วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

การเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ จากข้าวสาลีบดพันธุ์แม่โจ้

Comparisons of Phytochemicals and Antioxidant Activities of Milled Fractions from Wheat Varieties, Maejo

ภาวิณี อารีศรีสม* นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ ณัฐชนก แก้วแทน และกอบลาภ อารีศรีสม

Pawinee Areesrisom* Narin Taokaenchan Natchanok Keawtan and Koblap Areesrisom

สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: areesrisom30@gmail.com

(Received: 20 September 2021; Revised: 13 December 2021; Accepted: 28 January 2022)

Abstract

The purpose of this research was to compare the content of the total phenolic, flavonoid, ferulic acid and antioxidant activities in wheat germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties, which has been breeding by Mr. Ruangchai Juwattanasomran, Agronomy Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai Province. According to the results, the amount of phytochemicals and antioxidant activities found in wheat germ mixed with bran was significant at 95% confidence level higher than that of the flour in all wheat varieties. In wheat germ mixed with bran, MJU10 variety showed the highest total phenolic content of 2.86±0.06 mgGAE/ g DW, while those of MJU2 and MJU8 varieties showed the highest flavonoid contents of 0.65±0.00 and 0.65±0.01 mgQE/ g DW, respectively. The rice germ mixed with bran of MJU10 variety gave the highest ferulic acid content which was 478.40±2.58 mg/ kg, while those of MJU3 and MJU2 varieties showed the highest antioxidant activity by DPPH method with a percentage inhibition of 87.05 ± 0.17 and 85.69 ± 0.55, respectively. Moreover, the MJU2 variety

exhibited the highest antioxidant activity by ABTS method with a percentage inhibition of 46.55 ± 0.39.

Keywords: Wheat, phytochemicals, antioxidant activities

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ กรดเฟอรูลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำ และส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี จำนวน 8 สายพันธุ์ ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดย ผศ.ดร.เรืองชัย จูวัฒนสำราญ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าส่วนของเนื้อแป้งในข้าวสาลีทุก ๆ สายพันธุ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากสุดในข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU10 มีค่าเท่ากับ 2.86±0.06 มก. สมมูลของกรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีมากสุดในส่วนของจมูกข้าวผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 คือมีค่าเท่ากับ 0.65±0.00 และ 0.65±0.01 มก. สมมูลของเควอซิติน/ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับปริมาณกรดเฟอรูลิกพบมากสุดในจมูกข้าวผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU10 มีค่าเท่ากับ 478.40±2.58 มก./กก. ขณะที่ในสายพันธุ์ MJU3 และ MJU2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากสุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 87.05±0.17 และ 85.69±0.55 ตามลำดับ และในสายพันธุ์ MJU2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มากสุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 46.55±0.39

คำสำคัญ: ข้าวสาลี สารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ธัญพืชเป็นอาหารหลักของประชากรในหลาย ๆ ประเทศ เนื่องจากประกอบด้วยสารพฤกษเคมีต่าง ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ข้าวสาลีเป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่มีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนไทยมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมเมืองที่รีบเร่ง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากข้าวสาลี เช่น บะหมี่ ขนมปัง ขนมเค้ก และมักกะโรนี เป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการของชีวิตได้ ประเทศไทยมีการปลูกข้าวสาลีในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศและมีแนวโน้มที่จะขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นเรื่อย ๆ ประกอบกับปัจจุบันมีการตื่นตัวในด้านสุขภาพอนามัยกันมากขึ้น จึงมีการนำข้าวสาลีไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพและความงามในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น (พลังเกษตร, 2562; สุธีรา และคณะ, 2554; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542)

สารประกอบฟีนอลิก และ ฟลาโวนอยด์ เป็นสารพฤกษเคมีที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์เพิ่ม

ภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Ghasemzadeh *et al*., 2010) เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุให้เซลล์ในร่างกายเสื่อมสภาพและมีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง ส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ ที่ร้ายแรงตามมา เช่น โรคมะเร็ง ความดันโลหิตสูง เบาหวาน รูมาตอยด์ และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน เป็นต้น (วัลลภ และประณีต, 2547; Pham-Huy *et al*., 2008) โดยสารฟีนอลิกชนิดที่พบมากสุดในผนังเซลล์ของธัญพืชทั่วไป คือ กรดเฟอรูลิก ซึ่งพบมากในส่วนผนังเซลล์ของแอลิวโรนหรือชั้นรำละเอียด (aleurone) เยื่อหุ้มผล (pericarp) และจมูกข้าว (embryo) แต่พบเพียงเล็กน้อยในส่วนของเนื้อเมล็ด (endosperm) (Smith and Hartley, 1983) กรดเฟอรูลิกมีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงมาก (Graf, 1992; Ohta *et al.,* 1997) สามารถกำจัดสารพวกไนไตรท์ในลำไส้ได้ (Neut *et al.,* 1997) ช่วยเพิ่มประสิทธิผลของวิตามินอี และลดคอเลสเตอรอลในหนู (Kamal-Eldin *et al.,* 2000) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการอักเสบ (Chawla *et al.,* 1987) ยับยั้งการเกิดมะเร็งและเนื้องอกในผิวหนังหนู (Huang *et al.,* 1988) และยังช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) ได้ (Uchida *et al.,* 1996) ในบางประเทศกรดเฟอรูลิกได้รับการอนุมัติให้ใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) และใช้เป็นยาสำหรับรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือดสมอง (Wang and Jing-Ping, 2005; Graf, 1992) ในข้าวสาลีมีกรดเฟอรูลิกอยู่ประมาณ 0.8-2.0 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 90 ของสารพอลีฟีนอลทั้งหมดในข้าวสาลี ด้วยเหตุผลนี้จึงสามารถใช้กรดเฟอรูลิกเป็นตัวบ่งชี้ของสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวสาลีได้ (Boz, 2015)

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการบดโม่เมล็ดข้าวสาลีสายพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาถึงสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวสาลีพันธุ์แม่โจ้ที่ได้ปรับปรุงมาก่อน จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวสาลีที่มีคุณภาพ มีปริมาณสารสำคัญสูง สำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปเพาะปลูกเพื่อการบริโภคหรือการค้า และสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ทางด้านความงามต่อไป ซึ่งถือเป็นการเพิ่มคุณค่าและมูลค่าให้กับข้าวสาลีพันธุ์แม่โจ้ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างข้าวสาลี

นำตัวอย่างเมล็ดข้าวสาลีที่แยกเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้ว จำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่ MJU1 MJU2 MJU3 MJU4 MJU5 MJU6 MJU8 (ฝาง 60) และ MJU10 (สะเมิง 2) โดยที่สายพันธุ์ MJU8 และ MJU10 เป็นสายพันธุ์เปรียบเทียบ (check) ซึ่งได้รับการเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 มาคัดแยกหิน ดิน ทราย ออกให้หมด นำเมล็ดข้าวสาลีไปอบในตู้อบลมร้อน (Memmert UE 600, Germany) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 (Rasper, 1991) จากนั้นชั่งเมล็ดข้าวสาลีแต่ละสายพันธุ์ 100 กรัม ตำให้พอแตกและบดด้วยครกหิน

แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 40 และ 60 เมช ตามลำดับ โดยส่วนของแป้งที่มีเนื้อเนียนละเอียดจะร่อนผ่านตะแกรงทุกขนาดตกลงมาในภาชนะรองรับ ส่วนของเนื้อแป้งที่มีเศษรำเล็ก ๆ ผสมอยู่ด้วยจะติดอยู่ที่ตะแกรงขนาด 60 เมช ขณะที่ส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำจะอยู่ที่ตะแกรงทั้งขนาด 20 และ 40 เมช งานวิจัยนี้เลือกนำส่วนของเนื้อแป้งและส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำ (เนื่องจากกระบวนบดโม่เมล็ดข้าวสาลีในอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้มาซึ่งแป้งสาลีสีขาวนั้น จะได้ส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค) ไปวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมี (สารประกอบฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ กรดเฟอรูลิก) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในขั้นตอนต่อไป ลักษณะของเนื้อแป้งและส่วนของจมูกข้าวผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้ จำนวน 8 สายพันธุ์ แสดงดัง Figure 1

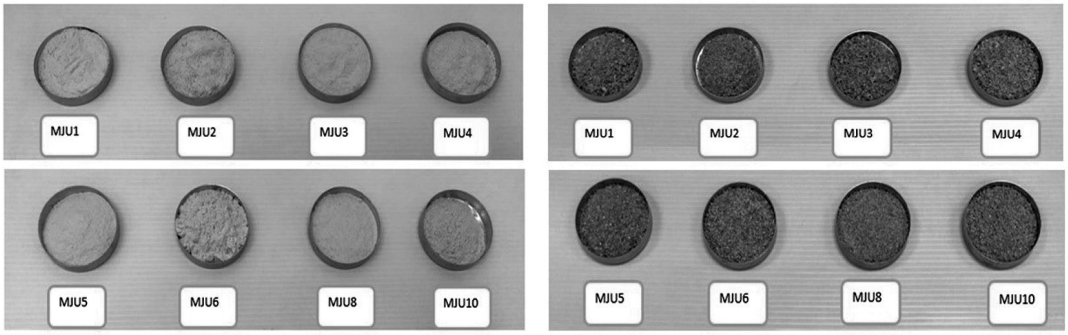

Figure 1 Characteristics of flour and wheat germ mixed with bran from 8 wheat varieties, Mae Jo

การศึกษาสารพฤกษเคมีในส่วนต่าง ๆ ของข้าวสาลี

นำส่วนของรำผสมจมูกข้าวสาลีและส่วนแป้ง (เนื้อเมล็ด) ที่ได้จากการบดเมล็ดข้าวสาลีทั้ง 8 สายพันธุ์ มาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสารพฤกษเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และกรดเฟอรูลิก ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การเตรียมสารสกัดข้าวสาลี ดัดแปลงจากวิธีของ Mcdonald *et al*. (2001) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วน 1.5 กรัม เติมเมทานอลปริมาตร 40 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปแช่ในตู้เย็น 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มากรองแล้วนำไประเหยจนแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Buchi R-3, Switzerland) ละลายสารสกัดหยาบที่ได้ด้วยเมทานอล 5 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu's assay ซึ่งดัดแปลงมาจาก Namjooyan *et al*. (2010) โดยปิเปตสารละลายที่สกัดได้มา 0.5 มิลลิลิตร เจือจางให้เป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นปิเปตสารละลายที่เตรียมได้มา 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลอง ผสมกับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 2.0 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไป

วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Thermo Scientific Genesys 10S, USA) ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างแกน X คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และแกน Y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.0021X + 0.0232$, $R^2 = 0.9959$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเป็น มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง (mgGAE/g DW)

2. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในข้าวสาลี ทำด้วยวิธี $AlCl_3$ colorimetric assay ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Patil *et al.* (2012) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วนอย่างละ 3.0 กรัม เติมเอทานอล 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ให้ตกตะกอน แล้วนำมากรอง ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลจนครบ 25 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้มา 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.9 มิลลิลิตร เอทานอล 1.5 มิลลิลิตร และ $AlCl_3$ เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของเควอซิติน ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างแกน x คือความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์ซิติน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ แกน y คือค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($y = 0.0091x + 0.1476$, $r^2 = 0.9987$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารฟลาโวนอยด์เป็น มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง (mgQE/g DW)

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิก

การวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิก ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Li (2014) โดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วนตัวอย่างละ 5.0 กรัม สกัดด้วยเมทานอล 50 มิลลิลิตร ปรับ pH เท่ากับ 2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มใน shaking bath (Heto SBD 50, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที นำสารสกัดที่ได้มากรองผ่าน syringe filter 0.45 ไมโครเมตร และนำไปวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิกด้วยเครื่อง HPLC-DAD (high performance liquid chromatography with diode-array detector) (Agilent LC1100, USA) โดยใช้คอลัมน์ชนิด ACEc18 (150x4.6 มิลลิเมตร, 5.0 ไมโครเมตร) เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยเมทานอลและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 30:70 (ปริมาตร/ปริมาตร) ที่มีกรดแอซีติกเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตร/นาที ตรวจวัดสัญญาณของกรดเฟอรูลิกที่ความยาวคลื่น 320 นาโนเมตร นำพื้นที่ใต้กราฟของสารสกัดตัวอย่างข้าวสาลีมาคำนวณหาปริมาณกรดเฟอรูลิกเทียบกับสารมาตรฐานกรดเฟอรูลิกในช่วงความเข้มข้น 1-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รายงานปริมาณกรดเฟอรูลิกในตัวอย่างข้าวสาลี ในหน่วย มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

เตรียมสารสกัดข้าวสาลีโดยชั่งตัวอย่างข้าวสาลีแต่ละส่วนที่แยกได้และบดละเอียดแล้วหนัก 3.0 กรัม เติมเมทานอล 50 มิลลิลิตร บ่มตัวอย่างไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

3 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไประเหยให้แห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Buchi R-3, Switzerland) ละลายสารสกัดหยาบที่ได้ด้วยเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เพื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay (DPPH) และ วิธี ABTS radical scavenging assay (ABTS)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Singh *et al.* (2002) โดยปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้ 0.3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่าง (As) มาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของเมทานอลที่เป็นหลอดควบคุม (Ac) โดยรายงานผลเป็นค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = [(Ac-As)/Ac] \times 100$$

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ดัดแปลงมาจากวิธีของ Thaipong *et al.* (2006) โดยนำสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้ 0.3 มิลลิลิตร เติมเมทานอล 5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้มา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง และเติมสารละลาย $ABTS^{\bullet+}$ เข้มข้น 7.0 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสารตัวอย่าง (As) มาคำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของเมทานอลที่เป็นหลอดควบคุม (Ac) โดยรายงานฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS เป็นค่าของร้อยละการยับยั้ง คำนวณเช่นเดียวกันกับการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

ผลการทดลองพบว่าสายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU10 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.86±0.06 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง และในส่วนของเนื้อแป้งพบว่าข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU1 และ MJU3 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.63±0.05 และ 1.62±0.04 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Adom *et al.* (2005) ที่พบว่าในข้าวสาลีทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีปริมาณฟีนอลิกรวมในส่วนของรำ/จมูกข้าวสาลีมากกว่าในส่วนของเนื้อเมล็ด และจากการศึกษาของ Ivanišova *et al.* (2012) รายงานว่าในส่วนของรำหยาบและรำละเอียดของธัญพืชทุก ชนิดที่

ได้นำมาทดสอบมีปริมาณของฟีนอลิกรวมสูงกว่าในส่วนของข้าวที่บดเป็นแป้งหยาบและแป้งละเอียด

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

ผลการศึกษาพบว่าส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำของข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด คือมีค่า 0.65±0.00 และ 0.65±0.01 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU4 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.36±0.02 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง และในส่วนของเนื้อแป้งพบว่าข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU1 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด คือมีค่า 0.38±0.00 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิติน/กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนสายพันธุ์ MJU8 มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด คือ 0.11±0.00 มิลลิกรัมสมมูลของเควอซิตินต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยสายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่ง Goufo and Trindade (2014) พบว่าบริเวณรำข้าวส่วนใหญ่จะมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือ myricetin luteolin kaempferol และ apigenin จากสมบัติดังกล่าวจึงทำให้ข้าวสี (ไม่ขัดสี) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ROS (Reactive Oxygen Species) สูงมาก

Table 1 Total phenolic compound and flavonoid content in rice germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties

Wheat varieties	Total phenolic content (mgGAE/g DW)		Flavonoid content (mgQE/g DW)	
	Rice germ mixed with bran	Flour	Rice germ mixed with bran	Flour
MJU1	2.51±0.03^{d}	1.63±0.05^{a}	0.46±0.00^{de}	0.38±0.00^{a}
MJU2	2.79±0.04^{b}	1.17±0.02^{d}	0.65±0.00^{a}	0.26±0.00^{e}
MJU3	2.23±0.02^{f}	1.62±0.04^{a}	0.49±0.00^{c}	0.35±0.00^{b}
MJU4	2.36±0.05^{e}	1.03±0.04^{e}	0.36±0.02^{f}	0.34±0.00^{c}
MJU5	2.70±0.03^{c}	0.97±0.04^{f}	0.46±0.00^{e}	0.12±0.00^{f}
MJU6	2.22±0.04^{f}	1.48±0.04^{b}	0.51±0.00^{b}	0.26±0.00^{e}
MJU8	2.79±0.03^{b}	1.49±0.03^{b}	0.65±0.01^{a}	0.11±0.00^{g}
MJU10	2.86±0.06^{a}	1.27±0.03^{c}	0.47±0.00^{d}	0.28±0.00^{d}

Values are means of three replications ± standard error

Values in the same column with the different letters are significantly different at P<0.05

ปริมาณกรดเฟอรูลิกในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

จากการวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอรูลิกด้วยเครื่อง HPLC พบว่าสารมาตรฐานกรดเฟอรูลิกมีค่า retention time (RT) เท่ากับ 3.98 นาที ดังแสดงใน Figure 2 โดยกรดเฟอรูลิกในข้าวสาลีส่วนใหญ่แล้วพบมากในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าในส่วนของเนื้อแป้ง โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมีปริมาณกรดเฟอรูลิกอยู่ในช่วง 91.20-478.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในส่วนของเนื้อแป้งมีปริมาณกรดเฟอรูลิกอยู่ในช่วง 83.03-237.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 2) กรดเฟอรูลิกในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำพบมากสุดในสายพันธุ์ MJU10 มีค่าเท่ากับ 478.40±2.58 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในส่วนของเนื้อแป้งพบมากสุดในสายพันธุ์ MJU1 มีค่าเท่ากับ 237.38±1.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Adom *et al.* (2005) ที่พบว่าข้าวสาลีทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีปริมาณกรดเฟอรูลิกในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าในส่วนของเนื้อแป้ง ทั้งนี้เนื่องจากในข้าวสาลีมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งสารฟีนอลิกชนิดที่พบมากสุดในผนังเซลล์ของธัญพืชทั่วไป คือ กรดเฟอรูลิก คิดเป็นร้อยละ 90 ของสารพอลีฟีนอลทั้งหมดในข้าวสาลี จึงทำให้ข้าวสาลีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงมาก (Boz, 2015) จากผลการศึกษาปริมาณกรดเฟอรูลิกในข้าวสาลีสายพันธุ์ต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ พบว่ามีปริมาณน้อยกว่าการศึกษาของ Boz (2015) ที่รายงานว่าข้าวสาลีมีกรดเฟอรูลิกอยู่ประมาณ 0.8–2 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากกรดเฟอรูลิกซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ของสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวสาลีเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างสารกลุ่มนี้ในพืช เช่น แสง รังสีอัลตราไวโอเลต ความแห้งแล้ง อุณหภูมิ ความเครียด สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และการขาดธาตุอาหาร เป็นต้น (Ali, 2014)

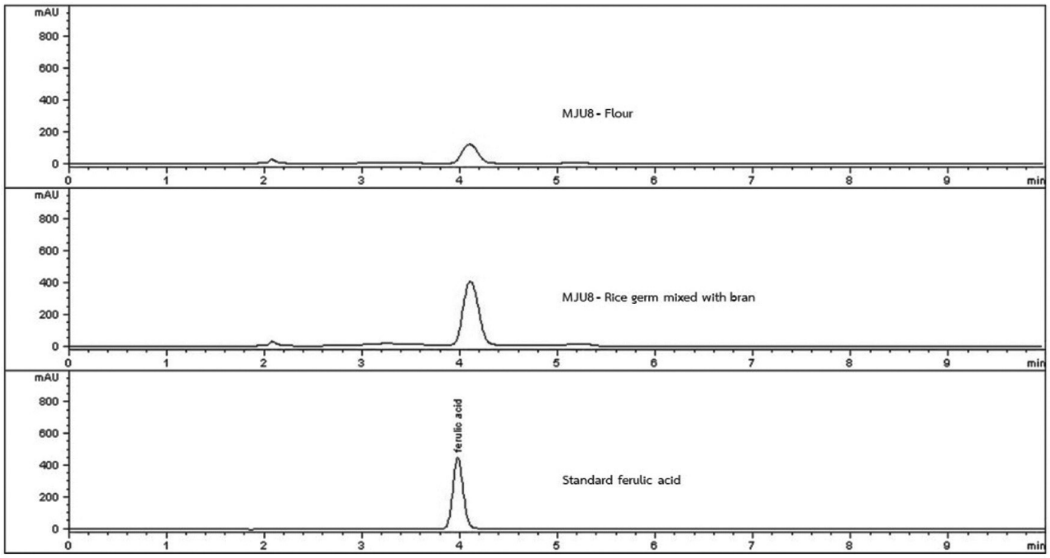

Figure 2 Chromatograms of standard ferulic acid and ferulic acid in MJU8 varieties

Table 2 Ferulic acid content in rice germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties

Wheat varieties	Ferulic acid content (mg/kg)	
	Rice germ mixed with bran	Flour
MJU1	230.87±1.85^{d}	237.38±1.05^{a}
MJU2	270.93±1.04^{c}	110.55±0.13^{f}
MJU3	91.20±0.75^{f}	83.03±0.63^{h}
MJU4	113.62±0.32^{e}	106.77±0.31^{g}
MJU5	93.07±0.39^{f}	190.80±0.88^{b}
MJU6	114.47±0.75^{e}	117.88±1.56^{e}
MJU8	451.45±2.43^{b}	139.68±1.11^{c}
MJU10	478.40±2.58^{a}	128.33±1.76^{d}

Values are means of three replications ± standard error

Values in the same column with the different letters are significantly different at P<0.05

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำและส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลี

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลีในทุก ๆ สายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำของสายพันธุ์ MJU3 และ MJU2 ให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงสุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 87.05±0.17 และ 85.69±0.55 ตามลำดับ ขณะที่ส่วนของเนื้อแป้งข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 71.83±0.25 และ 71.72±0.22 ตามลำดับ (Table 3)

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่ามีผลแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และให้ผลที่สอดคล้องกับวิธี DPPH คือ ส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในส่วนของเนื้อแป้งของข้าวสาลีในทุก ๆ สายพันธุ์ โดยที่สายพันธุ์ MJU2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงที่สุดทั้งในส่วนของจมูกข้าวผสมรำและส่วนของเนื้อแป้ง คือมีค่าร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 46.55±0.39 และ 15.88±0.19 ตามลำดับ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับ Adom *et al*. (2005) ที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวสาลีจำนวน 3 สายพันธุ์ และพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีมากในส่วนของจมูกข้าวสาลีผสมรำมากกว่าในส่วนของเนื้อแป้งถึง 28-89 เท่า เช่นเดียวกับ Ivanišova *et al*. (2012) ที่ทำการบดโม่ข้าวสาลี บาร์เล่ย์ ข้าวโอ๊ต สเปลท์ ข้าวไรย์ และทริทิเคลี โดยพบว่าส่วนของรำหยาบและรำละเอียดของธัญพืชทั้ง 5 ชนิดนี้ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในส่วนแป้งหยาบ ๆ และแป้งละเอียด ทำนองเดียวกับ ธรรณพ (2553) ที่พบว่าส่วนของรำข้าวมีปริมาณสารต้าน

อนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนของข้าวกล้องและข้าวขาว ถึง 7 และ 62 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระในพืชทั่ว ๆ ไป มีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว สายพันธุ์ และสภาพภูมิอากาศ (Gao *et al*., 2011)

Table 3 DPPH and ABTS radical scavenging activities in rice germ mixed with bran and flour from 8 wheat varieties

Wheat varieties	DPPH activity (% inhibition)		ABTS activity (% inhibition)	
	Rice germ mixed with bran	Flour	Rice germ mixed with bran	Flour
MJU1	85.11±0.22^{bc}	56.76±0.21^{e}	42.57±0.65^{b}	8.18±0.08^{e}
MJU2	85.69±0.55^{ab}	71.83±0.25^{a}	46.55±0.39^{a}	15.88±0.19^{a}
MJU3	87.05±0.17^{a}	54.39±0.35^{f}	35.00±0.59^{c}	10.09±0.14^{b}
MJU4	67.5±0.50^{g}	60.47±0.35^{c}	29.56±0.38^{e}	8.98±0.13^{d}
MJU5	70.46±0.35^{f}	58.54±0.40^{d}	21.70±0.11^{g}	6.60±0.00^{g}
MJU6	81.93±0.07^{d}	51.68±0.23^{g}	32.21±0.26^{d}	3.68±0.10^{h}
MJU8	83.96±2.08^{c}	71.72±0.22^{a}	22.36±0.06^{f}	7.84±0.11^{f}
MJU10	78.87±0.40^{e}	65.68±0.16^{b}	21.56±0.23^{g}	9.33±0.50^{c}

Values are means of three replications ± standard error

Values in the same column with the different letters are significantly different at P<0.05

สรุปผลการวิจัย

สายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในส่วนของจมูกข้าวผสมรำข้าว มีมากกว่าส่วนของเนื้อแป้งในข้าวสาลีทุก ๆ สายพันธุ์ ซึ่งส่วนของจมูกข้าวผสมรำพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและกรดเฟอรูลิกมากสุดในสายพันธุ์ MJU10 ปริมาณสารฟลาโวนอยด์มีมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 ขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 และ MJU3 ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS มีมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 สำหรับส่วนของเนื้อแป้งพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากสุดในสายพันธุ์ MJU1 และ MJU3 ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์และกรดเฟอรูลิกพบมากสุดในสายพันธุ์ MJU1 ขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีมากสุดในสายพันธุ์ MJU2 และ MJU8 ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบมากสุดในสายพันธุ์ MJU2

ดังนั้นหากต้องการนำข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้ที่มีสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมากไปใช้สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ควรเลือกใช้ข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU2 MJU3 MJU8 และ MJU10 ในส่วนของจมูกข้าวผสมรำ ในขณะที่

ควรใช้ข้าวสาลีสายพันธุ์ MJU1 MJU2 MJU3 และ MJU8 ในส่วนเนื้อแป้ง ดังนั้นข้าวสาลีที่ปรับปรุงพันธุ์โดยสาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คือ MJU1 MJU2 MJU3 จึงเป็นสายพันธุ์ที่ควรได้รับการพิจารณาตัดสินใจสำหรับนำไปใช้ประโยชน์หรือปรับปรุงพันธุ์ต่อ เพื่อให้ได้ข้าวสาลีที่มีสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่สูง เมื่อเทียบกับพันธุ์เปรียบเทียบ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกบริโภค และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้ได้ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพหรือเครื่องสำอางเชิงพาณิชย์ และต่อยอดผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีสายพันธุ์แม่โจ้สู่ระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2562 ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการสมุนไพรและสาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์ ตลอดจนเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ธรรณพ เหล่ากุลดิลก. 2553. องค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระ กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ และเสถียรภาพระหว่างการเก็บรักษาของรำจากข้าวสี และการประยุกต์ใช้รำจากข้าวสีในขนมปัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พลังเกษตร. 2562. ข้าวสาลีปลูกในไทยได้ดี ตลาดโตต่อเนื่อง ตอบโจทย์ตลาดเทรนด์คนรักสุขภาพ. แหล่งข้อมูล https://www.palangkaset.com/ข้าวเศรษฐกิจ/ข้าวสาลี-2/ (25 กันยายน 2561).

วัลลภ วีชะรังสรรค์ และปราณีต โอปณะโสภิต. 2547. ภาพรวมของอนุมูลอิสระและการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูล อิสระในสารสกัดจากพืชในหลอดทดลอง. วารสารศรีนครินทรวิโรฒ เภสัชสาร 9(1): 73-80.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2542. ข้อมูลด้านการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตรที่สำคัญ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุธีรา มูลศรี นงนุช ประดิษฐ์ พจน์ วัจนะภูมิ นิทัศน์ สิทธิวงศ์ ศิวะพงศ์ นฤบาล ไพโรจน์ โชตินิสากรณ์ กาญจนา พิบูลย์ และสาธิต ปิ่นมณี. 2554. ข้าวสาลีสายพันธุ์ดีเด่น. สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง. 14-16 กุมภาพันธ์. โรงแรมนครแพร่ ทาวเวอร์, แพร่. น. 380-387.

Adom, K.K., M.E. Sorrells and R.H. Liu. 2005. Phytochemicals and Antioxidant Activity of Milled Fractions of Different Wheat Varieties. J. Agric. Food Chem. 53(6): 2297-2306.

Ali, M.B. 2014. Secondary metabolites and environmental stress in plants: biosynthesis, regulation, and function. pp. 55-85. *In:* P. Ahmad and R.M. Wani (eds.). Physiological Mechanisms and Adaptation Strategies in Plants under Changing Environment. Springer, New York.

Boz, H. 2015. Ferulic acid in cereals – a review. Czech J. Food Sci. 33: 1-7.

Chawla, A.S., M. Singh, M.S. Murthy, M.P. Gupta and H. Singh. 1987. Anti-inflammatory action of ferulic acid and its esters in carrageenan-induced rat paw edema model. Indian J. Exp. Biol. 25: 187-189.

Gao, C.Y., Y.H. Lu, C.R. Tian, J.C. Xu, X.P. Guo, R. Zhou and G. Hao. 2011. Main nutrients, phenolics, antioxidant activity, DNA damage protective effect and microstructure of *Sphallerocarpus gracilis* root at different harvest time. Food Chem. 127(2): 615-622.

Ghasemzadeh, A., H.Z.E. Jaafar and A. Rahmat. 2010. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officianle* Roscoe). Molecules. 15: 4324-4333.

Goufo P. and H. Trindade. 2014. Rice antioxidants phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, c-oryzanol, and phytic acid. Food Sci. Nutr. 2(2): 75-104.

Graf, E. 1992. Antioxidant potential of ferulic acid. Free Radic. Biol. Med. 13: 435-448.

Huang, M.T., R.C. Smart, C. Q. Wong and A.H. Conney. 1988. Inhibitory effect of curcumin, chlorogenic acid, caffeic acid, and ferulic acid on tumor promotion in mouse skin by 12-Otetradecanoylphorbol -13-acetate. Cancer Res. 48: 5941-5946.

Ivanišova, E., M. Ondrejovič and S. Šilhár. 2012. Antioxidant activity of milling fractions of selected cereals. Nova Biotechnol. et Chim. 11(1): 45-56.

Kamal-Eldin, A., J. Frank, A. Razdan, S. Tengblad, S. Basu and B. Vessby. 2000. Effects of dietary phenolic compounds on tocopherol, cholesterol, and fatty acids in rats. Lipids. 35: 427-435.

Li, Y. 2014. Determination of ferulic acid content in Cyperus rotundus by HPLC. J. Chem. Pharm. Res. 6(3): 1496-1500.

Mcdonald, S., P.D. Prenzler, M. Antolovich and K. Robards. 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chem. 73: 73-84.

Namjooyan, F., M.E. Azmi and V.R. Rahmanian. 2010. Investigation of antioxidant activity and total phenolic content of various fractions of aerial parts of *Pimpinella Barbata* (DC.) Boiss. Jundishapur J. Nat. Pharm. Prod. 5(1): 1-5.

Neut, C., F. Guillemot and J. F. Colombel. 1997. Nitrate-reducing bacteria in diversion colitis: A clue to inflammation? Dig. Dis. Sci. 42: 2577-2580.

Ohta, T., T. Nakano, Y. Egashira and H. Sanada. 1997. Antioxidant activity of ferulic acid â-glucuronide in the LDL oxidation system. Biosci. Biotechnol. Biochem. 61: 1942-1943.

Patil, N.B., A.B. Adsul, E. Khatiwora, A.A. Kale, A.P. Tambe and N.R. Deshpande. 2012. Spectroscopic determination of total phenolic and flavonoid contents of Tribulus terrestric fruits. Int. J. Chemtech Res. 4(3): 899-902.

Pham-Huy, L.A., H. He and D. Pham-Huy. 2008. Free radicals, antioxidants in disease and heath. Int. J. Biomed. Sci. 4(2): 89-96.

Rasper, V.F. 1991. Quality ebaluation of cereals and cereal products. pp. 595-638. In: K.J. Lorenz and K. Kulp (eds.). Handbook of Cereal Science and Technology. Maecel Dekker, Inc., New York.

Singh, R.P., K.N. Chidambara and G.K. Jayaprakasha. 2002. Studies on the activity of pomegranate (*Punica granatum)* peel and seed extracts using in vitro models. J. Agric. Food Chem. 50(1): 81-86.

Smith, M.M. and R.D. Hartley. 1983. Occurrence and nuture of ferulic acid substitution of cell wall polysaccharides in gramineous plants. Carbohydr. Res. 118: 65-80.

Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros-Zevallos and D.H. Byrne. 2006. Comparison of ABTA, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J. Food Compos. Anal. 19: 669-675.

Uchida, M., S. Nakajin, S. Toyoshima and M. Shinoda. 1996. Antioxidative effect of sesamol and related compounds on lipid peroxididation. Biol. Pharm. Bull. 19: 623-626.

Wang, B.H. and J.P. Jing-Ping. 2005. Pharmacological actions of sodium ferulate in ardiovascular system. Cardiovasc. Drug Rev. 23(2): 161-172.