของทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.7$) เนื่องจากซอสที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์มีกลิ่นค่อนข้างแรงและมีรสจัด จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างของกลิ่นและรสชาติของข้าวที่เป็นวัตถุดิบได้

ด้านความกรอบ พบว่าตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.031$) โดยอาราเร่จากข้าวเหนียวขัดขาวได้คะแนนมากกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว มีความแข็งน้อยกว่า (Table 2) จึงมีความกรอบมากกว่า และได้คะแนนมากกว่า

ด้านความชอบรวม พบว่าตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.025$) โดยอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาวได้คะแนนมากกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องตามลำดับ ซึ่งคาดว่าจะเป็นผลจากความแตกต่างของความกรอบรวมทั้งสีและลักษณะปรากฏที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3 Statistical analysis of sensory evaluation score of arare samples from different kinds of glutinous rice

sensory attribute	white glutinous rice	black glutinous rice	black glutinous brown rice
appearance	$5.50^{a}\pm0.94$	$4.58^{b}\pm1.01$	$4.02^{c}\pm1.32$
color	$5.54^{a}\pm1.10$	$4.15^{b}\pm1.28$	$4.17^{b}\pm1.39$
odor^{ns}	5.25 ± 0.87	5.23 ± 1.05	4.64 ± 1.54
crispiness	$4.86^{a}\pm1.63$	$3.98^{b}\pm1.62$	$3.04^{c}\pm1.70$
taste^{ns}	4.41 ± 1.10	4.40 ± 1.19	4.39 ± 1.27
overall liking	$4.95^{a}\pm0.92$	$4.46^{b}\pm1.32$	$3.96^{c}\pm1.34$

mean values in the same row followed by different superscript differ significantly by Duncan's multiple range test ($p\leq0.05$)

ns = non significantly different ($p>0.05$)

จากการทดลองจะเห็นว่าอาราเร่จากข้าวเหนียวที่มีสีได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสน้อยกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว ดังนั้นหากต้องการนำมาใช้ จึงอาจนำมาใช้ทดแทนข้าวเหนียวขัดขาวบางส่วน ซึ่งจะช่วยให้การพองตัวและความกรอบไม่ต่างจากผลิตภัณฑ์ปกติมากนัก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้อง จะเห็นว่าข้าวเหนียวดำเหมาะที่จะนำมาใช้มากกว่า เพราะผลิตภัณฑ์มีความแข็งน้อยกว่า เนื่องจากมีปริมาณสตาร์ชมากกว่า แต่มีปริมาณใยอาหาร โปรตีน และไขมันน้อยกว่าข้าวเหนียวดำกล้อง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพองตัวที่ดีกว่า การผลิตขนมขบเคี้ยวต้องใช้แป้งที่มีปริมาณสตาร์ชสูง แต่มีใยอาหาร โปรตีน และไขมันต่ำ จึงสามารถทำให้พองตัวได้ดี(สิงหนาท และคณะ, 2550)

2.2 ศึกษาพันธุ์ข้าวเจ้าที่มีสีที่เหมาะสมในการผลิตเซมเบ้

เมื่อนำตัวอย่างเซมเบ้ทั้ง 3 ชนิด มาวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะและค่าความแข็ง จะได้ผลดังแสดงใน Table 4

Table 4 Specific volume and hardness of sembei from different kinds of rice

varieties	specific volume (cm^3/g)	hardness (g/force)
white jasmine rice	$3.62^{a}\pm0.13$	$2177.94^{c}\pm234.08$
black jasmine rice	$3.48^{b}\pm0.05$	$2262.78^{b}\pm321.50$
red jasmine rice	$3.22^{c}\pm0.10$	$2341.63^{a}\pm344.01$

mean values in the same row followed by different superscript differ significantly by Duncan's multiple range test ($p\leq0.05$)

ns = non significantly different ($p>0.05$)

จาก Table 4 พบว่าการใช้ชนิดของข้าวเจ้าที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าปริมาตรจำเพาะของเซมเบ้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.037$) จากการทดลองพบว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวมีค่าปริมาตรจำเพาะสูงที่สุด รองลงมาคือเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูตามลำดับ กล่าวคือ เซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวจะมีการพองตัวสูงที่สุด รองลงมาคือเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปู ซึ่งเป็นผลเนื่องจากปริมาณสตาร์ช ใยอาหาร โปรตีน และไขมันในวัตถุดิบที่ต่างกันเช่นเดียวกับกรณีของอาราเร่ที่ได้กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านค่าความแข็ง (hardness) พบว่าตัวอย่างเซมเบ้ที่ทดสอบมีค่าความแข็งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.018) โดยเซมเบ้จากข้าวเจ้ามันปูมีค่าความแข็งมากที่สุด รองลงมาคือเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลของการพองตัวที่แตกต่างกัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเซมเบ้ที่ผลิตจากข้าวเจ้าที่แตกต่างกัน ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Statistical analysis of sensory evaluation score of sembei samples from different rice varieties

sensory attribute	white jasmine rice	black jasmine rice	red jasmine rice
appearance	$5.76^{a}\pm0.86$	$5.54^{b}\pm1.78$	$5.24^{c}\pm1.01$
color	$5.48^{b}\pm1.34$	$5.64^{a}\pm1.70$	$5.17^{c}\pm1.68$
odor^{ns}	3.35 ± 0.87	2.37 ± 1.50	2.30 ± 1.45
crispiness	$5.66^{a}\pm1.93$	$5.56^{b}\pm1.50$	$5.41^{c}\pm1.45$
taste^{ns}	5.27 ± 1.10	5.25 ± 1.19	5.24 ± 1.46
overall liking	$5.10^{a}\pm0.92$	$4.99^{b}\pm1.77$	$4.48^{c}\pm1.12$

mean values in the same row followed by different superscript differ significantly by Duncan's multiple range test ($p\leq0.05$)

ns = non significantly different ($p>0.05$)

จาก Table 5 ด้านลักษณะปรากฏ พบว่าตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.012) โดยเซมเบ้จากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวได้คะแนนสูงกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูตามลำดับ อาจเนื่องจากเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว มีการพองตัวมากที่สุด ซึ่งแสดงด้วยค่าปริมาตรจำเพาะที่สูงกว่า (Table 4)

ด้านสี พบว่าตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.03) โดยเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ได้คะแนนสูงกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูตามลำดับ อาจเนื่องจากเซมเบ้ที่ผลิตจากข้าวที่มีสีมีลักษณะเป็นจุดสีเข้มทั้งชิ้นทำให้ดูไม่น่ารับประทาน

ด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่าคะแนนของทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.435) ทั้งนี้เนื่องจากผลของการใช้ซอสเช่นเดียวกับกรณีของอาราเร่

ด้านความกรอบ พบว่าตัวอย่างที่ทดสอบได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.021) โดยเซมเบ้จากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวได้คะแนนสูงกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากความแข็งของตัวอย่างที่แตกต่างกัน เซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว วัดค่าความแข็งได้น้อยที่สุด (Table 3) จึงได้คะแนนมากที่สุด

ด้านความชอบรวม พบว่าตัวอย่างได้คะแนนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.014) โดยเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวได้คะแนนสูงสุด รองลงมาคือเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิล และจากข้าวเจ้ามันปูตามลำดับ ซึ่งคาดว่าเนื่องมาจากความแตกต่างของความกรอบของตัวอย่าง

จากการทดลองได้เห็นว่าเซมเบ้จากข้าวที่มีสีได้รับการยอมรับน้อยกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ตามปกติเช่นเดียวกับอาราเร่ เนื่องจากมีการพองตัวน้อยกว่าจึงมีผลต่อการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส ดังนั้นหากต้องการนำมาใช้จึงควรใช้ทดแทนข้าวขัดขาวเช่นเดียวกับอาราเร่ จากการทดลองพบว่าข้าวเจ้าหอมนิลเหมาะที่จะนำมาใช้มากกว่าข้าวเจ้ามันปู เนื่องจากเซมเบ้จากข้าวเจ้ามันปูมีการพองตัวน้อยกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Table 4) และจากผลค่าคะแนนความชอบโดยรวม (Table 5) พบว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลได้คะแนนมากกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้ามันปู

3. ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำอาราเร่ที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับอาราเร่จากข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาว และนำเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ในด้านความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก ความชื้น ไขมัน และโปรตีน ได้ผลการทดลองดังแสดงใน Table 6

จาก Table 6 พบว่าความชื้นของอาราเร่ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.26$) เนื่องจากใช้กระบวนการย่างและการอบแห้งหลังย่างในสภาวะเดียวกัน แต่มีปริมาณไขมันและโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.004$ และ $p=0.039$) ตามลำดับ โดยอาราเร่จากข้าวเหนียวดำมีปริมาณไขมันและโปรตีนมากกว่าเนื่องจากการผลิตข้าวขัดขาวต้องขัดสีเอาเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดออกจนเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) และในเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีเข้มของข้าวเหนียวดำนั้นมีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงกว่า (ชนินันท์, 2542)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของอาราเร่ทั้ง 2 ชนิด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.04$ และ $p=0.028$) โดยอาราเร่จากข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่า การที่ข้าวเหนียวดำมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวเหนียว กข 6 ขัดขาวเนื่องจากมี แกมมา-โอไรซานอลและโปรแอนโธไซยานิดิน ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่า (พันทิพา และคณะ, 2547)

Table 6 Proximal analysis of arare from white and black glutinous rice also of sembei from white and black jasmine rice

	arare from white glutinous rice	arare from black glutinous rice
phenolic compound (mg/100g)	$47.35^{b}\pm0.25$	$154.28^{a}\pm0.57$
free radical scavenging (μmole/g)	$24.76^{b}\pm0.78$	$108.45^{a}\pm0.96$
moisture content^{ns} (%)	4.75 ± 0.35	4.73 ± 0.42
fat (%)	$0.24^{b}\pm0.51$	$2.75^{a}\pm0.76$
protein (%)	$1.06^{b}\pm0.66$	$8.36^{a}\pm0.41$
	sembei from white jasmine rice	**sembei from black jasmine rice**
phenolic compound (mg/100g)	$30.25^{b}\pm0.27$	$92.84^{a}\pm0.39$
free radical scavenging (μmole/g)	$17.56^{b}\pm0.36$	$75.55^{a}\pm0.48$
moisture content^{ns} (%)	4.65 ± 0.12	4.67 ± 0.17
fat (%)	$0.18^{b}\pm0.37$	$3.56^{a}\pm0.63$
protein (%)	$1.17^{b}\pm0.77$	$7.80^{a}\pm0.92$

mean values in the same row followed by different superscript differ significantly by Duncan's multiple range test ($p\leq0.05$)

ns = non significantly different ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว และจากข้าวเจ้าหอมนิล พบว่าความชื้นของเซมเบ้ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.16) เนื่องจากใช้สภาวะในการย่างและอบแห้งเช่นเดียวกัน พบว่าเซมเบ้ทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณไขมันและโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.009 และ p=0.042) โดยเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาวมีทั้งปริมาณไขมันและโปรตีนน้อยกว่าเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิล เนื่องจากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ถูกขัดสีเอาเปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดออกหมดจนหมด จึงประกอบด้วยสตาร์ชเป็นส่วนใหญ่ (Juliano, 1985) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.00 และ p=0.011) โดยเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลมีค่ามากกว่า เนื่องจากรงควัตถุสีดำที่พบในข้าวเจ้าหอมนิลประกอบด้วยไซยานิดินและโปรแอนโทไซยานิดินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ดวงกมล, 2551)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาพันธุ์ข้าวชนิดที่มีสีที่เหมาะสมในการผลิตขนมญี่ปุ่นโดยใช้ข้าวเหนียวดำและข้าวเหนียวดำกล้องในการผลิตอาราเร่และใช้ข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวเจ้ามันปูในการผลิตเซมเบ้ พบว่าอาราเร่และเซมเบ้จากข้าวที่มีสีมีค่าปริมาตรจำเพาะลดลงและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำตัวอย่างมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าอาราเร่จากข้าวเหนียว กข6 ขัดขาวและเซมเบ้จากข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ 105 ขัดขาว ได้คะแนนความชอบรวมสูงกว่าอาราเร่และเซมเบ้จากข้าวที่มีสี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวชนิดที่มีสีในการผลิตขนมญี่ปุ่น พบว่าข้าวเหนียวดำเหมาะสมที่จะใช้ผลิตอาราเร่ และข้าวเจ้าหอมนิลเหมาะสมที่จะใช้สำหรับผลิตเซมเบ้มากกว่า เนื่องจากอาราเร่จากข้าวเหนียวดำและเซมเบ้จากข้าวเจ้าหอมนิลมีอัตราการพอง คะแนนความชอบด้าน สีและความกรอบ สูงกว่าเมื่อใช้ข้าวเหนียวดำกล้องและข้าวเจ้ามันปู เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์พบว่า อาราเร่และเซมเบ้ที่ผลิตจากข้าวที่มีสีมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิก ความชื้น ไขมัน และโปรตีน มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตามปกติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท เอสเอ็มทีซี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบ บุคลากร และกระบวนการผลิตตลอดระยะเวลาทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. “เทคโนโลยีของแป้ง.” สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนินันท์ วรรธนะหทัย. 2542. “การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแป้งที่ได้จากพันธุ์ข้าวไทยและการผลิตมอลโทเดกส์ทริน.” กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดวงกมล เริมตระกูล. 2551. “รำข้าวสีดำคือแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ” สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ , กรุงเทพฯ. : [Online]. Available : http://www.riceproduct.org/index.php?option=com_content&task=view&id=104&Itemid=1

ดวงแก้ว ผุงเพิ่มตระกูล. 2546. สกัด “ข้าวเจ้าหอมนิล.” ผลิตแชมพูลดปัญหาผมหงอก-ร่วง-กระด้าง หนังสือพิมพ์ไทยรัฐฉบับวันจันทร์ที่ 22 กันยายน 2546 หน้า 7 [Online]. Available : http://www.most.go.th/news/newspaper/default.asp?GID=444

นันทรัตน์ มหาสวัสดิ์, ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2551.”การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวหอมแดง.” ประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, ธวัชชัย แถวถาทำ และ ดำเนิน กาละดี. 2547. ปริมาณสารแกมมา-โอไรซานอลในผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่าง ๆ วารสารเกษตร 20(2):111-119.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, พิทยา อดุลยธรรม, จักรี ทองเรือง และ วรัญญู ศรีเดช. 2545. รายงานการวิจัยเรื่อง การผลิตข้าวพองเพื่อสุขภาพ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รสิตา โอสถานนท์. 2550. “ข้าวแดงอาหารเพื่อสุขภาพ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ขอนแก่น.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2543. “การวิเคราะห์กระบวนการเจลาติไนเซชันและรีโทรกราเดชันที่มีผลต่อความพองตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าว.” โครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

สิงหนาท พวงจันทน์แดง, ศุภชัย ภูลายดอก, เกษม นันทชัย, วิเชียร วรพุทธพร, สุนันทา ทองทา และ วีระ สุวรรณศร. 2550. อิทธิพลของแป้งธัญชาติชนิดต่าง ๆ ต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์พองตัวที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชัน วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 12(4) : 431-441.

สุนันทา วงศ์ปิยชน. 2548. “องค์ประกอบเคมีของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ.” [Online]. Available : http:// www.brrd.ricethailand.go.th

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว ขนมอบกรอบจากธัญชาติ มอก. 1534/2541. กระทรวงอุตสาหกรรม , กรุงเทพฯ. 1534-2541

AOAC. 2000. Official method of analysis of association of official analytical chemists. 17th ed. Maryland : Gaithersburg.

Chrispeels, M.L. and David, E.S. 1994. Plants, Genes and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers. London. England. 478 p.

Juliano, B.O. 1985. Rice : Chemistry and Technology. 2nd ed. Minnesota : The American Association of Cereal Chemists, Inc

Luh, B.S. 1991. Rice : Production and Utilization. Connecticut : The AVI Publishing Company , Inc

Ou, B., Huang, D., Woodill, M.H., Flanagan, J.A. and Deemer, E.K. (2002). Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. J. Agric. Food Chem. 50: 3122-3128.

Szezesniak, A.S. and Kramer, A. 1973. Texture Measurements of Foods. Holland : Reidel Publishing Company.

Tester, R.F. and Morrison, W.R.. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. L. Effect of amylopectin, amylase and lipid. Cereal Chem. 67 : 551-557.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้