

## นิพนธ์ฉบับ

## การศึกษาปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานินเดี่ยว วิตามินอี และแกมมาโอโรซานอลในข้าวสีพันธุ์ต่าง ๆ ของไทย

วนิดา จันทรสม\*, เฉลิม จันทรสม\*, นุชลิริ เลิศวุฒิสภณ\*\*

### บทคัดย่อ

- บทนำ:** สายพันธุ์ข้าวไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม เยื่อหุ้มเมล็ด (ผิวข้าวกล้อง) ของข้าวก็มีหลากหลายสี และยังพบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้มมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าข้าวขาว การศึกษาดังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาพันธุ์ข้าวสีในประเทศไทยที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ มากที่สุด
- วิธีการศึกษา:** งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้าวทั้งหมด ๑๕ พันธุ์ โดยแบ่งเป็นข้าวสีแดง-แดงเข้ม จำนวน ๗ พันธุ์ ข้าวสีม่วงดำ จำนวน ๕ พันธุ์ และข้าวขาวจำนวน ๓ พันธุ์ จากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศ แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด แอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมด วิตามินอีและแกมมาโอโรซานอล
- ผลการศึกษา:** พบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในข้าวทุกพันธุ์ ตั้งแต่ ๐.๒๗ ถึง ๑.๖๓ มิลลิกรัม GAE (gallic acid equivalent)/กรัม (ข้าวกล้อง) โดยปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยในข้าวพันธุ์สีม่วง-ดำจะมีมากกว่าพันธุ์ข้าวสีแดง-แดงเข้มและในข้าวขาว พบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในข้าวตั้งแต่ ๒๘.๘๗ ถึง ๑๑๑.๘๙ ไมโครกรัม RE (rutin equivalent)/กรัม (ข้าวกล้อง) พบปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวเฉพาะในข้าวสีม่วง-ดำเท่านั้น ตั้งแต่ ๑๑.๙๗ ถึง ๕๕๘.๖๘ ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) และพบในข้าวเหนียวมากกว่าข้าวเจ้า พบปริมาณแกมมาโอโรซานอลในข้าวทุกพันธุ์ตั้งแต่ ๒๓๘.๔๙ ถึง ๑๔๖๐.๓๘ ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) และพบปริมาณวิตามินอีในข้าวทุกพันธุ์แต่จะมีมากในข้าวสีม่วง-สีดำและในข้าวสีแดง-สีแดงเข้มบางพันธุ์ ตั้งแต่ ๒๕.๙๑ ถึง ๔๓.๓๘ ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง)
- วิจารณ์ และสรุปผลการศึกษา:** ข้าวเหนียวลิ้มฝัวจะมีสีดำเข้มมากที่สุดและเมล็ดข้าวกล้องมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ มากที่สุด ดังนั้นควรส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกข้าวพันธุ์เหนียวลิ้มฝัว อีกทั้งแนะนำให้บริโภคหรือนำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคได้ด้วยตนเองได้
- คำสำคัญ:** ข้าวสี, คุณค่าทางโภชนาการ, ข้าวเหนียวดำ

วันที่รับบทความ: ๑๖ พฤศจิกายน ๒๕๕๙

วันที่อนุญาตให้ตีพิมพ์: ๑๗ มีนาคม ๒๕๖๐

\* งานบริหารการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

\*\* สาขาชีวเคมี สถานวิทยาศาสตร์ปริคลินิก คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทย คุณค่าทางโภชนาการของข้าวนอกจากจะให้แป้งร้อยละ ๗๐ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแล้ว เมล็ดข้าวยังประกอบด้วยสารอาหารอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ วิตามินและไฟเบอร์<sup>๑</sup> มีรายงานสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในข้าวมากมายหลายชนิด เช่น phytic acid, isovitexin, phytosterols, octacosanol, squalene และ gamma-aminobutyric acid (GABA) เป็นต้น<sup>๒</sup> แกมมาโอไรซานอลที่อยู่ในข้าวประกอบไปด้วยอนุพันธ์ของ steryl ferulate ทั้งหมด ๑๐ ชนิด แต่จะมี ๔ ชนิดที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartenyl ferulate, campesteryl ferulate และ sitosteryl ferulate<sup>๓</sup> วิตามินอีที่อยู่ในข้าวประกอบไปด้วยอนุพันธ์ของ tocopherol และ tocotrienol<sup>๒</sup> มีรายงานการศึกษาพบว่า สารสกัดจากรำข้าวสามารถลดการเกิดมะเร็งจากการเหนี่ยวนำด้วยสารเคมีและสิ่งแวดล้อม<sup>๔-๖</sup> หรือลดการอักเสบเรื้อรังทำให้ขนาดแผลหายช้า ซึ่งเป็นขบวนการของการเกิดมะเร็งบางชนิด<sup>๗-๑๐</sup> นอกจากนี้ สารจากรำข้าวยังสามารถป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวาน<sup>๑๑</sup> ซึ่งอาจเกิดจากกลไกต้านการอักเสบ

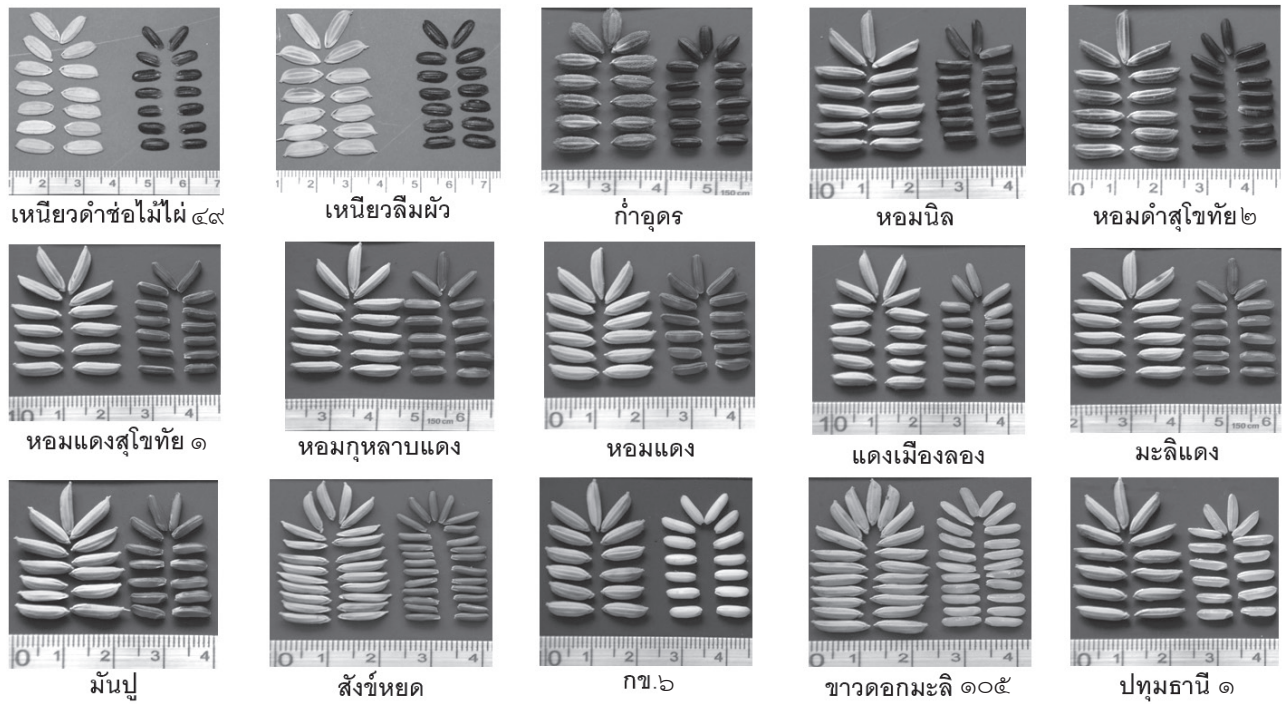
สายพันธุ์ข้าวไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรมเยื่อหุ้มเมล็ด (ผิวข้าวกล้อง) ของข้าวก็มีหลากหลายสี เช่น สีเหลืองนวล สีแดงถึงแดงเข้มและสีม่วงถึงม่วงเข้มจนเกือบดำ และยังพบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้มมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูงกว่าข้าวขาว<sup>๑๒-๑๔</sup> สารสีที่พบในข้าวสีแดง-แดงเข้มคือ beta-carotene, lutein, zeaxanthin และ lycopene ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือดและป้องกันการเกิดต่อที่กระจกตาได้<sup>๑๕</sup> ส่วนสารสีที่พบในข้าวสีม่วง-ดำ ประกอบไปด้วยแอนโทไซยานิน ๔ ชนิด โดยมี cyanidin 3-glucoside เป็นแอนโทไซยานินหลัก รองลงมาคือ peonidin 3-glucoside<sup>๑๖</sup>

มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ<sup>๑๗</sup> สารสกัดจากข้าวสีม่วง-ดำสามารถยับยั้งเอนไซม์อัลโดสรีดักเตส (aldose reductase)<sup>๑๘</sup> ลดระดับน้ำตาลในเลือด<sup>๑๙</sup> มีฤทธิ์ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยลดภาวะออกซิเดชันในพลาสมาและยับยั้งปัจจัยที่ทำให้เกิดการอักเสบ<sup>๒๐</sup> มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งลูคีเมียและยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งปอด<sup>๒๑</sup> ชะลอการเจริญของเนื้องอก<sup>๒๒</sup> ทั้งนี้ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ที่กล่าวมาจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรมข้าว แหล่งที่ปลูก สภาพดิน ปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในดิน ปริมาณน้ำและสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาพันธุ์ข้าวสีที่พบในท้องถิ่นของประเทศไทยที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ มากที่สุด เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเผยแพร่และส่งเสริมให้มีการเพาะปลูก แนะนำให้คนไทยบริโภคหรือนำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคได้ด้วยตนเองได้

## วิธีการศึกษา

### ๑. ตัวอย่างพันธุ์ข้าว

เก็บรวบรวมตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกทั้งหมด ๑๕ พันธุ์ โดยแบ่งเป็นข้าวสีแดง-แดงเข้ม จำนวน ๗ พันธุ์ ข้าวสีม่วง-ดำ จำนวน ๕ พันธุ์ และข้าวขาวจำนวน ๓ พันธุ์ จากแหล่งต่าง ๆ (รายละเอียดดังตารางที่ ๑) เป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรหรือกำลังอยู่ในขั้นตอนการยื่นรับรอง โดยเน้นการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ ตัวอย่างที่ได้จะทำการสีแบบไม่ขัดขาวด้วยเครื่องสีข้าวที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีเพื่อเอาเฉพาะข้าวกล้อง (ดังรูปที่ ๑) บรรจุข้าวกล้องในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศทันทีแล้วเก็บแช่เย็นรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -๒๐ องศาเซลเซียส



รูปที่ ๑ ลักษณะข้าวเปลือกและข้าวกล้องของตัวอย่างข้าวสีพันธุ์ต่าง ๆ

ตารางที่ ๑ แสดงรายละเอียดของสีข้าวกล้อง ชนิดของข้าวและแหล่งที่เก็บข้าวสีพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	สีของข้าวกล้อง	ชนิด	แหล่งที่เก็บ
เหนียวดำข้อไม้ไผ่ ๔๔	น้ำตาล-ดำ	ข้าวเหนียว	ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี
เหนียวลิ้มฝัว	ดำ	ข้าวเหนียว	ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก
กำอูตร	น้ำตาล-ดำ	ข้าวเหนียว	ศูนย์วิจัยข้าวอุดรธานี
หอมนิล	น้ำตาล-ม่วง	ข้าวเจ้า	ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง
หอมดำสุโขทัย ๒	น้ำตาล-ดำ	ข้าวเจ้า	เกษตรอินทรีย์สนามบินสุโขทัย
หอมแดงสุโขทัย ๑	แดงเข้ม	ข้าวเจ้า	เกษตรอินทรีย์สนามบินสุโขทัย
หอมกุหลาบแดง	แดงอ่อน	ข้าวเจ้า	เกษตรอินทรีย์สนามบินสุโขทัย
หอมแดง	แดง	ข้าวเจ้า	ศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่
แดงเมืองทอง	แดงอ่อน	ข้าวเหนียว	ศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่
มะลิแดง	แดง	ข้าวเจ้า	เกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่
มั่นปู้	แดงเข้ม	ข้าวเจ้า	เกษตรอินทรีย์จังหวัดยโสธร
สังข์หยด	แดง	ข้าวเจ้า	ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง
กข.๖	ขาวขุ่น	ข้าวเหนียว	ศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่
ขาวดอกมะลิ ๑๐๕	ขาวขุ่น	ข้าวเจ้า	เกษตรอินทรีย์จังหวัดสุรินทร์
ปทุมธานี ๑	ขาวขุ่น	ข้าวเจ้า	ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

## ๒. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจากวิธีการของ Maria และคณะ)<sup>๒๓</sup>

นำตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด ๕ กรัม มาสกัดด้วย ๔๐ มิลลิลิตร สารละลาย ๑% กรดไฮโดรคลอริกใน ๙๕% เอทานอล ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (๙๐ องศาเซลเซียส) นาน ๑๐ นาที กรองและปรับปริมาตรเป็น ๕๐ มิลลิลิตร ด้วย ๙๕% เอทานอล ปิเปตสารละลายตัวอย่างนี้ ๑๐๐ ไมโครลิตร ลงในหลอด micro centrifuge ขนาด ๑.๕ มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu's ๕๐๐ ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย ๗.๕% โซเดียมคาร์บอเนต ๔๐๐ ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ ๓๐ นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ ๑๐,๐๐๐ รอบต่อนาที แล้วดูดเอาสารละลายใสข้างบนตะกอนมา ๒๐๐ ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น ๗๖๕ นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเทียบจากกราฟมาตรฐานของ gallic (gallic acid equivalent, GAE)

## ๓. การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ด้วยวิธี aluminum chloride colorimetric assay (ดัดแปลงจากวิธีการของ Malla และคณะ)<sup>๒๔</sup>

นำตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด ๕ กรัม มาสกัดด้วย ๔๐ มิลลิลิตร สารละลาย ๑% กรดไฮโดรคลอริกใน ๙๕% เอทานอล ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (๙๐ องศาเซลเซียส) นาน ๑๐ นาที กรองและปรับปริมาตรเป็น ๕๐ มิลลิลิตร ด้วย ๙๕% เอทานอล ปิเปตสารละลายตัวอย่างนี้ ๑๐๐ ไมโครลิตร ใส่ในหลอด micro centrifuge ขนาด ๑.๕ มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น ๔๐๐ ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลาย ๕% โซเดียมไนไตรท์ ๓๐ ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ ๖ นาที ให้เติมสารละลาย ๑๐% อลูมิเนียมคลอไรด์ ๓๐ ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้อีก ๖ นาที เติมสารละลาย ๔% โซเดียมไฮดรอกไซด์ ๔๐๐ ไมโครลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ ๑ มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น (๔๐ ไมโครลิตร) ตั้งทิ้งไว้ ๑๕ นาที ปิเปตสารละลายนี้ ๒๐๐ ไมโครลิตร ใส่ใน ๙๖ well plate แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ๕๑๐ นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่างเป็นกราฟมาตรฐานของ rutin (rutin equivalents, RE)

## ๔. การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมด ด้วยวิธี pH-different method (ตามวิธีการของ Ronald)<sup>๒๕</sup>

นำตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด ๕ กรัม มาสกัดด้วย ๔๐ มิลลิลิตร สารละลาย ๑% กรดไฮโดรคลอริกใน ๙๕% เอทานอล ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (๙๐ องศาเซลเซียส) นาน

๑๐ นาที กรองและปรับปริมาตรเป็น ๕๐ มิลลิลิตร ด้วย ๙๕% เอทานอล ปิเปตสารละลายตัวอย่างนี้ ๑๐๐ ไมโครลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น ๕๐ มิลลิลิตร ด้วย ๐.๐๒๕ โมลาร์ สารละลายบัฟเฟอร์โบแตสเซียมคลอไรด์ (pH 1.0) นำไปวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อหา  $\lambda_{vis-max}$  (ช่วง ๒๐๐ - ๘๐๐ นาโนเมตร absorbance < ๑.๒ หากสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นมากให้เจือจางลง) แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่างข้าวอีก ๑๐๐ ไมโครลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น ๕๐ มิลลิลิตร ด้วย ๐.๔ โมลาร์ สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตท (pH 4.5) (ต้องเตรียมให้มีความเข้มข้นของสารตัวอย่างเท่ากันกับการเตรียมในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0) ตั้งทิ้งไว้ ๑๕ นาที นำสารละลายตัวอย่างทั้งสองไปวัดค่า absorbance ที่  $\lambda_{vis-max}$  และที่ ๗๐๐ นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดจากสูตร

แอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)  
=  $(A \times MW \times DF \times 1000) / (\epsilon \times l)$

เมื่อ  $A$  = จำนวนจากสูตร  $A = (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{pH 1.0} - (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{pH 4.5}$

MW = molecular weight (ข้าวใช้ค่าของ cyanidin 3-glucoside คือ MW = ๔๔๙.๒)

DF = dilution factor (ตัวอย่าง ๑๐๐ ไมโครลิตร ทำเป็น ๕๐ มิลลิลิตร ค่า DF = ๕๐๐)

$\epsilon$  = molar absorptivity (ข้าวใช้ค่าของ cyanidin 3-glucoside คือ  $\epsilon = ๒๖,๙๐๐$ )

## ๕. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีและแกมมาโอโรซานอลด้วยวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC)

การสกัดวิตามินอี (ตามวิธีการของ Korchazhkina และคณะ)<sup>๒๔</sup> จากตัวอย่างข้าวโดยใช้สารละลาย ๐.๕% กรดไตรฟลูโอโรอะซิติกใน ๘๐% เอทานอล ส่วนการสกัดแกมมาโอโรซานอลนั้นประยุกต์จากวิธีการของ Xu และ Godber<sup>๒๕</sup> โดยใช้ตัวอย่างข้าวที่บดแล้ว ๒๕ กรัม ใส่ในขวดก้นกลม เติมกรดแอสคอร์บิก ๑ กรัม เติมเฮกเซน ๓๕ มิลลิลิตร และเอทิลอะซิเตท ๑๕ มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) นาน ๔๐ นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น ๒๕ มิลลิลิตร และนำเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน อีกครั้ง

นาน ๑๐ นาทีจากนั้นกรองสารละลายที่ได้แล้วนำสารละลายที่ได้เข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุนเพื่อให้ได้ไขมันโดยรวม จากนั้นนำสารที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วย HPLC (ตามวิธีการของ Butsat และ Siriamornpun)<sup>๒๖</sup> โดยใช้เครื่อง HPLC ของบริษัท Thermo Separation Products (TSP) รุ่น ConstaMetric 4100 สภาวะการแยกใช้คอลัมน์ชนิด C18 (4.6 x 250 mm (5  $\mu$ m) with guard column) ของบริษัท Phenomenex ภูมิภาคเคลื่อนที่คือ ๔๐% เมทานอลในอะซิโตนไตรโตรีโดยปริมาตร ในเวลา ๔๐ นาที ที่อัตราการไหล ๑.๒ มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรของสารที่ฉีดเท่ากับ ๑๐ ไมโครลิตร และตรวจวัดสัญญาณค่าการดูดกลืนแสงสำหรับวิตามินอีและแกมมาโอโรซานอล ที่ความยาวคลื่น ๒๙๒ และ ๓๒๕ นาโนเมตร ตามลำดับ ตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์โดยหาร้อยละการได้กลับคืน (% recovery) และปริมาณต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ (limit of detection)

## ๖. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) เมื่อพบความแตกต่างจะทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ที่เรียกว่า post hoc test หรือ multiple comparisons ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ( $p < 0.05$ ) และทดสอบสถิติเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณ anthocyanin กับปริมาณ total phenolics compound ในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ โดยใช้ Pearson correlation analysis

## ผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ดังตารางที่ ๒) จะพบว่าฟีนอลิกในพันธุ์ข้าวสีทุกพันธุ์รวมถึงข้าวขาว ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยในข้าวพันธุ์สีม่วง-ดำจะมีมากกว่าพันธุ์ข้าวสีแดง-แดงเข้มและในข้าวขาวจะมีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยพบว่าตัวอย่างพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิว เท่ากับ  $1.63 \pm 0.03$  มิลลิกรัม GAE/กรัม (ข้าวกล้อง) รองลงมาคือ ตัวอย่างข้าวพันธุ์หอมคำสุโขทัย เท่ากับ  $1.49 \pm 0.04$  มิลลิกรัม GAE/กรัม (ข้าวกล้อง) และตัวอย่างข้าวพันธุ์ข้าวสังข์หยด เท่ากับ  $1.45 \pm 0.01$  มิลลิกรัม GAE/กรัม (ข้าวกล้อง) ส่วนพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด คือ พันธุ์ข้าวปทุมธานี ๑ และข้าวดอกมะลิ ๑๐๕ เท่ากับ  $0.27 \pm 0.03$  และ  $0.32 \pm 0.01$  มิลลิกรัม GAE/กรัม (ข้าวกล้อง) ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จะพบว่าฟลาโวนอยด์ในพันธุ์ข้าวสีทุกพันธุ์รวมถึงข้าวขาว โดยพบว่าตัวอย่างพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิวเท่ากับ  $111.89 \pm 1.47$  ไมโครกรัม RE/กรัม (ข้าวกล้อง) รองลงมาคือ ตัวอย่างข้าวพันธุ์เหนียวคำซอไม้ไผ่ ๔๙ เท่ากับ  $104.85 \pm 2.75$  ไมโครกรัม RE/กรัม (ข้าวกล้อง) และตัวอย่างข้าวพันธุ์ข้าวหอมแดงสุโขทัย เท่ากับ  $99.22 \pm 2.91$  ไมโครกรัม RE/กรัม (ข้าวกล้อง) ส่วนพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดน้อยที่สุด คือ พันธุ์ข้าวปทุมธานี ๑ และมันปู เท่ากับ  $30.87 \pm 2.07$  และ  $28.87 \pm 3.48$  ไมโครกรัม RE/กรัม (ข้าวกล้อง) ตามลำดับ



ตารางที่ ๒ ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด แอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมด วิตามินอีและแกมมา-โอโรซานอลในข้าวสีพันธุ์ต่าง ๆ

พันธุ์ข้าว	แอนโทไซยานิน เดี่ยวทั้งหมด [ไมโครกรัม/กรัม (ข้าวกล้อง)]	ฟีนอลิกทั้งหมด [มิลลิกรัม GAE/ กรัม (ข้าวกล้อง)]	ฟลาโวนอยด์ ทั้งหมด [ไมโครกรัม RE/ กรัม (ข้าวกล้อง)]	แกมมา-โอโรซานอล [ไมโครกรัม/กรัม (ข้าวกล้อง)]	วิตามินอี [ไมโครกรัม/กรัม (ข้าวกล้อง)]
เหนียวดำข้อมีไม่ไผ่ ๔๙	๑๕๗.๑๗ ± ๒.๕๖ <sup>c</sup>	๐.๙๙ ± ๐.๐๗ <sup>f</sup>	๑๐๘.๘๕ ± ๒.๗๕ <sup>b</sup>	๘๓๕.๐๘ ± ๙.๑๓ <sup>c</sup>	๓๑.๗๒ ± ๐.๖๒ <sup>d</sup>
เหนียวลิ้มฝัว	๕๕๘.๖๘ ± ๘.๔๓ <sup>a</sup>	๑.๖๓ ± ๐.๐๓ <sup>a</sup>	๑๑๑.๘๙ ± ๑.๔๗ <sup>a</sup>	๑๔๖๐.๓๘ ± ๓๙.๔๘ <sup>a</sup>	๔๓.๓๘ ± ๐.๖๐ <sup>a</sup>
กำอูตร	๒๒๐.๕๙ ± ๑๘.๒๒ <sup>b</sup>	๑.๓๒ ± ๐.๐๒ <sup>d</sup>	๙๒.๓๗ ± ๒.๒๘ <sup>d</sup>	๔๙๔.๓๙ ± ๑๘.๔๙ <sup>e</sup>	๓๒.๑๙ ± ๐.๙๐ <sup>cd</sup>
หอมนิล	๑๑.๙๗ ± ๑.๕๖ <sup>e</sup>	๑.๓๑ ± ๐.๐๗ <sup>cde</sup>	๗๓.๔๖ ± ๐.๙๓ <sup>f</sup>	๓๓๐.๗๖ ± ๓.๙๕ <sup>k</sup>	๒๘.๖๖ ± ๐.๔๔ <sup>e</sup>
หอมดำสุโขทัย ๒	๑๔๓.๓๗ ± ๔.๐๑ <sup>d</sup>	๑.๔๙ ± ๐.๐๔ <sup>b</sup>	๖๖.๙๖ ± ๓.๙๐ <sup>e</sup>	๘๘๕.๓๕ ± ๗.๖๖ <sup>b</sup>	๓๕.๒๓ ± ๐.๒๐ <sup>c</sup>
หอมแดงสุโขทัย ๑	nd	๑.๒๘ ± ๐.๐๑ <sup>d</sup>	๙๙.๒๒ ± ๒.๙๑ <sup>c</sup>	๖๑๖.๓๕ ± ๗.๔๔ <sup>e</sup>	๓๗.๖๓ ± ๒.๗๖ <sup>b</sup>
หอมกุหลาบแดง	nd	๑.๒๔ ± ๐.๐๒ <sup>c</sup>	๘๓.๙๘ ± ๓.๑๑ <sup>e</sup>	๗๕๕.๒๓ ± ๖.๓๔ <sup>d</sup>	๓๕.๗๙ ± ๐.๓๓ <sup>b</sup>
หอมแดง	nd	๑.๓๖ ± ๐.๐๒ <sup>f</sup>	๕๓.๙๐ ± ๓.๒๕ <sup>j</sup>	๔๒๑.๐๐ ± ๗.๕๙ <sup>i</sup>	๓๕.๔๘ ± ๐.๑๘ <sup>b</sup>
แดงเมืองลอง	nd	๐.๘๔ ± ๐.๐๗ <sup>c</sup>	๖๑.๘๑ ± ๔.๕๐ <sup>g</sup>	๒๘๐.๕๔ ± ๒.๕๘ <sup>l</sup>	๒๕.๙๑ ± ๐.๓๔ <sup>f</sup>
มะลิแดง	nd	๑.๓๘ ± ๐.๐๖ <sup>c</sup>	๓๙.๙๕ ± ๔.๖๒ <sup>j</sup>	๔๗๐.๓๒ ± ๒๕.๙๑ <sup>h</sup>	๓๑.๘๗ ± ๒.๘๖ <sup>cd</sup>
มันปู	nd	๐.๖๕ ± ๐.๐๓ <sup>g</sup>	๒๘.๘๗ ± ๓.๔๘ <sup>k</sup>	๓๗๑.๕๒ ± ๑๑.๑๓ <sup>i</sup>	๒๘.๕๑ ± ๐.๘๗ <sup>e</sup>
สังข์หยด	nd	๑.๔๕ ± ๐.๐๑ <sup>bc</sup>	๙๓.๕๙ ± ๐.๗๖ <sup>d</sup>	๕๔๙.๐๖ ± ๖.๕๗ <sup>f</sup>	๓๒.๙๙ ± ๐.๖๔ <sup>cd</sup>
กข.๖	nd	๐.๓๗ ± ๐.๐๒ <sup>h</sup>	๕๙.๓๙ ± ๔.๒๓ <sup>h</sup>	๒๓๘.๔๙ ± ๒.๖๔ <sup>m</sup>	๒๖.๐๕ ± ๐.๑๘ <sup>f</sup>
ขาวดอกมะลิ ๑๐๕	nd	๐.๓๒ ± ๐.๐๑ <sup>i</sup>	๔๔.๒๙ ± ๑.๘๕ <sup>j</sup>	๕๔๘.๓๒ ± ๘.๘๒ <sup>f</sup>	๓๔.๐๓ ± ๐.๓๖ <sup>c</sup>
ปทุมธานี ๑	nd	๐.๒๗ ± ๐.๐๓ <sup>i</sup>	๓๐.๘๗ ± ๒.๑๗ <sup>k</sup>	๓๗๖.๘๔ ± ๘.๗๖ <sup>j</sup>	๒๗.๓๙ ± ๐.๒๔ <sup>ef</sup>

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < ๐.๐๕$ , DMRT), nd = ตรวจไม่พบ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมด พบว่าจะมีแอนโทไซยานินเดี่ยวเฉพาะในข้าวสีม่วง-สีดำเท่านั้น ซึ่งจะไม่พบในพันธุ์ข้าวที่มีสีแดง-สีแดงเข้มและข้าวขาว โดยพบว่าตัวอย่างพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มฝัว เท่ากับ  $๕๕๘.๖๘ \pm ๘.๔๓$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) และตัวอย่างข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดรองลงมา คือ ตัวอย่างข้าวพันธุ์กำอูตร เท่ากับ  $๒๒๐.๕๙ \pm ๑๘.๒๒$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) และตัวอย่างข้าวพันธุ์เหนียวดำข้อมีไม่ไผ่ ๔๙ เท่ากับ  $๑๕๗.๑๗ \pm ๒.๕๖$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) ทั้งนี้ยังพบปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดในข้าวเหนียวมากกว่าข้าวเจ้า

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี พบว่าจะมีปริมาณวิตามินอีมากในข้าวสีม่วง-สีดำและในข้าวสีแดง-สีแดงเข้มบางพันธุ์ ตัวอย่างข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินอีมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มฝัว เท่ากับ  $๔๓.๓๘ \pm ๐.๖๐$  ไมโครกรัมต่อกรัม

(ข้าวกล้อง) และตัวอย่างข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณวิตามินอี รองลงมา คือ หอมแดงสุโขทัย ๑ หอมกุหลาบแดง และหอมแดง เท่ากับ  $๓๗.๖๓ \pm ๒.๗๖$ ,  $๓๕.๗๙ \pm ๐.๓๙$  และ  $๓๕.๔๘ \pm ๐.๑๘$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณวิตามินอีน้อยที่สุด คือ พันธุ์ข้าว กข. ๖ และแดงเมืองลอง เท่ากับ  $๒๖.๐๕ \pm ๐.๑๘$  และ  $๒๕.๙๑ \pm ๐.๓๔$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณแกมมาโอโรซานอล พบว่าพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มฝัว เท่ากับ  $๑๔๖๐.๓๘ \pm ๓๙.๔๘$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) และตัวอย่างข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลรองลงมา คือ ข้าวพันธุ์หอมดำสุโขทัย ๒ เท่ากับ  $๘๘๕.๓๕ \pm ๗.๖๖$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) ข้าวพันธุ์เหนียวดำข้อมีไม่ไผ่ ๔๙ เท่ากับ  $๘๓๕.๐๘ \pm ๙.๑๓$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) ส่วนพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลน้อยที่สุด คือ พันธุ์ข้าว กข. ๖ และแดงเมืองลอง

เท่ากับ  $238.45 \pm 2.64$  และ  $280.54 \pm 2.55$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) ตามลำดับ จะเห็นว่าแกลมาโอไรซานอลจะมีในตัวอย่างข้าวทุกพันธุ์ แต่โดยเฉลี่ยจะพบในข้าวสีม่วง-สีดำมากกว่าข้าวสีแดง-สีแดงเข้มและข้าวขาวจะมีปริมาณน้อยที่สุด

จากการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์พบว่า ร้อยละการได้กลับคืนของการวิเคราะห์วิตามินอีและแกลมาโอไรซานอลเท่ากับ  $92.31$  และ  $95.42$  ตามลำดับ ปริมาณต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ของการวิเคราะห์วิตามินอีและแกลมาโอไรซานอลเท่ากับ  $3.36$  และ  $2.27$  ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ

### วิจารณ์ และสรุปผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ พบปริมาณฟีนอลิกในข้าวทุกพันธุ์ โดยพบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดตั้งแต่  $0.27$  ถึง  $1.63$  มิลลิกรัม GAE/กรัม (ข้าวกล้อง) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยในข้าวพันธุ์สีม่วง-ดำจะมีมากกว่าพันธุ์ข้าวสีแดง-สีแดงเข้มและในข้าวขาว พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิว รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์หอมคำสุโขทัย พบปริมาณฟลาโวนอยด์ในข้าวทุกพันธุ์ โดยพบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดตั้งแต่  $28.87$  ถึง  $111.84$  ไมโครกรัม RE/กรัม (ข้าวกล้อง) พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิว รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์เหนียวดำช่อไม้ไผ่  $49$  จากการทดสอบสถิติเพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กับปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยใช้ Pearson correlation analysis พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการวิเคราะห์นั้นจะพบแอนโทไซยานินเดี่ยวเฉพาะในข้าวสีม่วง-ดำเท่านั้น ซึ่งจะไม่พบในพันธุ์ข้าวสีแดงและข้าวขาว โดยพบปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดตั้งแต่  $11.97$  ถึง  $555.68$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิว รองลงมาคือข้าวพันธุ์กำอูตร ทั้งนี้ยังพบปริมาณแอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมดในข้าวเหนียวมากกว่าข้าวเจ้า

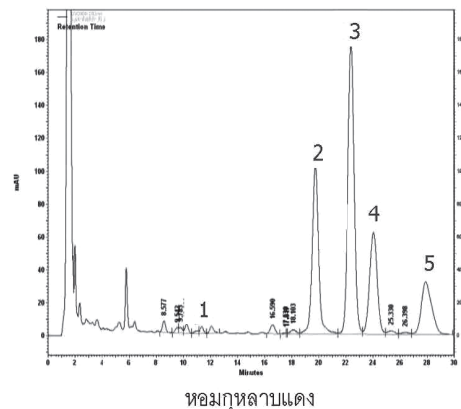
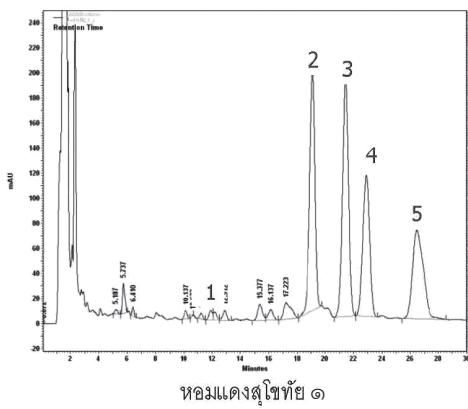
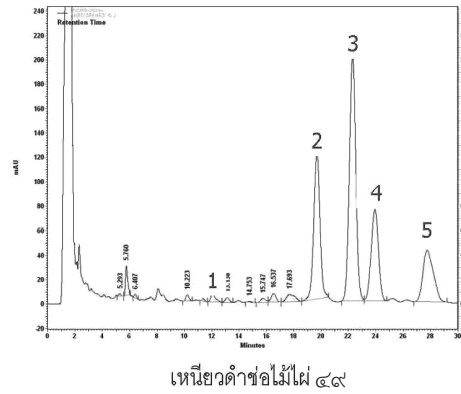
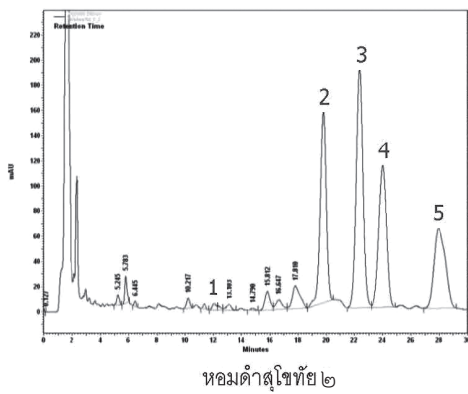
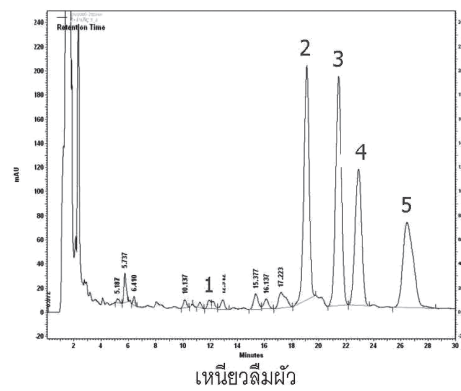
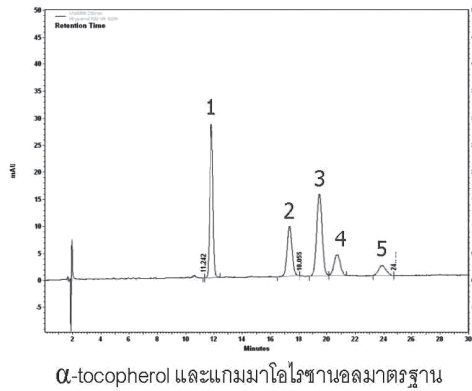
จากผลการวิเคราะห์จะพบปริมาณแกลมาโอไรซานอลในข้าวทุกพันธุ์ ตั้งแต่  $238.45$  ถึง  $1460.35$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณแกลมาโอไรซานอลมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิว รองลงมา คือ ข้าวพันธุ์หอมคำสุโขทัย ๒ โดยเฉลี่ยจะพบในข้าวสีม่วง-สีดำมากกว่าข้าวสีแดง และข้าวขาวจะมีปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Huang และ Ng (ปี ค.ศ. ๒๐๑๑)<sup>๒๖</sup> ที่พบปริมาณของแกลมาโอไรซานอลในข้าวสีดำมากกว่าข้าวสีแดงและข้าวขาว จาก HPLC

โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์แกลมาโอไรซานอลพบว่าในข้าวทุกพันธุ์จะประกอบไปด้วย steryl ferulate ๔ ชนิดที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartenyl ferulate, campesteryl ferulate และ sitosterol ferulate (ดังรูปที่ ๒) แต่สัดส่วนที่พบสารทั้ง ๔ ชนิดในข้าวแต่ละพันธุ์จะต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ส่วนใหญ่ในข้าวเกือบทุกพันธุ์จะมีปริมาณ 24-methylenecycloartenyl ferulate มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kim และคณะ (ปี ค.ศ. ๒๐๑๓)<sup>๒๖</sup> จากผลการวิเคราะห์จะพบปริมาณวิตามินอีในข้าวทุกพันธุ์ ตั้งแต่  $25.91$  ถึง  $43.38$  ไมโครกรัมต่อกรัม (ข้าวกล้อง) พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณวิตามินอีมากที่สุด คือ เหนียวลิ้มผิว รองลงมา คือ หอมแดงสุโขทัย ๑ จากการทดสอบความสัมพันธ์ของปริมาณแกลมาโอไรซานอลกับปริมาณวิตามินอีที่พบในข้าว โดยใช้ Pearson correlation analysis พบว่าปริมาณแกลมาโอไรซานอลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณวิตามินอีอย่างมีนัยสำคัญ จาก HPLC โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์วิตามินอีพบว่า ในข้าวทุกพันธุ์จะประกอบไปด้วยอนุพันธ์ของ tocopherol และ tocotrienol ซึ่งจะมี gamma-tocotrienol เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาคือ alpha-tocopherol ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kim และคณะ (ปี ค.ศ. ๒๐๑๓)<sup>๒๖</sup> และรายงานของ Huang และ Ng (ปี ค.ศ. ๒๐๑๑)<sup>๒๖</sup>

จะพบว่าพันธุ์ข้าวเหนียวลิ้มผิวจะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ทั้งฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด แอนโทไซยานินเดี่ยวทั้งหมด แกลมาโอไรซานอลรวมไปถึงปริมาณวิตามินอี มากกว่าข้าวอื่นทุกพันธุ์ ทั้งนี้เพราะว่าข้าวกล้องของเหนียวลิ้มผิวก็จะมีสีเข้มมากที่สุด สอดคล้องกับรายงานของ Chatsuan และ Areekul<sup>๒๖</sup> ที่พบว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและแอนโทไซยานินสูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีแดงและไม่มีสี โดยข้าวเหนียวดำจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและแอนโทไซยานินสูงที่สุด และสอดคล้องกับรายงานของ Rungwattanapong และคณะ<sup>๒๖</sup> ที่พบว่ากลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำแสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงและกลุ่มเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงอ่อน ในขณะที่เมล็ดข้าวกล้องเหนียวลิ้มผิวยังมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทำให้ได้จำนวนเมล็ดมากกว่าหากชั่งในปริมาณที่เท่ากัน ส่งผลให้มีปริมาณพื้นที่ผิวภายนอกของข้าวมากขึ้นด้วย ซึ่งตามรายงานของ Hu และคณะ (ปี ค.ศ. ๒๐๐๓)<sup>๒๖</sup> และ Abdel-Aal และ Hucl (ปี ค.ศ. ๑๙๙๙)<sup>๒๖</sup> พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดรวมทั้งแอนโทไซยานิน จะพบบริเวณเยื่อหุ้มชั้นนอก (pericarp) และเยื่อหุ้มชั้นใน

(aleurone layer) ของเมล็ดข้าวสีแดงถึงดำ ดังนั้นควรส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกข้าวพันธุ์เหนียวลิ้มผัว อีกทั้งแนะนำให้

คนไทยบริโภคหรือนำไปประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคได้ด้วยตนเองได้



รูปที่ ๒ ตัวอย่าง HPLC โครมาโตแกรมของการวิเคราะห์วิตามินอีและแกมมาโอไลซาน (1: α-tocopherol, 2: cycloartenyl ferulate, 3: 24-methylenecycloartenyl ferulate 4: campesteryl ferulate 5: sitosteryl ferulate)



### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรอินทรีย์สนามบินสุโขทัย ศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่ เกษตรอินทรีย์จังหวัดเชียงใหม่ เกษตรอินทรีย์จังหวัดยโสธร ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ศูนย์วิจัยข้าวอุดรธานี และเกษตรกรอินทรีย์จังหวัดสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างข้าว และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีที่ให้ความอนุเคราะห์สีตัวอย่างข้าวทั้งหมดในการทำวิจัยครั้งนี้ และงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

### เอกสารอ้างอิง

๑. บุญหงษ์ จงคิด. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; ๒๕๕๗.
๒. Kim HW, Kim JB, Shanmugavelan P, Kim SN, Cho YS, Kim HR, et al. Evaluation of  $\gamma$ -oryzanol content and composition from the grains of pigmented rice-germplasms by LC-DAD-ESI/MS. BMC Research Notes 2013;6:149.
๓. Goufo P, Trindade H. Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols,  $\gamma$ -oryzanol and phytic acid. Food Science & Nutrition 2014;2:75-104.
๔. Aoe S, Oda T, Tojima T, Tanaka M, Tatsumi K, Mizutani T. Effects of rice bran hemicellulose on 1,2-dimethylhydrazine-induced intestinal carcinogenesis in Fischer 344 rats. Nutr Cancer 1993;20:41-9.
๕. Kuno T, Hirose Y, Yamada Y. Chemoprevention of mouse urinary bladder carcinogenesis by fermented brown rice and rice bran. Oncol Rep 2006;15:533-8.
๖. Long NK, Makita H, Yamashita T. Chemopreventive effect of fermented brown rice and rice bran on 4-nitroquinolone 1-oxide-induced oral carcinogenesis in rats. Oncol Rep 2007;17:879-85.
๗. Cai H, Al-Fayez M, Tunstall RG. The rice bran constituent triclin potently inhibits cyclooxygenase enzymes and interferes with intestinal carcinogenesis in Apc mice. Mol Cancer Ther 2005;4:1287-92.
๘. Al-Fayez M, Cai H, Tunstall R, Steward WP, Gescher AJ. Differential modulation of cyclooxygenase-mediated prostaglandin production by the putative cancer chemopreventive flavonoids triclin, apigenin and quercetin. Cancer Chemother Pharmacol 2006;58:816-25.
๙. Verschoyle RD, Greaves P, Cai H, Edwards RE, Steward WP, Gescher AJ. Evaluation of the cancer chemopreventive efficacy of rice bran in genetic mouse models of breast, prostate and intestinal carcinogenesis. Br J Cancer 2007;96:248-54.
๑๐. Nagasaka R, Chotimarkorn C, Md. Shafiqul I. Anti-inflammatory effects of hydroxycinnamic acid derivatives. Biochem Biophys Res Commun 2007;358:615-9.
๑๑. Robert Y, Shinji T, Naofumi M. Identification of phenolic compounds isolated from pigmented rice and their aldose reductase inhibitory activities. Food Chemistry 2007;101:1616-25.
๑๒. Kukamoo A, Noenplab A, Immark S, Chankasem L. Evaluation of nutritional values in colored rice. Agricultural Sci J 2009;40 (Suppl.):345-8.
๑๓. Wang Q, Han P, Zhang M, Xia M, Zhu H, Ma J, et al. Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. Asia Pac J Clin Nutr 2007;16(Suppl 1): 295-301.
๑๔. Suttajit M, Immark S, Teerajan S, Suttajit S, Chiyasut C. Antioxidative activity and polyphenol content in different varieties of Thai rice grains. Asia Pac J Clin Nutr 2006;15(Suppl):S78.
๑๕. Lamberts L, Delcour JA. Carotenoids in raw and parboiled brown and milled rice. J Agric Food Chem 2008;56:11914-9.
๑๖. เฉลิม จันทร์สม, สกฤต มูลคำ, วนิดา จันทร์สม, เอกสิทธิ์ สกฤต, กรณ์กาญจน์ ภมรประวัติธนะ. ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวเก่าพันธุ์พื้นเมืองของไทย. ธรรมชาติศาสตร์ ๒๕๕๓;๑๐:๑๓๖-๔๓.

๑๗. Hu C, Zawistowski J, Ling W, Kitts DD. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *J Agric Food Chem* 2003;51:5271-7.
๑๘. Leonora NP, Lilian UT. Blood glucose lowering effects of brown rice in normal and diabetic subjects. *Int J Food Sci Nutr* 2006;57:151-8.
๑๙. Pei NC, Shu CC, Hui LC, Chui LC, Shun FY, Yih SH. Cyanidin 3-glucoside and peonidin 3-glucoside inhibit tumor cell growth and induce apoptosis in vitro and suppress tumor growth in vivo. *Nutrition and Cancer* 2005;53:232-43.
๒๐. Chen YT, Zheng RL, Jia ZJ, Ju Y. Flavonoids as superoxide scavengers and antioxidants. *Free Radic Biol Med* 1990;9:19-21.
๒๑. Maria NI, Victoria FS, Costas GB, Ioannis NP. Simultaneous determination of phenolic acids and flavonoids in rice using solid-phase extraction and RP-HPLC with photodiode array detection. *J Sep Sci* 2012;35:1603-11.
๒๒. Malla MY, Manik S, Saxena RC, Mohd IM, Abrar HM, Showkat HB. Phytochemical screening and spectroscopic determination of total phenolic and flavonoid contents of *Eclipta alba* Linn. *J Nat Prod Plant Resour* 2013;3:86-91.
๒๓. Ronald EW. Current Protocols in Food Analytical Chemistry; Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. [internet]. 2014 [cite 2014 July 16] Available from: <http://www.wiley.com/legacy/cp/cpfac/facsample.htm>, October 2008.
๒๔. Korchazhkina O, Jones E, Czauderna M, Spencer SA. HPLC with UV detection for measurement of vitamin E in human milk. *Acta Chromatographica* 2006;16:48-57.
๒๕. Xu Z, Godber JS. Purification and identification of components of gamma oryzanol in rice bran oil. *J Agric Food Chem* 1999;47:2724-8.
๒๖. Butsat S, Siriamornpun S. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry* 2010;119:606-13.
๒๗. Huang SH, Ng LT. Quantification of tocopherols, tocotrienols, and  $\gamma$ -oryzanol contents and their distribution in some commercial rice varieties in Taiwan. *J Agric Food Chem* 2011;59:11150-9.
๒๘. Chatsuwan N, Areekul V. Color parameters, total phenolic and anthocyanin content in various rice cultivars. [internet]. 2016 [cite 2016 September 12] Available from: file:///C:/Users/user/Downloads/KC4806031.pdf.
๒๙. Rungwattanapong T, Sringarm K, Karladee D. Total phenolic compound in glutinous purple rice grains and relation to phenotype characteristics. *Agricultural Sci J* 2011;42:1(Suppl):417-20.
๓๐. Abdel-Aal E-SM, Hucl P. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleuone and purple pericarp wheats. *Cereal Chem* 1999;76:350-4.

### Abstract

Study on total phenolics compound, total flavonoids, total monomeric anthocyanins, vitamin E and gamma-oryzanol in pigmented Thai rice

Vanida Jansom\*, Chalerm Jansom\*, Nusiri Lerdvuthisopon\*\*

\* Research Administrative Office, Faculty of Medicine, Thammasat University

\*\* Department of Preclinical Science, Faculty of Medicine, Thammasat University

**Introduction:** There are many indigenous varieties of rice in Thailand and various colors of rice pericarp. Pigmented rice is known to have higher bioactive compounds than white. This research aimed to determine which pigmented rice variety had the highest number of bioactive components.

**Method:** This study assessed the level of total phenolics compound, total flavonoids, total monomeric anthocyanins, vitamin E and gamma-oryzanol in fifteen varieties of half-milled rice. The red to dark-red (n = 7) purple to black (n = 5) and white (n = 3) rice varieties were collected throughout Thailand.

**Result:** The total phenolics compound in all varieties of rice ranged from 0.27 to 1.63 milligram GAE (gallic acid equivalent)/gram. On average, there was more phenolics compound present in purple to black varieties versus the red to dark red and white. The level of total flavonoids varied from 28.87 to 111.89 microgram RE (rutin equivalent)/gram. Total monomeric anthocyanin was found only in purple or black rice: 11.97 to 558.68 microgram/gram. We also discovered there was more that anthocyanin in glutinous than normal rice. Gamma-oryzanol in all samples was 238.49 to 1460.38 microgram/gram). Vitamin E was noticeably higher in black rice and some kinds of deep red rice from 25.91 to 43.38 microgram/gram.

**Discussion and Conclusion:** Niew Leum-Pua was the darkest, smallest grain of all the half-milled varieties, but it demonstrated the highest bioactivity. Our research indicates Niew Leum-Pua cultivation should be promoted in Thailand due to its potential disease preventive as shown with bioactivity and high nutritional value.

**Key words:** Pigmented rice, Nutritional value, Black glutinous rice