รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบการสะสมสารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ ในข้าวสายพันธุ์ไทยที่หลากหลาย (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)

Comparative accumulation of the total phenolics, total flavonoids and flavonoid derivatives content in various Thai rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)

นายสุธี ชุติไพจิตร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558-2559
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบการสะสมสารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในข้าวสายพันธุ์ไทยที่หลากหลาย (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)

Comparative accumulation of the total phenolics, total flavonoids and flavonoid derivatives content in various Thai rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)

นายสุธี ชุติไพจิตร

RCH
ส 766ก
2559

สรชหมู่ 145231
เลขทะเบียน
รับเดือน ปี 31 ส.ค. 2560

b. 12829435
i.

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558-2559
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเปรียบเทียบการสะสมสารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ ในข้าวสายพันธุ์ไทยที่หลากหลาย (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)
แหล่งเงิน// งบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ 2558-2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 500,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 57 ถึง 30 ก.ย. 59
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
นายสุธี ชุติไพจิตร วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารเฟลโวนอยด์ในเมล็ด เช่นเดียวกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในข้าวสายพันธุ์ไทย 15 สายพันธุ์ นอกจากนี้ยังทำการตรวจวัดปริมาณสารเฟลโวนอยด์กลุ่มย่อย 4 กลุ่ม (เฟลวาโนน เฟลโวน เฟลโวนอล และแอนโทไซยานิน) ด้วยวิธี HPLC ที่ถูกดัดแปลงในเมล็ดข้าวพันธุ์ไทย ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารเฟลโวนอยด์จะพบในปริมาณสูงเมื่อสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอลิก 99:1 มากกว่าสารสกัดชนิดอื่น ผลการทดลองที่ได้นั้นพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารเฟลโวนอยด์ในข้าวสี (ข้าวเหนียวดำ ก่ำเผือก ก่ำสกล ก่ำขอนแก่น1 ก่ำขอนแก่น2 กุหลาบแดง สังข์หยด TD49 และข้าวแดง) มากกว่าในข้าวขาว (สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี90 กข6 กข15 ปทุมธานี1 และขาวดอกมะลิ105) เช่นเดียวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH และพบปริมาณสารกลุ่มเฟลวาโนนจะอยู่ระหว่าง 0.04-0.40 mg Naringenin/g สารกลุ่มเฟลโวนอยู่ระหว่าง 0.08-0.57 mg Apigenin/g สารกลุ่มเฟลวานอลอยู่ระหว่าง 0.16-1.20 mg Quercetin/g และสารกลุ่มแอนโทไซยานินอยู่ระหว่าง 44.43-69.83 mg Cyanidin chloride/g ในข้าวสี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวพันธุ์ไทยนั้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าข้าวสีพันธุ์ไทยนั้นเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิกและสารเฟลโวนอยด์ที่ดี และมีคุณค่าทางโภชนาการหรือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์

คำสำคัญ : ข้าว สารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านทานอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Comparative accumulation of the total phenolics, total flavonoids and flavonoid derivatives content in various Thai rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)

Researcher: Mr.Sutee Chutipaijit

Faculty: College of Nanotechnology **Department:** Nanoscience and Nanotechnology

ABSTRACT

In this research, the total phenolic compound and total flavonoid contents of seeds as well as the antioxidant capacities were determined in 15 Thai rice cultivars. Moreover, a high performance liquid chromatography method (HPLC) was modified for determination of 4 flavonoid subgroups (flavanone, flavones, flavonol and anthocyanin) in Thai rice seeds. A high yield of the total phenolic compound and total flavonoid contents was obtained by 99:1 methanol:HCl as the extraction solvent more than the other the extraction solvent. The results presented the total phenolic compound and total flavonoid contents of pigmented rice [Black Sticky rice (BS), Khum Pueag (KP), Khum Sakol (KS), Khum Khonkaen1 (KK1), Khum Khonkaen2 (KK2), Kulab Dang (KLD), Sang Yod (SY), TD49 and Khao Dang (KD)] higher than non-pigmented rice [Suphanburi1 (SP1), Suphamburi90 (SP90), Rice Department6 (RD6), Rice Department15 (RD15), Pathumthani1 (PT1) and Khao Dawk Mali 105 (KDML105) as well as the antioxidant capacities by ABTS and DPPH methods. The amounts of flavanone subgroups ranged from 0.04 to 0.40 mg Naringenin/g, flavones subgroup ranged from 0.08 to 0.57 mg Apigenin/g, flavonol subgroup ranged from 0.16 to 1.20 mg Quercetin/g and anthocyanin subgroup ranged from 44.43 to 69.83 mg Cyanidin chloride/g were found in pigmented rice. The total phenolic compound, total flavonoid contents of Thai rice seeds were significantly correlated with the antioxidant capacities. The results indicated that Thai pigmented rice appeared as a good source of phenolic and flavonoid compounds and had beneficial nutritive value or antioxidant substance.

Keywords : Rice, Phenolics, Flavonoids, Antioxidant capacities

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่พิจารณาสนับสนุนการทำงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี และศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวร้อยเอ็ดที่เอื้อเฟื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ใช้สถานที่ในการทำงานวิจัยนี้ และการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558-2559

นายสุธี ชุติไพจิตร
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 คำสำคัญของการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 9
3.1 ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวและการสกัด 9
3.2 การหาปริมาณสารฟีนอลิก (Total phenolic compound contents) 9
3.3 การหาปริมาณสารเฟลโวนอยด์ (Total flavonoid contents) 9
3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC (Determination of flavonoid content by HPLC method) 10
3.5 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH (Determination of antioxidant capacity by ABTS and DPPH methods) 10
3.6 การออกแบบทางสถิติ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงตัวอย่างอัตราการบริโภค ระดับพลังงาน โปรตีน และไขมัน โดยเฉลี่ยที่ได้จากข้าวสายพันธุ์ในประเทศต่างๆ 4
2.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างอัตราการบริโภค ระดับพลังงาน โปรตีน และไขมัน โดยเฉลี่ยที่ได้จากข้าวสายพันธุ์ในประเทศต่างๆ 5
2.2 ตัวอย่างพืชที่มีการศึกษาปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ 7
2.2 (ต่อ) ตัวอย่างพืชที่มีการศึกษาปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ 8

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 11

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ 11

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ 18

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC (Determination of flavonoid content by HPLC method) 25

4.4 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH (Determination of antioxidant capacity by ABTS and DPPH methods) 27

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 34

5.1 สรุปผลการวิจัย 34

5.2 ข้อเสนอแนะ 34

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 35

เอกสารอ้างอิง 36

ภาคผนวก 42

ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย 43

ประวัตินักวิจัย 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ต่างๆ 6

4.1 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g 12

4.2 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g 14

4.3 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g 15

4.4 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยสารสกัดทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 (สีขาว) 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 (สีเทาอ่อน) และ 3) น้ำปราศจากไอออนอย่างเดียว (สีเทาเข้ม) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.5 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g 19

4.6 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g 21

4.7 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g 22

4.8 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ถูกสกัดด้วยสารสกัดทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 (สีขาว) 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 (สีเทาอ่อน) และ 3) น้ำปราศจากไอออนอย่างเดียว (สีเทาเข้ม) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g 24

4.9 ปริมาณสารสารกลุ่มเฟลวาโนน (flavanone)ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Naringenin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Naringenin/g 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.10 ปริมาณสารสารกลุ่มเฟลโวน (flavone) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Apigenin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Apigenin/g 27

4.11 ปริมาณสารสารกลุ่มเฟลโวนอล (flavonol) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Quercetin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Quercetin/g 28

4.12 ปริมาณสารสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Cyanidin chloride ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Cyanidin chloride/g ... 29

4.13 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Inhibition) (A) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด (μM Trolox / g FW) (B) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.11 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ในหน่วยของ EC_{50} (The term half maximal effective concentration) ที่ได้จากสารสกัด (μL) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล: กรดไฮโดรคลอริก (99:1) 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากในปัจจุบันที่มีผู้สนใจเกี่ยวกับการรักษาสุขภาพ และการป้องกันโรคมากยิ่งขึ้น ทำให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ทั้งที่เป็นสินค้าอุปโภคและสินค้าบริโภคที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพนั้นเป็นที่สนใจและให้ความสำคัญมากขึ้น แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านราคาของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่มีระดับราคาที่ค่อนข้างสูง ทำให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ถูกจำกัดอยู่ในกลุ่มผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มเท่านั้น จึงทำให้มีผู้สนใจในธัญพืชบางชนิดที่มีสารส่งเสริมสุขภาพ และมีราคาที่ค่อนข้างต่ำกว่า ทั้งในด้านการบริโภคหรือการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ทางด้านการอุปโภค ซึ่งหนึ่งในธัญพืชที่คนไทยนิยมบริโภคและให้ความสำคัญนั้นก็คือ ข้าว โดยที่ข้าวนั้นถือเป็นอาหารหลักที่คนไทยใช้บริโภค เนื่องจากมีราคาที่ถูก หาซื้อได้ง่าย และสามารถเพาะปลูกได้เองภายในประเทศ รวมทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศอีกด้วย

ข้าวนั้นจัดเป็นธัญพืชที่อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ มากมาย เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือวิตามิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าภายในเมล็ดข้าวนั้นมีการสะสมสารไฟโตเคมิคอล (phytochemicals) ชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ที่หลากหลาย ทั้งต่อผู้บริโภคและต่อต้นข้าวเองในการปรับตัวเพื่อให้ดำรงชีวิตได้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ (Ward et al., 2008; Abdul-Hamid et al., 2007) ซึ่งหนึ่งในสารไฟโตเคมิคอลที่พบมากในเมล็ดข้าวนั้นจะเป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compounds) โดยที่มีงานวิจัยมากมายที่ยืนยันคุณสมบัติและประโยชน์ของสารกลุ่มนี้ ทั้งการช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ เบาหวาน มะเร็ง และลดการอักเสบ เป็นต้น (Finocchiaro et al., 2007; Lin and Weng, 2006; Xia et al., 2003) และสารกลุ่มฟีนอลิกนั้นยังเป็นสารตั้งต้นในวิถีชีว-สังเคราะห์สารกลุ่มเฟลโวนอยด์อีกด้วย ซึ่งสารทั้งสองกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ที่ค่อนข้างสูง (Chung and Shin, 2007; Tian et al., 2004) และจากความหลากหลายทางด้านสายพันธุ์ข้าวในประเทศไทยนั้น ส่งผลให้เกิดความแตกต่างในการสะสมสารกลุ่มฟีนอลิก และสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าว ทั้งชนิดและปริมาณที่หลากหลายและแตกต่างกัน โดยที่มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าข้าวสี (pigmented rice) นั้นมีการสะสมของสารทั้งสองกลุ่มในอัตราส่วนที่สูงกว่าในข้าวขาว (white rice) (Choi et al., 2007)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาถึงปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิก และสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย และมุ่งเน้นไปทางด้านการวิเคราะห์ปริมาณสารอนุพันธ์ของสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ เช่น เฟลวาโนน เฟลโวนอล หรือแอนโทไซยานิน ซึ่งงานวิจัยส่วนมากที่พบนั้นจะสนใจไปทางด้านสารกลุ่มฟีนอลิกมากกว่า (Huang and Ng, 2012; Vichapong et al., 2010) อีกทั้งยังสนใจในการวิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับหลอดทดลอง (*in vitro*) ที่ได้จากการสกัดสารที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวอีกด้วย เพื่อเพิ่มคุณค่าและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในข้าวสายพันธุ์ไทย อันจะส่งผลต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวสำหรับเกษตรกรในการทำไปเพาะปลูก เพื่อเพิ่มรายได้ หรือสำหรับนักวิจัยในการคัดเลือกสายพันธุ์ เพื่อนำไปปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารฟีนอลิกที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารเฟลโวนอยด์ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารอนุพันธ์ชนิดต่างๆ ในกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.4 เพื่อศึกษาถึงฤทธิ์ในการต้านทานอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.5 เพื่อเป็นแนวทางในคัดเลือกสายพันธุ์ข้าว เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงชนิดของสารสกัดที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิก และสารเฟลโวนอยด์ ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย และการศึกษาหาปริมาณสารอนุพันธ์ในกลุ่มเฟลโวนอยด์ชนิดต่างๆ โดยใช้เทคนิค HPLC รวมทั้งศึกษาถึงฤทธิ์ในการต้านทานอนุมูลอิสระที่ได้จากการสกัดสารภายในเมล็ดข้าว เพื่อเป็นข้อมูลในการเพิ่มคุณค่าของข้าวสายพันธุ์ไทย ทั้งในด้านประโยชน์ต่อผู้บริโภค หรือประโยชน์ต่อตัวเกษตรกรเอง และยังเป็นข้อมูลในการเลือกสายพันธุ์ข้าวเพื่อให้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคตได้

1.4 คำสำคัญของการวิจัย

ข้าว สารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านทานอนุมูลอิสระ

Rice, Phenolics, Flavonoids, Antioxidant capacities

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถหาปริมาณสารฟีนอลิกที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.2 สามารถหาปริมาณเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.3 สามารถหาปริมาณฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.4 สามารถใช้เป็นแนวทางในคัดเลือกสายพันธุ์ข้าว เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับความต้องการได้

1.5.5 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าข้าวสายพันธุ์ไทย และนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการที่ในปัจจุบันผู้บริโภคสนใจอาหารหรือผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาสุขภาพมากขึ้น รวมทั้งตลาดการแข่งขันทางด้านการค้าข้าวที่มีสูงขึ้น ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าของข้าวสายพันธุ์ไทยจึงน่าจะก่อให้เกิดประโยชน์โดยรวมทั้งต่อผู้บริโภค และต่อตัวเกษตรกร จึงทำให้ต้องมีความจำเป็นในการศึกษาถึงปริมาณสารฟีนอลิก และสารเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย ซึ่งเป็นสารกลุ่มทุติยภูมิที่เป็นประโยชน์ เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านคุณค่าและประโยชน์ของข้าวสายพันธุ์ไทย อันจะส่งผลการเพิ่มคุณค่าข้าวสายพันธุ์ไทย ให้สามารถแข่งขันกับสายพันธุ์ข้าวจากประเทศอื่นได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวนั้นจัดเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีประชากรผู้ที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรโลกทั้งหมด (Zhai et al., 2001) โดยเฉพาะประชากรในแถบทวีปเอเชีย อีกทั้งสำหรับในส่วนของประเทศไทยนั้น ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศในระดับต้นๆ อีกด้วย ซึ่งประเทศไทยมีข้อได้เปรียบจากการที่เรามีสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกข้าว ทำให้ได้สายพันธุ์ข้าวที่หลากหลาย โดยข้อมูลจากกรมการข้าวพบว่าประเทศไทยได้ดำเนินงานวิจัยทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประเทศไทยนั้นมีพันธุ์ข้าวรับรอง พันธุ์ข้าวแนะนำ และพันธุ์ข้าวทั่วไปอยู่ประมาณ 118 พันธุ์ (กรมการข้าว) ซึ่งมีทั้งพันธุ์ข้าวเจ้าและพันธุ์ข้าวเหนียว อีกทั้งยังมีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ เช่น ข้าวหอม ข้าวทนโรค ข้าวทนแล้ง หรือข้าวสี เป็นต้น โดยเฉพาะข้าวสี ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวท้องถิ่น ที่พบว่ามีการเพาะปลูกกันมาเป็นระยะเวลานานแล้ว และจำกัดการเพาะปลูกเฉพาะในบางพื้นที่ (Ahuja et al., 2007) และเป็นสายพันธุ์ข้าวมีคุณค่าทางด้านโภชนาการ หรือสารอาหารที่ค่อนข้างสูง ทำให้สามารถสร้างความโดดเด่นและแตกต่างให้กับข้าวสายพันธุ์ไทยได้

จากรายงานสถานการณ์การผลิตและการค้าข้าวในตลาดโลกของกรมการข้าวนั้น พบว่าเกือบทุกประเทศที่เป็นผู้ผลิตข้าวนั้นมีปริมาณผลผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศจีนและอินเดีย แต่ถึงแม้ว่าการปริมาณผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้น แต่ความต้องการบริโภคและการใช้ประโยชน์จากข้าวก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และในหลายประเทศการบริโภคและการใช้ประโยชน์จากข้าวมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณผลผลิตข้าวที่ผลิตได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันกันอย่างสูงในตลาดการค้าและการส่งออกข้าวของโลก จึงทำให้ประเทศไทยนั้นต้องมีการวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงข้าวอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งต้องเพิ่มคุณค่าและประโยชน์ของข้าวสายพันธุ์ไทยให้สามารถแข่งขันทางการค้ากับข้าวสายพันธุ์จากประเทศอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวนั้นคล้ายคลึงกับธัญพืชชนิดอื่น คือ อุดมไปด้วยสารอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดไขมันที่จำเป็น ไทอามีน (thiamine) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) ไน-อาซิน (niacin) วิตามิน เป็นต้น (Lucca et al., 2006) โดยทั่วไปภายในเมล็ดข้าวนั้นจะมีสารอาหารที่ให้ระดับพลังงานประมาณ 27% ระดับโปรตีนประมาณ 20% และไขมันประมาณ 3% ซึ่งจะให้ระดับของสารอาหารแตกต่างกันไปตามลักษณะสายพันธุ์ สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศของแต่ละประเทศที่เพาะปลูก (ตารางที่ 2.1) (Kennedy et al., 2003) อีกทั้งข้าวยังเป็นแหล่งของสารจำพวกสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่มีคุณสมบัติในการสร้าง และส่งเสริมสุขภาพให้กับผู้บริโภคอีกด้วย (Frei and Becker, 2004)

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างอัตราการบริโภค ระดับพลังงาน โปรตีน และไขมัน โดยเฉลี่ยที่ได้จากข้าวสายพันธุ์ในประเทศต่างๆ

ประเทศ	อัตราการบริโภคต่อวัน (กรัม)	พลังงาน (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)
Bangladesh	441.2	75.6	66.0	17.8
Brazil	108.1	13.5	10.2	0.8
Cambodia	448.6	76.7	69.6	17.3
China	251.0	30.4	19.5	2.5
Haiti	95.3	17.9	15.7	3.0
Indonesia	413.6	51.4	42.9	8.1
India	207.9	30.9	24.1	3.6
Jamaica	76.3	11.0	9.2	1.5
Japan	165.6	23.3	12.5	1.8
Korea, Rep. of	259.0	33.5	21.0	3.2
Lao PDR	470.0	70.6	66.1	25.5
Malaysia	245.2	29.8	20.4	2.2
Myanmar	577.9	73.6	68.1	19.9
Nepal	262.3	38.5	29.4	7.2

ที่มา: Kennedy et al., 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

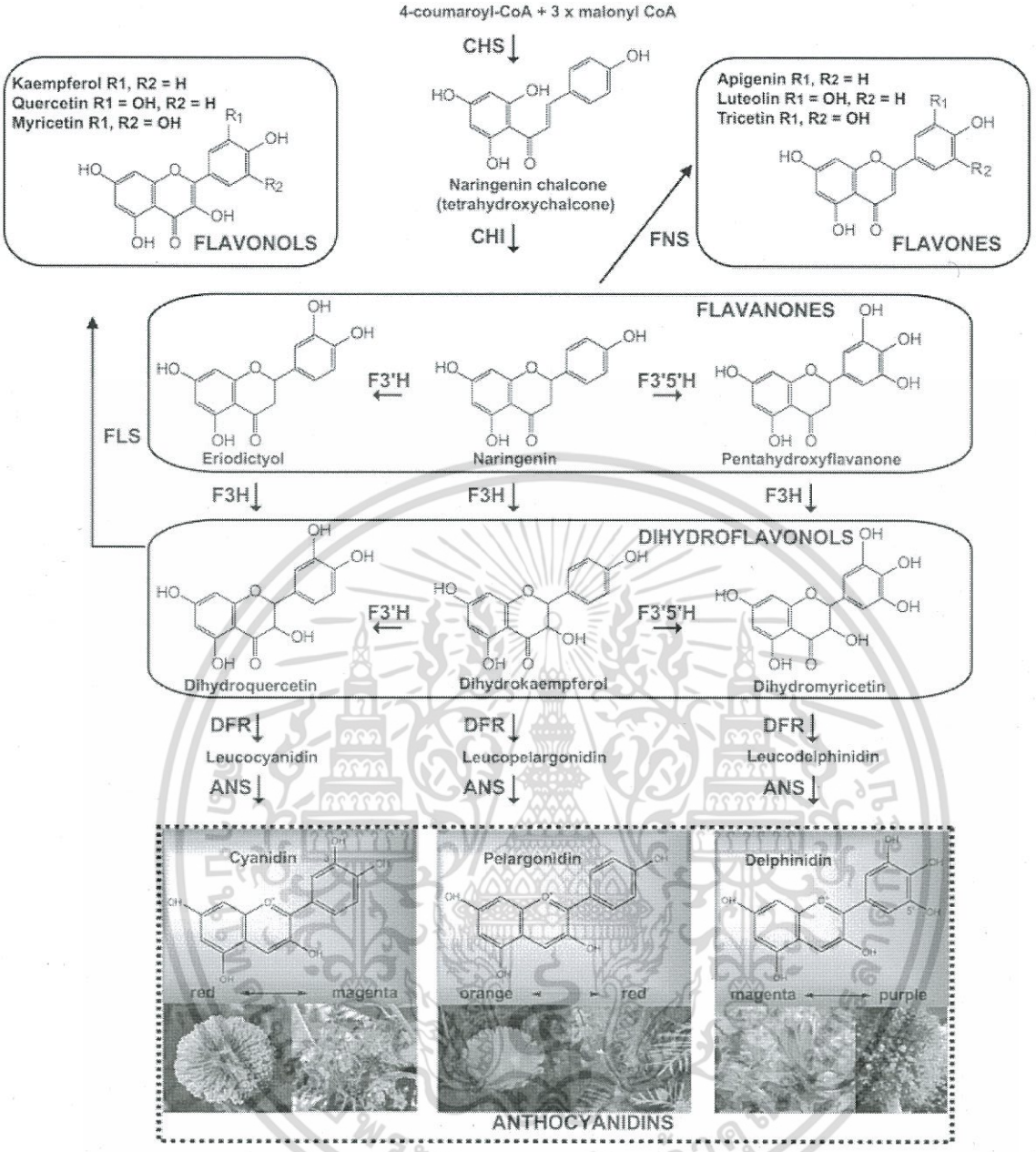
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างอัตราการบริโภค ระดับพลังงาน โปรตีน และไขมัน โดยเฉลี่ยที่ได้จากข้าวสายพันธุ์ในประเทศต่างๆ

ประเทศ	อัตราการบริโภคต่อวัน (กรัม)	พลังงาน (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)
Peru	127.8	18.8	14.7	1.7
Philippines	267.4	40.9	30.1	4.6
Sri Lanka	255.3	38.4	37.0	2.7
Suriname	189.5	24.7	19.7	1.7
Thailand	285.3	43.0	33.4	4.6
United Arab Emirates	158.4	18.0	10.6	1.1
Viet Nam	464.7	66.7	58.1	14.4

ที่มา: Kennedy et al., 2003

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบในธัญพืชนั้นส่วนใหญ่ จะเป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ที่มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นอนุพันธ์ของเบนซีน ที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซี (-OH; hydroxyl group) อย่างน้อย 1 หมู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะพบจำพวก ferulic acid, varnillic acid, caffeic acid, syringic acid และ *p*-coumaric acid เป็นต้น (Bonoli et al., 2004) นอกจากนี้ *p*-coumaric acid ยังเป็นสารตั้งต้นที่อยู่ในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ทำให้เกิดสารอนุพันธ์กลุ่มต่างๆ ที่อยู่ในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ เช่น สารกลุ่มเฟลโวน (flavones) เฟลโวนอล (flavonols) เฟลวาโนน (flavanones) เป็นต้น ซึ่งมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป (ภาพที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ต่างๆ

ที่มา: Ferreyra et al., 2012

โดยที่สารทั้งกลุ่มฟีนอลิกและกลุ่มเฟลโวนอยด์นั้น มีคุณสมบัติในการเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่คล้ายคลึงกัน โดยมีคุณสมบัติเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ทำให้ลดอัตราความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง เบาหวาน โรคหัวใจ เป็นต้น ขณะที่ในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นนั้นสารในกลุ่มนี้ยังช่วยต้านทานต่อสภาพแวดล้อมทั้งทางกายภาพ และทางชีวภาพที่ไม่เหมาะสมในการดำรงชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นต้านทาน หรือทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเหล่านั้นได้ดียิ่งขึ้น (Lu et al., 2008; Xia et al., 2006) ซึ่งคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารทั้งสองกลุ่มนั้น ส่วนมากพบว่าจะเกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ไฮโดรเจนอะตอม ที่อยู่บริเวณหมู่ไฮดรอกซีที่อยู่ภายในโครงสร้างของสารทั้งสองกลุ่มกับอนุมูลอิสระที่อยู่ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิต ($F\text{-}OH + R^{\cdot} \longrightarrow F\text{-}O^{\cdot} + RH$) ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียร จึงลดความเป็นพิษของอนุมูลอิสระที่จะส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างหรือองค์ประกอบต่างๆ ภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตได้ (Heim et al., 2002)

จึงมีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารทั้งสองกลุ่มนี้ ในพืชตัวอย่างที่หลากหลาย เช่น ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่ว เป็นต้น (ตารางที่ 2.2) ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะพบการศึกษา และจำแนกสารกลุ่มฟีนอลิกเท่านั้น แต่ยังมีงานวิจัยที่น้อยที่สนใจที่จะศึกษาปริมาณของสารอนุพันธ์ชนิดต่างๆ ที่อยู่ในสารกลุ่มเฟลโวนอยด์

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจเกี่ยวกับการศึกษาปริมาณการสะสมสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอนุพันธ์กลุ่มต่างๆ ที่อยู่ในสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ รวมทั้งฤทธิ์ในการต้านทานต่ออนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดจากเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทยที่หลากหลาย เพื่อหาความสัมพันธ์ของสารกลุ่มต่างๆ และเป็นข้อมูลสำหรับการเพิ่มคุณค่าของข้าวสายพันธุ์ไทย ในการเป็นทางเลือกสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ การเพาะปลูก หรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายนั้น จากแหล่งผลิตที่แตกต่างกันจะพบการเสริมฤทธิ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มมากขึ้น (Cornish and Garbary, 2010) อีกทั้งยังสามารถนำเทคนิคที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างพืชชนิดอื่นต่อไปในอนาคตได้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างพืชที่มีการศึกษาปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์

ชนิดของพืช	สารที่ตรวจสอบ	ที่มา
ข้าวฟ่าง	เฟลโวนอยด์	Taleon et al, 2012
ข้าว	ฟีนอลิก เฟลโวนอยด์ แอนโทไซยานิน tocopherol phytic acid	Kong and Lee, 2010
	ฟีนอลิก เฟลโวนอยด์ antioxidant activity	Vichapong et al., 2010
	Antioxidant capacity polyphenol proanthocyanidin anthocyanin	Finocchiaro et al., 2010
	ฟีนอลิก เฟลโวนอยด์ antioxidant activity	Shen et al., 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตัวอย่างพืชที่มีการศึกษาปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์

ชนิดของพืช	สารที่ตรวจสอบ	ที่มา
ข้าว	ฟีนอลิก เฟลโวนอยด์	Huang and Ng, 2012
ข้าวบาร์เล่ย์ ข้าวฟ่าง	ไฟเบอร์ แป้ง ฟีนอลิก antioxidant activity	Ragaee et al., 2006
ถั่วแขก (common bean)	ฟีนอลิก carotene antioxidant activity	Cardador-Martínez et al., 2002
ข้าวสาลี	ฟีนอลิก antioxidant activity	Serpen et al., 2008
	ฟีนอลิก ferulic acid antioxidant activity	Adom et al., 2005
ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต	ฟีนอลิก เฟลโวนอยด์ antioxidant activity	Adom and Liu, 2002
ผักโขม	ฟีนอลิก antioxidant activity	Amin et al., 2006
บล๊อคโคลี่	ฟีนอลิก เฟลโวนอยด์ กรดแอสคอบิก	Koh et al., 2011
คะน้า ผักโขม กะหล่ำปลีหอมแดง	ฟีนอลิก antioxidant activity	Ismail et al., 2004
ชา	ฟีนอลิก antioxidant activity	Atoui et al., 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวและการสกัด

นำเมล็ดข้าวทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี1 สุพรรณบุรี90 กข6 กข15 ปทุมธานี1 ขาวดอกมะลิ105 เหนียวดำ ก่ำเผือก ก่ำสกลนคร ก่ำขอนแก่น1 ก่ำขอนแก่น2 กุหลาบแดง สังข์หยด TD49 และแดง (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) นำมาแกะเปลือกออกด้วยมือ จากนั้นนำไปบดโดยใช้เครื่องปั่น และนำตัวอย่างที่บดแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่แห้งและมืด จนกว่าจะนำมาใช้ จากนั้นนำผงข้าวที่ได้มาสกัดด้วยสารสกัด 3 ชนิด ได้แก่ เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) ผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และน้ำปราศจากไอออน ในอัตราส่วนสารสกัดปริมาตร 4 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักข้าวบด 1 กรัม ทำการสกัดที่อุณหภูมิห้อง โดยการเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที แยกสารสกัดที่ได้นำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.2 การหาปริมาณสารฟีนอลิก (Total phenolic compound contents)

ทำการหาปริมาณสารฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Alothman และคณะ (2009) โดยการนำสารสกัดที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3.1 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับสาร Folin-Ciocalteu ปริมาตร 1.8 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7.5% ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 นาที นำสารที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g

3.3 การหาปริมาณสารเฟลโวนอยด์ (Total flavonoid contents)

ทำการหาปริมาณสารเฟลโวนอยด์ตามวิธีของ Zhishen และคณะ (1999) โดยการนำสารสกัดที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3.1 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ทำการเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำการเติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมล่าร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้มีปริมาตรสุดท้ายอยู่ที่ 5 มิลลิลิตร และนำสารที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC (Determination of flavonoid content by HPLC method)

นำสารสกัดบางส่วนที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.1 นำมาวิเคราะห์หาสารกลุ่มต่างๆ ที่เป็นอนุพันธ์ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ด้วยเครื่อง HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) โดยการวิเคราะห์สารกลุ่มเฟลวาโนน (flavanone) ทำการวิเคราะห์โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Ribeiro และ Ribeiro (2008) สารกลุ่มเฟลโวน (flavone) ทำการวิเคราะห์โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Fu และคณะ (2008) สารกลุ่มเฟลโวนอล (flavonol) ทำการวิเคราะห์โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Tsanova-Savova และ Ribarova (2002) และ/หรือ สารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ทำการวิเคราะห์โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Prata และ Oliveira (2007)

3.5 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH (Determination of antioxidant capacity by ABTS and DPPH methods)

นำสารสกัดบางส่วนที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.1 นำมาวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ตามวิธีของ Re และคณะ (1999) และวิธี DPPH ตามวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995)

3.6 การออกแบบทางสถิติ

ใช้การทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง (n=3) ออกแบบการทดลองโดยใช้ CRD ผลที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และ Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 15.0 (SPSS for Windows, SPSS Inc., USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

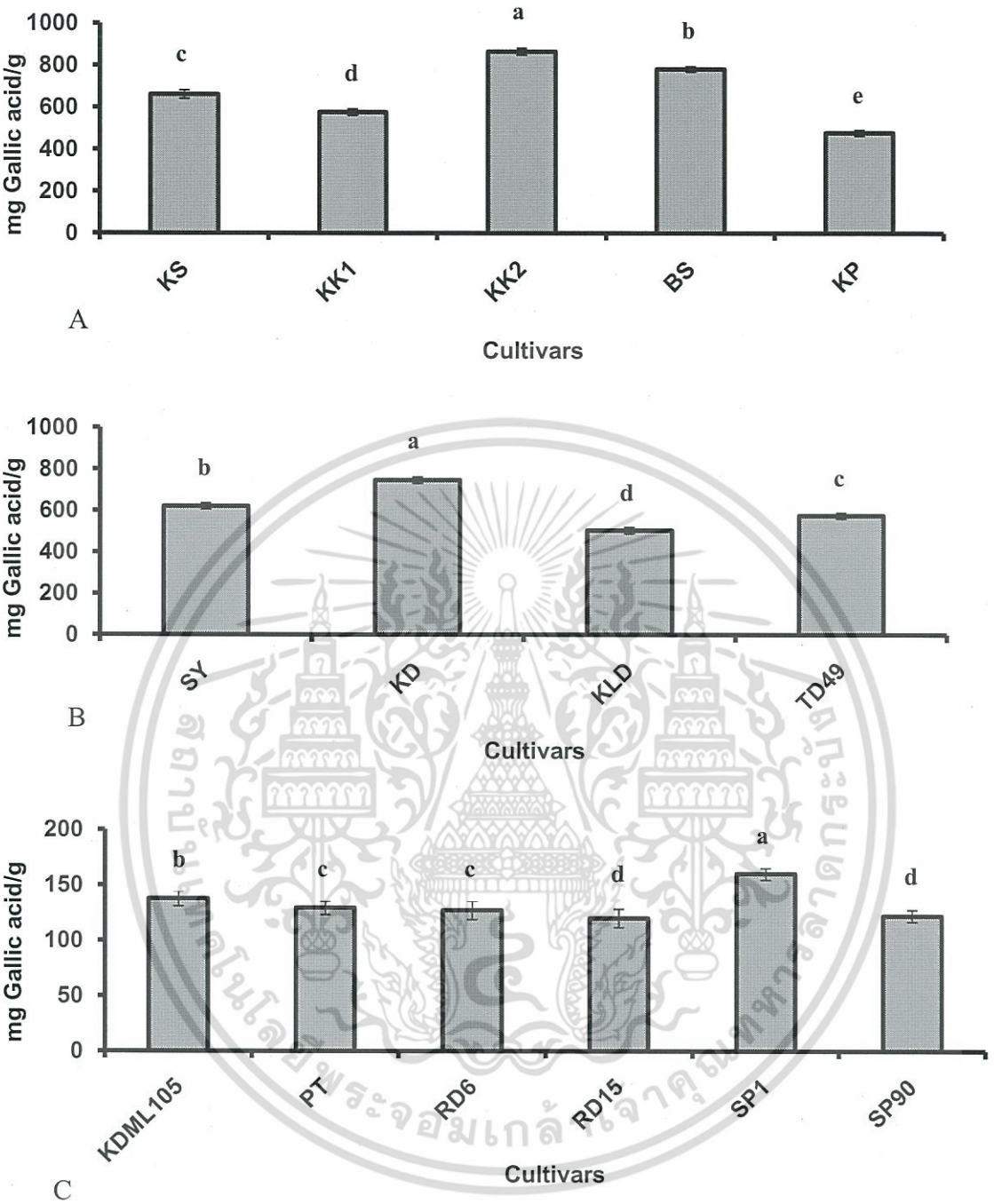
บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก และสารประกอบในกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ โดยในขั้นต้นของงานวิจัยนั้นได้ทำการศึกษาปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่อยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทยทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) ก่ำขอนแก่น2 (KK2) กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD) โดยใช้สารในการสกัดสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และ 3) น้ำปราศจากไอออนอย่างเดียว จากผลการทดลองที่ได้นั้น จะพบปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในปริมาณที่สูงในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2) โดยมีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกสะสมอยู่ประมาณ 240-865 mg Gallic acid/g และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD) จะพบปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกสะสมอยู่ประมาณ 280-750 mg Gallic acid/g ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105) โดยมีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกสะสมอยู่ประมาณ 115-190 mg Gallic acid/g เมื่อสกัดโดยใช้สารสกัดทั้งสามชนิด

และเมื่อแยกตามชนิดของสารสกัดนั้น จะพบเมื่อสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 480-865 mg Gallic acid/g ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 500-750 mg Gallic acid/g และพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 120-160 mg Gallic acid/g (ภาพที่ 4.1 A-C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

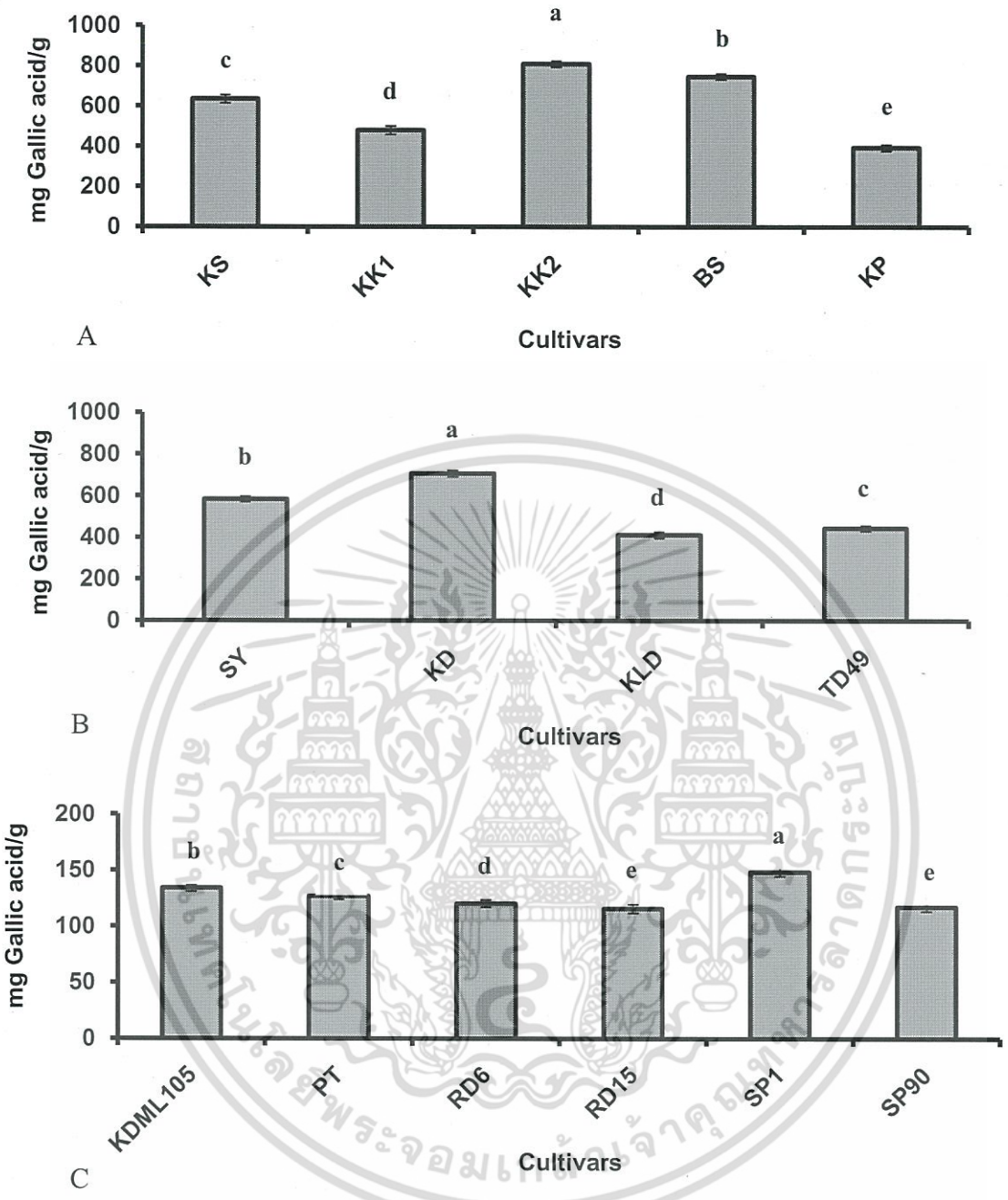
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 390-800 mg Gallic acid/g ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 410-706 mg Gallic acid/g และพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 115-150 mg Gallic acid/g (ภาพที่ 4.2 A-C)

และเมื่อสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 240-440 mg Gallic acid/g ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 290-370 mg Gallic acid/g และพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 140-187 mg Gallic acid/g (ภาพที่ 4.3 A-C)

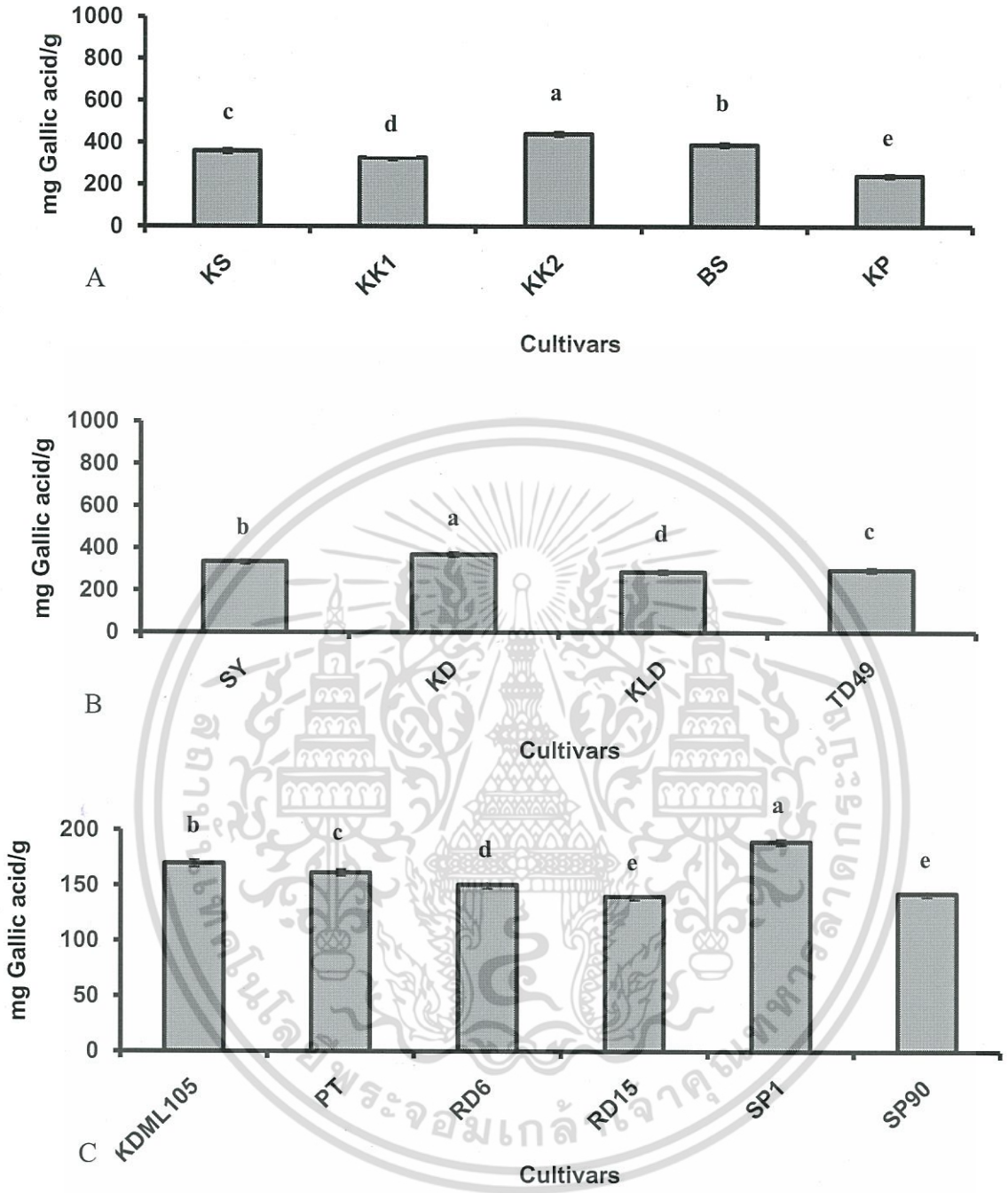
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

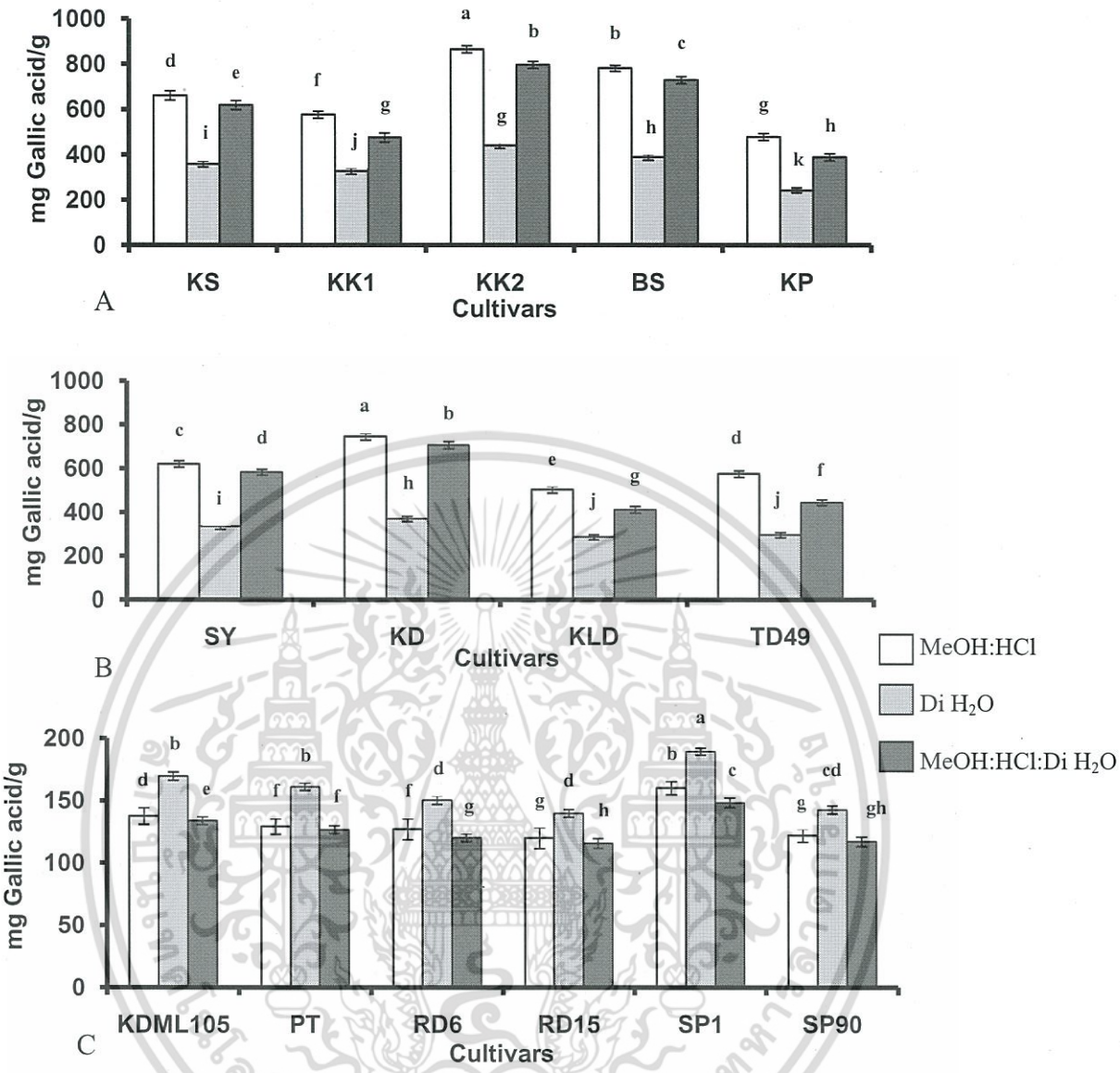
และเมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดของสารสกัดที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก จะพบว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง สูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และการสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว

ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาวนั้น จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวสูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.4 A-C)

สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกนั้นเป็นพฤกษเคมี (phytochemical) ที่สำคัญที่อยู่ในพืชหลากหลายชนิด เช่น ธัญพืชชนิดต่างๆ ผักและผลไม้ และมีคุณสมบัติที่หลากหลาย เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น รวมถึงมีปริมาณที่แตกต่างกันในพืชแต่ละสายพันธุ์ (Chew et al., 2009; Choi et al., 2010; Amado et al., 2014) จึงทำให้นักวิจัยมีความสนใจในการหาปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในพืชสายพันธุ์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชสายพันธุ์ท้องถิ่นของแต่ละประเทศ รวมถึงสภาวะและสารสกัดซึ่งมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่จะสามารถวิเคราะห์ได้ (Zhu et al., 2010; Choi et al., 2011; Finotti et al., 2011; Schmitzer et al., 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยสารสกัดทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 (สีขาว) 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 (สีเทาอ่อน) และ 3) น้ำปราศจากไอออนอย่างเดียว (สีเทาเข้ม) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

145231

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำและเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดงนั้น มีพบการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในปริมาณที่สูง และมากกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว เมื่อทำการสกัดด้วยสารสกัดทั้ง 3 ชนิด

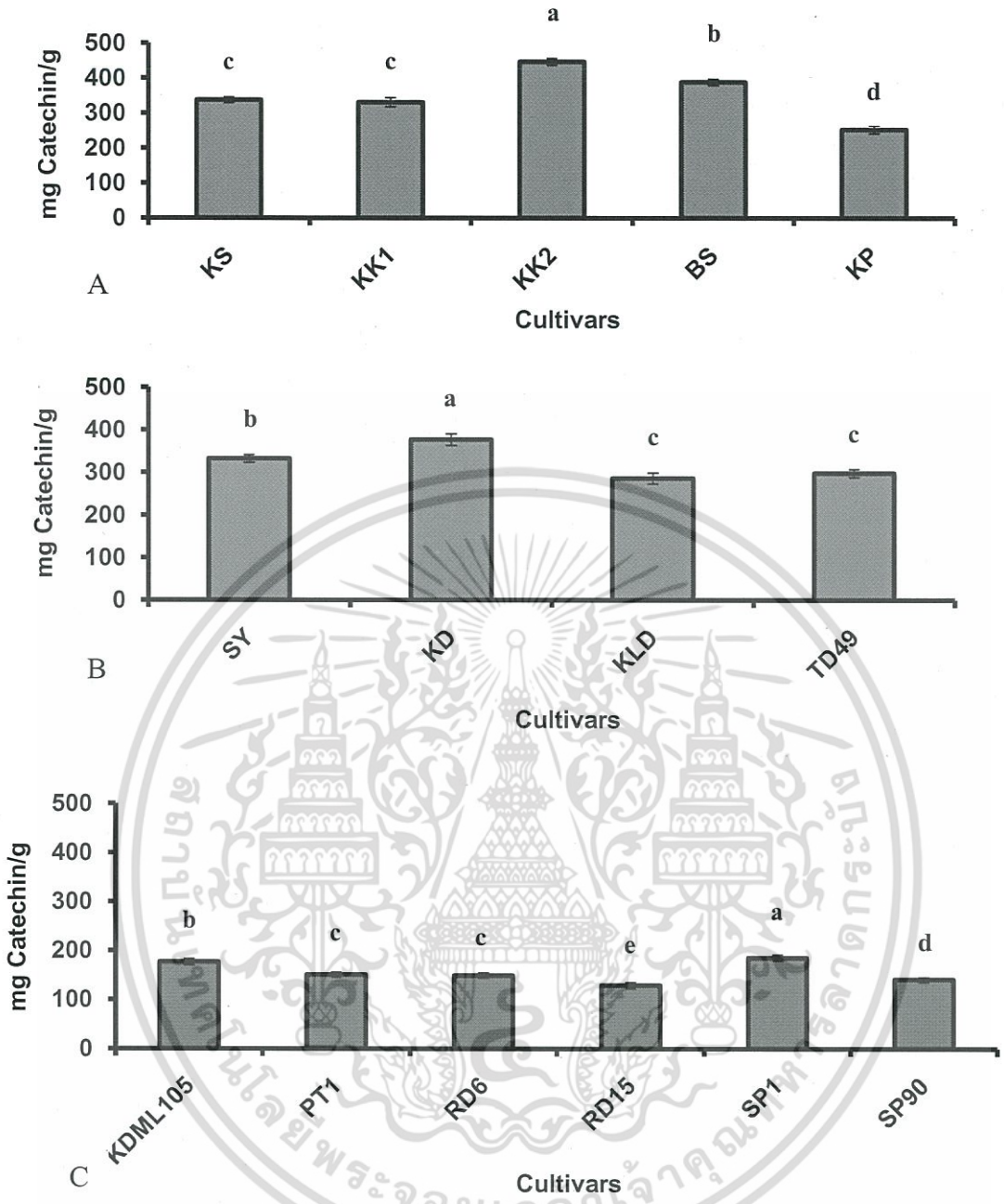
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ

จากผลการทดลองในตอนที่ 4.1 ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่อยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) ก่ำขอนแก่น2 (KK2) กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD) โดยใช้สารสกัด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และ 3) น้ำปราศจากไอออนอย่างเดียว จากผลการทดลองที่ได้นั้น พบว่ามีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในปริมาณที่สูงในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2) และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD) ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105) จะมีปริมาณน้อยกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และสีแดง

จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ทั้ง 15 สายพันธุ์ดังกล่าว โดยใช้เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer และจากผลการทดลองพบว่าปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวนั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก โดยมีปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในปริมาณที่สูงอยู่ประมาณ 110-450 mg Catechin/g และ 120-380 mg Catechin /g ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และสีแดง ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105) โดยมีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกสะสมอยู่ประมาณ 45-190 mg Catechin/g เมื่อสกัดโดยใช้สารสกัดทั้งสามชนิด

และเมื่อแยกตามชนิดของสารสกัดเช่นเดียวกับการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกนั้น จะพบเมื่อสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 250-450 mg Catechin/g ปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 290-380 mg Catechin/g และพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 130-190 mg Catechin/g (ภาพที่ 4.5 A-C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น 1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

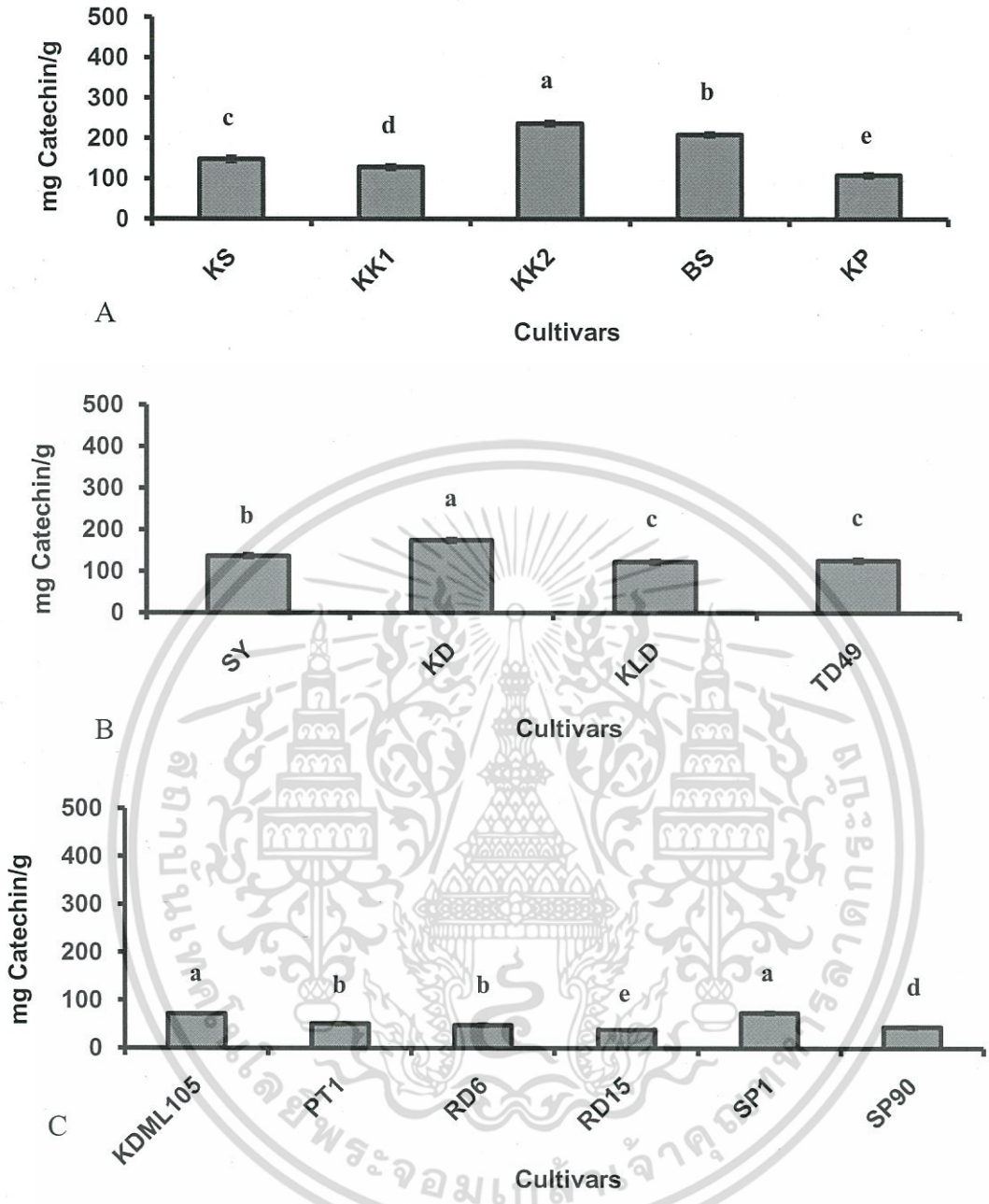
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 จะพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 110-240 mg Catechin/g ปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 120-175 mg Catechin/g และพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 45-75 mg Catechin/g (ภาพที่ 4.6 A-C)

และเมื่อสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว จะพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 175-285 Catechin/g ปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 190-260 Catechin/g และพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 100-160 mg Catechin/g (ภาพที่ 4.7 A-C)

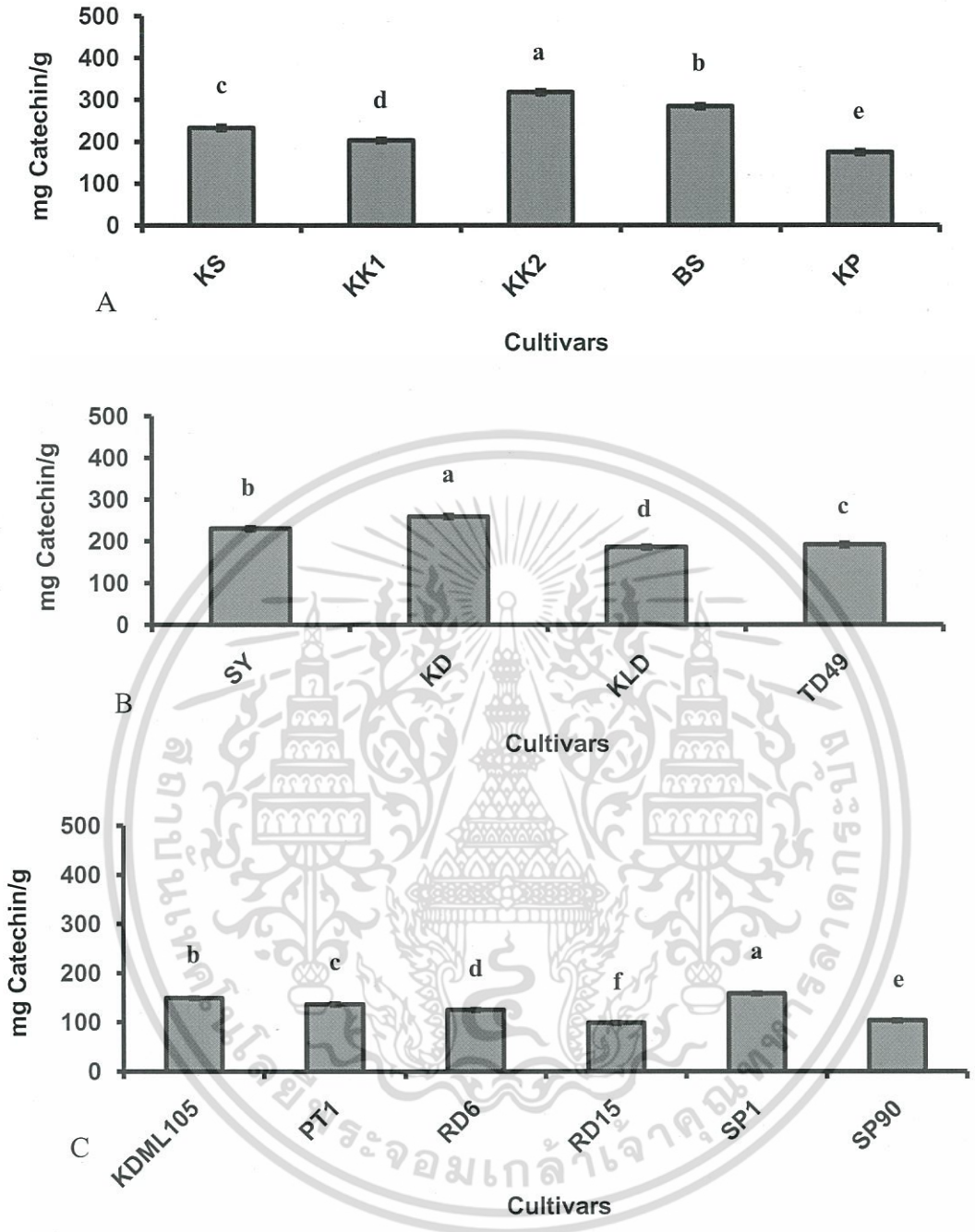
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น 1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น 1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

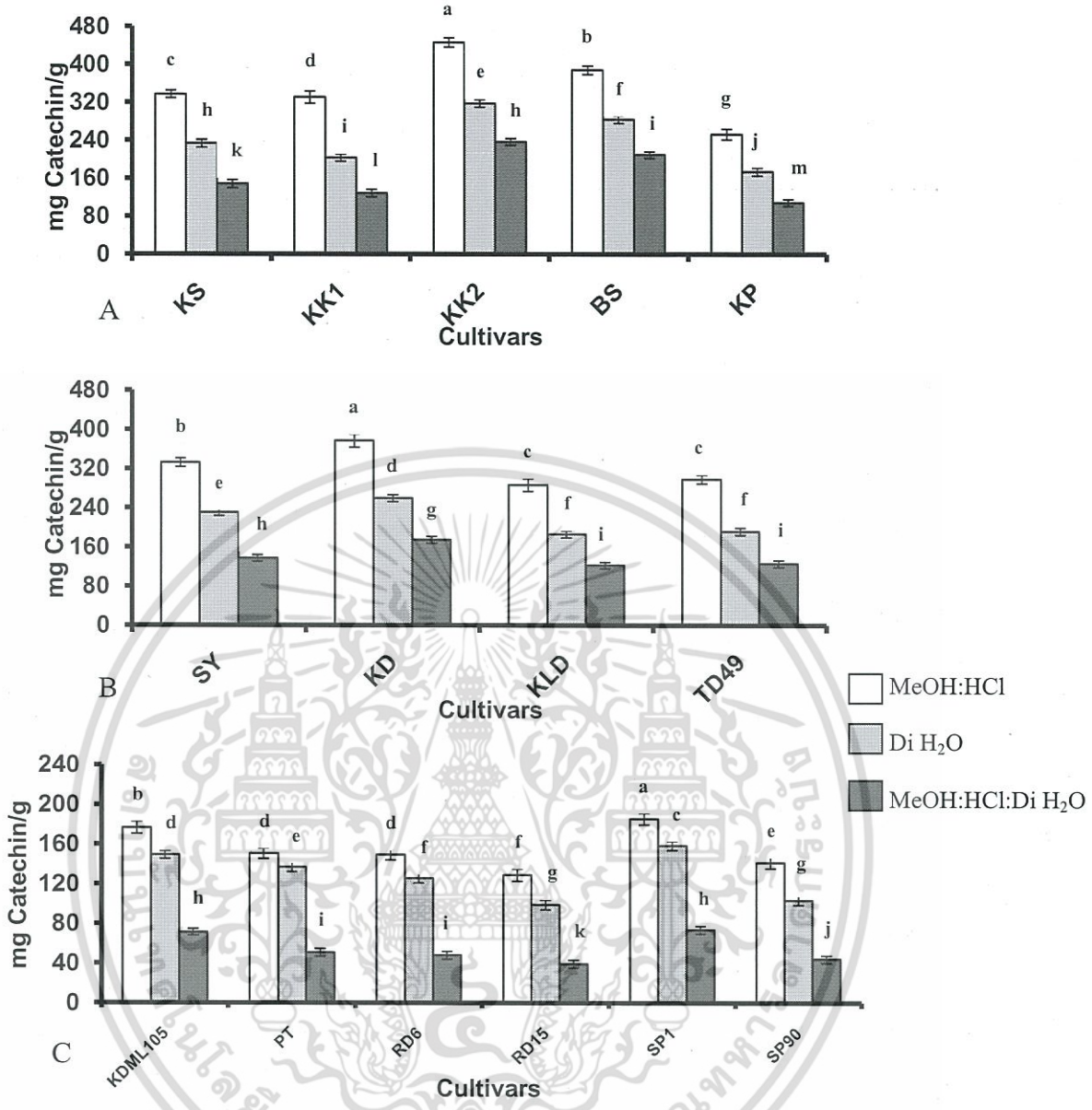
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดของสารสกัดที่มีผลต่อปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอย์ เช่นเดียวกับการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกนั้น จะพบว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอย์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว สูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และการสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 4.8 A-C)

สารกลุ่มเฟลโวนอยด์นั้นจัดเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่อยู่ในสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่ง สามารถแบ่งเป็นสารกลุ่มย่อย (subgroups) ได้อีก เช่น เฟลวาโนน (flavanone) เฟลโวน (flavone) เฟลโวนอล (flavonol) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งมีคุณสมบัติที่หลากหลายคล้ายคลึงกับสารประกอบฟีนอลิก เช่น ฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคสมองเสื่อม ป้องกันการเกิดโรคหัวใจและระบบไหลเวียนของโลหิต และป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน เป็นต้น (Hodex et al., 2002; Hernandez et al., 2004; Ramos, 2007) จึงมีความน่าสนใจในการวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในพืชหลากหลายสายพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคหรือเกษตรกรในการเลือกพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกในการเพิ่มรายได้ต่อไป (Sharma, 2006; Solar et al., 2006; Samanata et al., 2011; Brunetti et al., 2013)

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำและเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดงนั้น มีพบการสะสมสารกลุ่มเฟลโวนอย์ในปริมาณที่สูง และมากกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว เมื่อทำการสกัดด้วยสารสกัดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นสอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าวทั้ง 3 กลุ่ม โดยที่ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง จะมีปริมาณที่สูงกว่าปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ทำการสกัดสารดังกล่าวโดยใช้สารสกัดที่เป็นเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น 1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยสารสกัดทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 (สีขาว) 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 (สีเทาอ่อน) และ 3) น้ำปราศจากไอออนอย่างเดียว (สีเทาเข้ม) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC (Determination of flavonoid content by HPLC method)

จากนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวสายพันธุ์ตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในปริมาณที่สูงในกลุ่มข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) ซึ่งทำการสกัดสารดังกล่าวด้วยสารสกัดที่เป็นเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 โดยได้ทำการศึกษาถึงสภาวะและขั้นตอนในการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมสารอนุพันธ์ของกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเมล็ดข้าวด้วยวิธีดังกล่าว จากการทดลองเบื้องต้นสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมสารอนุพันธ์ของกลุ่มเฟลโวนอยด์ ได้แก่ สารกลุ่มเฟลวาโนน (flavanone) สารกลุ่มเฟลโวน (flavone) สารกลุ่มเฟลโวนอล (flavonol) และสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ด้วยเครื่อง HPLC (2695, Waters) โดยมี Photodiode array (PDA, 2998 Waters) เป็นดีเทคเตอร์ และใช้คอลัมน์ Ascentis® C18 (25cmx4.6mm, 5 µm) ของบริษัท Supelco Analytical ดังนี้

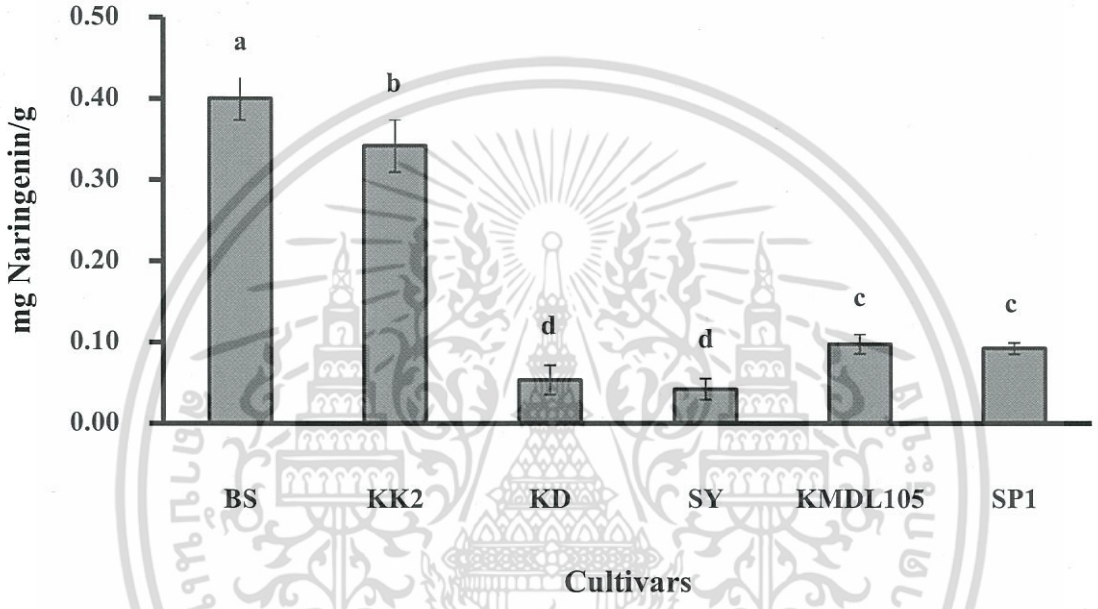
1. การวิเคราะห์สารกลุ่มเฟลวาโนน (flavonone), เฟลโวน (flavones) และเฟลโวนอล (flavonol) กำหนดให้สภาวะด้วยวิธี HPLC ในการวิเคราะห์ ดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ คือ 2% aqueous acetic acid : 28% acetonitrile ปริมาณสารในการฉีด 20 ไมโครลิตร อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิคอลัมน์ 30 องศาเซลเซียส ช่วงความยาวคลื่น 280, 347, และ 360 นาโนเมตร ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์สารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) กำหนดให้สภาวะด้วยวิธี HPLC ในการวิเคราะห์ ดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ คือ 9% aqueous acetic acid : 100% acetonitrile ปริมาณสารในการฉีด 20 ไมโครลิตร อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิคอลัมน์ 30 องศาเซลเซียส ช่วงความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบกลุ่มเฟลโวนอยด์ในแต่ละกลุ่มกับสารมาตรฐานชนิดต่างๆ ได้แก่ mg Naringenin/g ในสารกลุ่มเฟลวาโนน (flavanone), mg Apigenin/g ในสารกลุ่มเฟลโวน (flavone), mg Quercetin/g ในสารกลุ่มเฟลโวนอล (flavonol) และ mg Cyanidin chloride/g ในสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) จากผลการทดลองที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงปริมาณสารประกอบกลุ่มเฟลโวนอยด์ในแต่ละกลุ่มที่มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของข้าวที่ทำการทดลอง โดยพบว่าในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) จะมีปริมาณสารกลุ่มเฟลวาโนน (0.34-0.40 mg Naringenin/g) เฟลโวนอล (0.86-1.20 mg Quercetin/g) และแอนโทไซยานิน (58.03-69.83 mg Cyanidin chloride/g) สูงที่สุด ในขณะเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) มีปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอล (0.16-0.23 mg

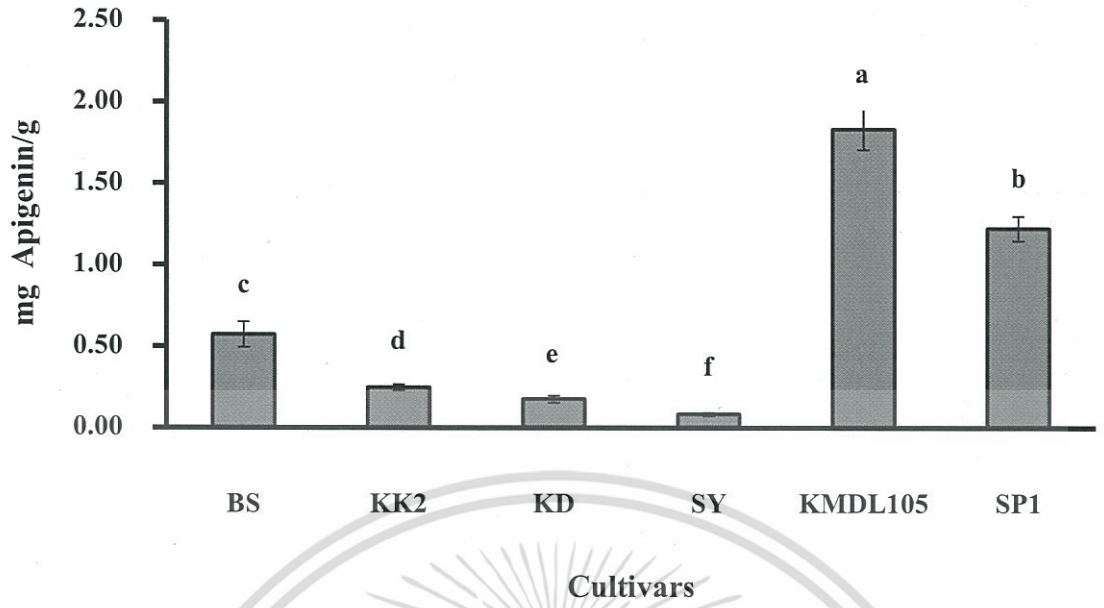
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Quercetin/g) และแอนโทไซยานิน (44.43-44.70 mg Cyanidin chloride/g) รองลงมา และในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) จะพบปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอล (0.04-0.11 mg Quercetin/g) และแอนโทไซยานิน (8.75-15.40 mg Cyanidin chloride/g) น้อยที่สุด แต่พบปริมาณสารกลุ่มเฟลโวน (1.22-1.83 mg Apigenin/g) สูงที่สุด และพบปริมาณสารกลุ่มเฟลวาโนน (0.09-1.00 mg Naringenin/g) สูงกว่าปริมาณสารกลุ่มเฟลวาโนนที่พบในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง (0.04-0.05 mg Naringenin/g) (ภาพที่ 4.9-4.12)



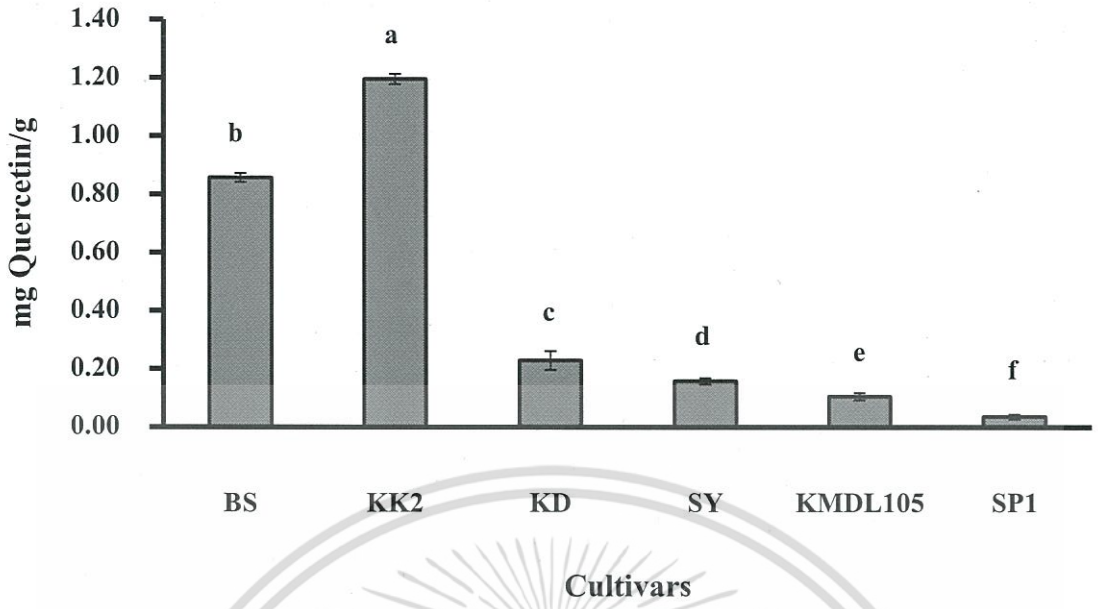
ภาพที่ 4.9 ปริมาณสารสารกลุ่มเฟลวาโนน (flavanone)ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Naringenin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Naringenin/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



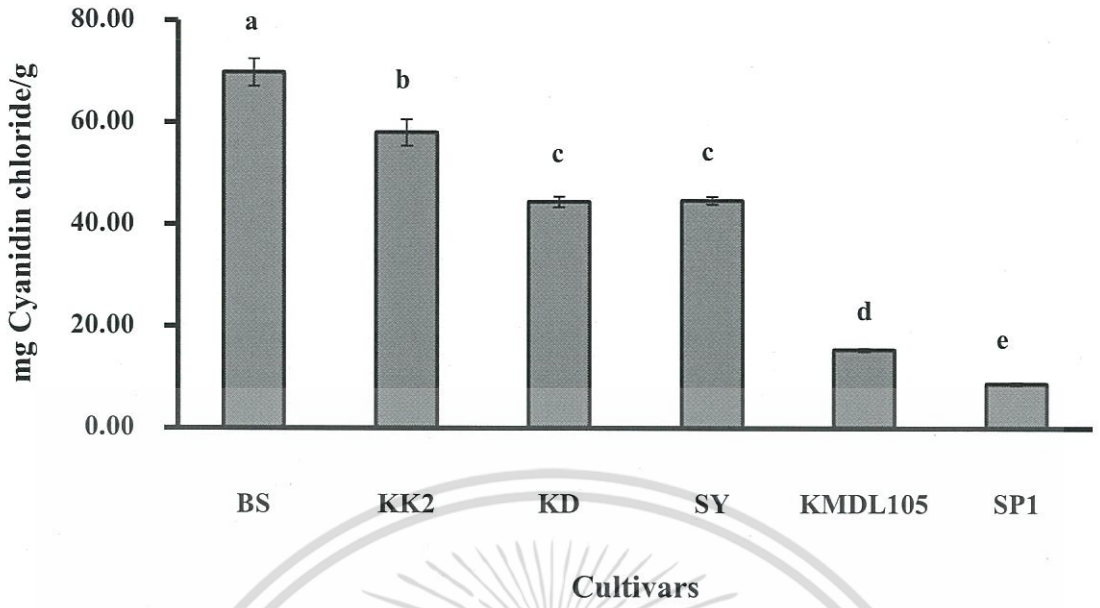
ภาพที่ 4.10 ปริมาณสารสารกลุ่มเฟลโวน (flavone) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Apigenin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Apigenin/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ปริมาณสารสารกลุ่มเฟลโวนอล (flavonol) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Quercetin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Quercetin/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ปริมาณสารสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Cyanidin chloride ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Cyanidin chloride/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

การวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ด้วยวิธี HPLC นั้นสามารถวิเคราะห์ได้ถึงปริมาณสารกลุ่มย่อย (subgroups) เช่น เฟลวาโนน (flavanone) เฟลโวน (flavone) เฟลโวนอล (flavonol) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ได้ (Olszewska, 2008; Zhao et al., 2010; Min et al., 2011; Ou and Gu, 2014) ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถวิเคราะห์สารกลุ่มเฟลโวนอยด์กลุ่มย่อยได้ในพืชหลากหลายสายพันธุ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชจำพวกเบอร์รี่ หรือจำพวกพืชสมุนไพร ที่มีปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์กลุ่มย่อยในปริมาณที่สูง ในขณะที่พืชบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารกลุ่มเฟลโว-นอยด์กลุ่มย่อยในปริมาณที่ต่ำ เช่น ธัญพืช หรือข้าว เป็นต้น ยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธีนี้ ทั้งวิธีการสกัด ปริมาณสารที่สกัดได้ สภาวะของเครื่อง HPLC และ/หรือ คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Furukawa et al., 2007; Shen et al., 2009; Chen et al., 2012; Shao et al., 2015)

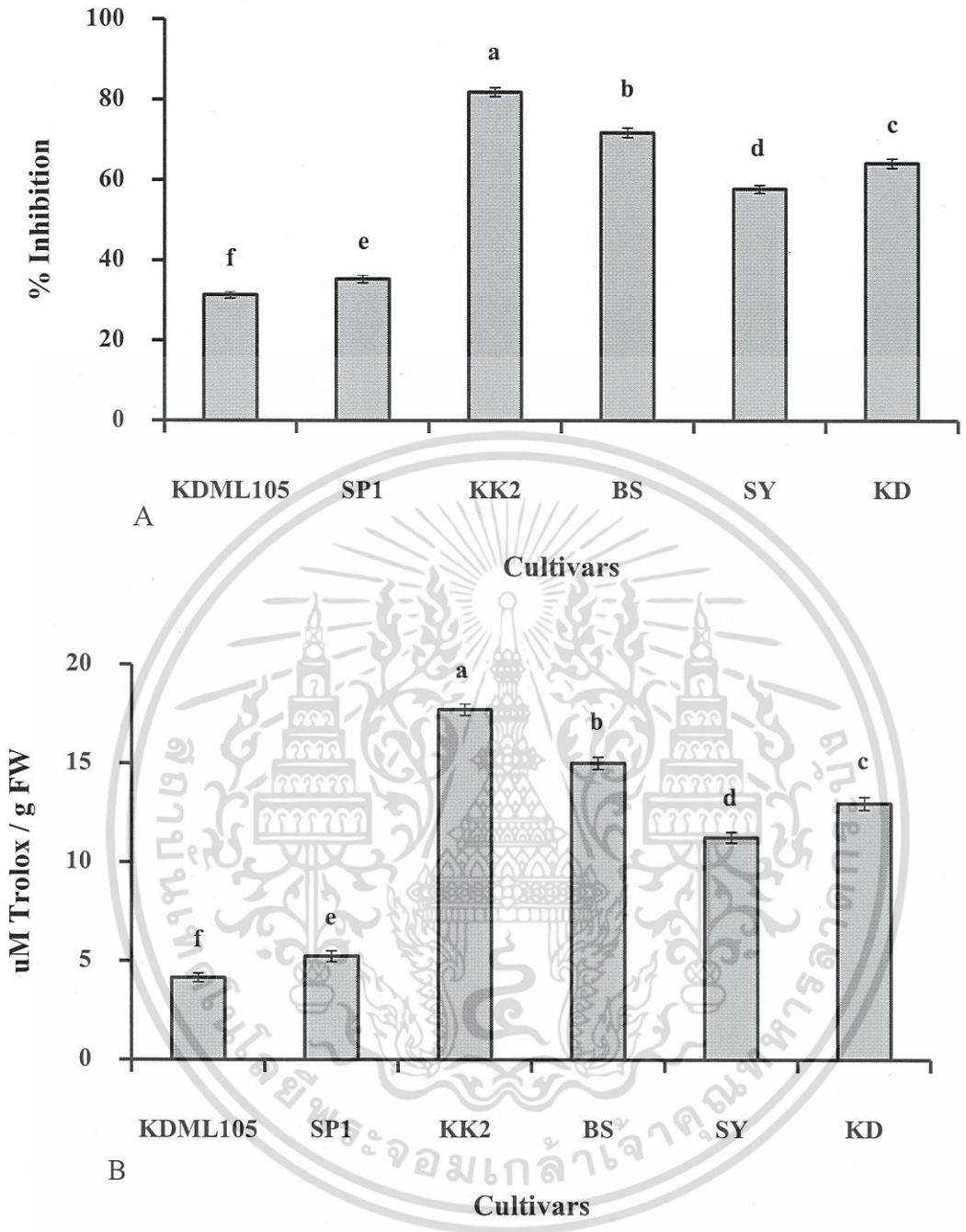
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH (Determination of antioxidant capacity by ABTS and DPPH methods)

จากนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวสายพันธุ์ตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในปริมาณที่สูงในกลุ่มข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC โดยทำการสกัดสารดังกล่าวด้วยสารสกัดที่เป็นเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 มาทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (2,2′-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) และ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)

การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS นั้นได้ทำการเปรียบเทียบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ กับสารมาตรฐาน Trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด ผลการทดลองที่ได้พบว่าสารสกัดจากเมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Inhibition) อยู่ที่ 31.36-81.86% เปรียบเทียบได้เท่ากับ 4.16-17.72 ไมโครโมลาร์ Trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด (μM Trolox / g FW) ซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระในระดับที่สูงในสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (BS และ KK2) รองลงมาเป็นเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง (SY และ KD) และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว (KDML105 และ SP1) ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13) ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ ที่พบปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในปริมาณที่สูงในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำเช่นกัน

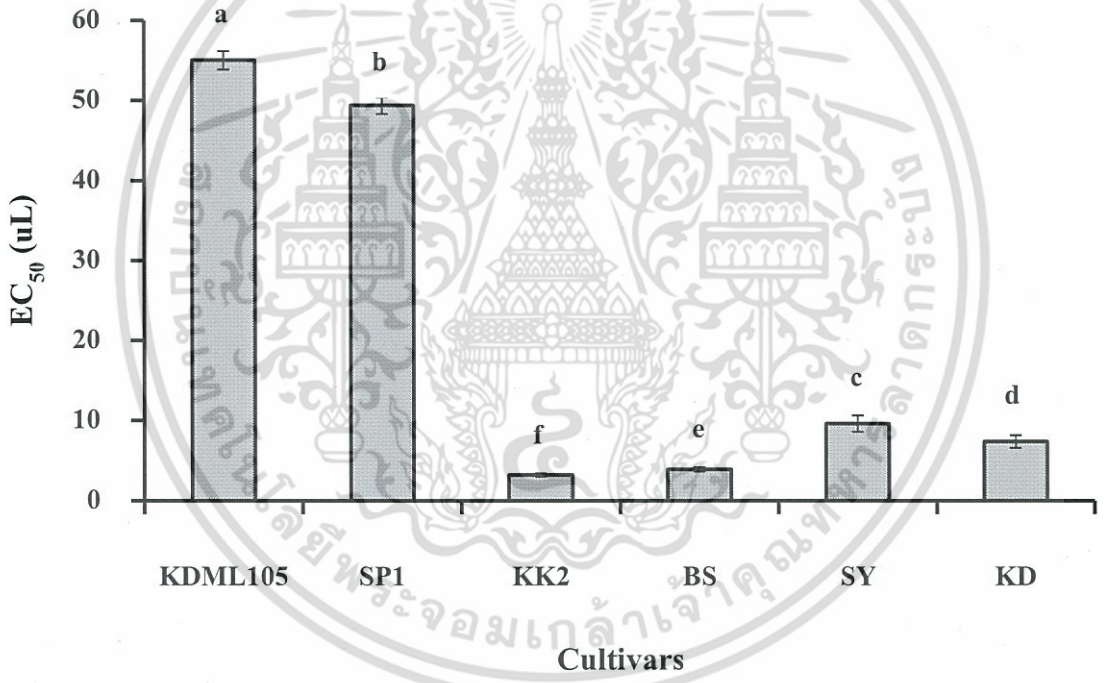
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Inhibition) (A) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด (μM Trolox / g FW) (B) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามคัดลอกเพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อีกวิธีหนึ่ง โดยได้ทำการวิเคราะห์ในหน่วยของ EC_{50} (The term half maximal effective concentration) ทำการวิเคราะห์จากปริมาณสารสกัดที่ได้จากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ที่สามารถยับยั้งปริมาณอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด (50% Inhibition) ผลการทดลองที่ได้พบว่าปริมาณสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่สามารถยับยั้งปริมาณอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมดอยู่ที่ปริมาณ 3.22-55.04 ไมโครลิตร (µL) จากผลการทดลองที่ได้นั้นพบว่าสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (BS และ KK2) ใช้ปริมาณสารสกัดในปริมาณน้อยที่สุด รองลงมาเป็นเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง (SY และ KD) และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว (KDML105 และ SP1) ตามลำดับ (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.14 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ในหน่วยของ EC_{50} (The term half maximal effective concentration) ที่ได้จากสารสกัด (µL) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS และ DPPH นั้นเป็นวิธีที่แพร่หลาย และนิยมใช้ในการวิเคราะห์สารสกัด หรือตัวอย่างทั้งตัวอย่างทางชีวภาพและตัวอย่างที่สังเคราะห์ทางเคมี (Thaipong et al., 2006; Dudonne et al., 2009; Rodriguez-Amaya, 2010; Floegel et al., 2011) ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีทั้งสองแบบนั้น แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของสารตัวอย่างที่สามารถจับกับอนุมูลอิสระในหลอดทดลอง เพื่อยับยั้งการเกิดลูกโซ่การเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ โดยที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตนั้นจะสามารถทำลายองค์ประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ส่งผลให้เซลล์ตายได้ ฤทธิ์ที่วิเคราะห์ได้จึงเทียบได้กับการยับยั้งการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตได้ (Wu et al., 2004; Kaldas et al., 2005; Goupy et al., 2009; Noipa et al., 2011)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในปริมาณที่สูงนั้น (เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง) จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระทั้งจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS และ DPPH ที่มีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในปริมาณที่ต่ำ (เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้สามารถที่จะวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโว-นอยด์ ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ โดยพบว่าเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำนั้น จะมีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในระดับที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีแดง และสีขาว อีกทั้งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับที่สูงอีกด้วย จึงทำให้ข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำนั้น น่าจะมีคุณค่าทางสารอาหารที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์ไทยที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีอื่น และมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น จึงทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำ หรือข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มเฟลโว-นอยด์ ซึ่งภายในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทยนั้นอาจจะมีสารอาหารที่มีคุณค่าที่เป็นสารในกลุ่มอื่นอีกได้ รวมทั้งการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระนั้นยังศึกษาในรูปแบบสารสกัดรวม ซึ่งถ้าสามารถแยกสารสกัดที่ได้ออกเป็นสารกลุ่มย่อยๆ และทำการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระนั้น น่าจะทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงชนิดของสารสำคัญที่มีผลต่อการยับยั้งหรือต้านอนุมูลอิสระในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 2 ปี จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองได้ จากนั้นจึงเริ่มเขียนบทความวิจัยเพื่อสร้างผลผลิตของโครงการวิจัย โดยคาดว่าผลผลิตที่ได้นั้นส่วนหนึ่งจะมีการนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการหรือตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index (TCI) และอีกส่วนหนึ่งจะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล Scopus หรือ ISI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Abdul-Hamid, A., Raja Sulaiman, R.R., Osman, A. and Saari, N., 2007. Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating. J. Food Compos. Anal., 20: 627–637.

Adom, K.K. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant activity of grains. J. Agric. Food Chem., 50: 6182-6187.

Adom, K.K., Sorrells, M.E. and Liu, R.H. 2005. Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. J. Agric. Food Chem., 53: 2297-2306.

Ahuja, U., Ahuja, S.C., Chaudhary, N. and Thakrar, R. 2007. Red rices – past, present and future. Asian Agri-History, 11: 291–304.

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. Food Chem., 115: 785-788.

Amado, I.R., Franco, D., Sánchez, M., Zapata, C. and Vázquez, J.A., 2014. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. Food Chem., 165: 290-299.

Amin, I., Norazaidah, Y. and Hainida, K.I.E. 2006. Antioxidant activity and phenolic content of raw and blanched *Amaranthus* species. Food Chem., 94: 47-52.

Atoui, A.K., Mansouri, A., Boskou, G. and Kefalas, P. 2005. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. Food Chem., 89: 27-36.

Bonoli, M., Marconi, E. and Caboni, M.F. 2004. Free and bound phenolic compounds in barley (*Hordeum vulgare* L.) flours. Evaluation of the extraction capability of different solvent mixtures and pressurized liquid methods by micellar electrokinetic chromatography and spectrophotometry. J. Chromatogr. A, 1057: 1-12.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm. Wiss. Technol., 28: 25-30.

Brunetti, C., Di Ferdinando, M., Fini, A., Pollastri, S. and Tattini, M. 2013. Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans. Int. J. Mol. Sci., 14: 3540-3555.

Cardador-Martínez, A., Loarca-Pina, G. and Oomah, B.D. 2002. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Agric. Food Chem., 50: 6975-6980.

Chen, M.H., Choi, S.H., Kozukue, N., Kim, H.J. and Friedman, M. 2012. Growthinhibitory effects of pigmented rice bran extracts and three red bran fractions against human cancer cells:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relationships with composition and antioxidative activities. J. Agric. Food Chem., 60: 9151-9161.

Chew, Y.L., Goh, J.K. and Lim, Y.Y. 2009. Assessment of *in vitro* antioxidant capacity and polyphenolic composition of selected medicinal herbs from Leguminosae family in Peninsular Malaysia. Food Chem., 116: 13-18.

Choi, S.H., Lee, S.H., Kim, H.J., Lee, I.S., Kozukue, N., Levin, C.E. and Friedman, M. 2010. Changes in free amino acid phenolic, chlorophyll, carotenoid, and glycoalkaloid contents in tomatoes during 11 stages of growth and inhibition of cervical and lung human cancer cells by green tomato extracts. J. Agric. Food Chem., 58: 7547-7556.

Choi, S.H., Ahn, J.B., Kozukue, N., Levin, C.E. and Friedman, M. 2011. Distribution of free amino acids flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. J. Agric. Food Chem., 59: 6594-6604.

Choi, Y., Jeong, H. and Lee, J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. Food Chem., 103: 130-138.

Cornish, M.L. and Garbary, D.J. 2010. Antioxidant from microalgae: potential application in human health and nutrition. Free Rad. Biol. Med., 25: 155-171.

Chung, H.S. and Shin, J.C. 2007. Characterization of antioxidant alkaloids and phenolic acids from anthocyanin-pigmented rice (*Oryza sativa* cv. Heugjinjubyeo). Food Chem., 104: 1670–1677.

Dudonne, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M. and Merillon, J.M. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. J. Agric. Food Chem., 57: 1768-1774.

Ferreyra, M.L.F., Rius, S.P. and Casati, P. 2012. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. Front. Plant Sci., 3: 222.

Finocchiaro, F., Ferrari, B. and Gianinetti, A. 2010. A study of biodiversity of flavonoid content in the rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a black-grained genotype. J. Cereal Sci. 51: 28-34.

Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Dall'Asta, C., Galaverna, G., Scazzina, F. and Pellegrini, N. 2007. Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing. Mol. Nutr. Food Res., 51, 1006–1019.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Finotti, E., Bersani, E., Vivanti, V. and Friedman, M. 2011. Application of a functional mathematical quality index to asparagine: free sugar and phenolic acid content of 20 commercial potato varieties. J. Food Qual., 34: 74-79.

Floegel, A., Kim, D.O., Chung, S.J., Koo, S.I. and Chun, O.K. 2011. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. J. Food Comp. Anal., 24: 1043-1048.

Frei, M. and Becker, K. 2004. Agro-biodiversity in subsistence-oriented farming systems in a Philippine upland region: nutrition considerations. Biodivers. Conserv., 13: 1591-1610.

Fu, Y.J., Liu, W., Zu, Y.G., Tong, M.H., Li, S.M., Yan, M.M., Efferth, T. and Luo, H. 2008. Enzyme assisted extraction of luteolin and apigenin from pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] leaves. Food Chem., 111: 508-512.

Furukawa, T., Maekawa, M., Oki, T., Suda, I., Iida, S., Shimada, H., Takamure, I. and Kadowaki, K. 2007. The Rc and Rd genes are involved in proanthocyanidin synthesis in rice pericarp. Plant J., 49: 91-102.

Goupy, P., Bautista-Ortin, A.B., Fulcrand, H. and Dangles, O. 2009. Antioxidant activity of wine pigments derived from anthocyanins: Hydrogen transfer reactions to the DPPH radical and inhibition of the heme-induced peroxidation of linoleic acid. J. Agric. Food Chem., 57: 5762-5770.

Gu, L., Kelm, M.A., Hammerstone, J.F., Beecher, G., Holden, J., Haytowitz, D., Gebhardt, S. and Prior, R.L. 2004. Concentrations of proanthocyanidins in common foods and estimations of normal consumption. J. Nutr., 134: 613-617.

Heim, K.E., Tagliaferro, A.R. and Bobilya, D.J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemictry, metabolism and structure-activity relationships. J. Nutr. Biochem., 13: 572-584.

Hernandez, I., Alegre, L. and Munné-Bosch, S. 2004. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. Tree Physiol., 24: 1303-1311.

Hodek, P., Trefil, P. and Stiborová, M. 2002. Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. Chem. Biol. Interact., 139: 1-21.

Huang, S.H. and Ng, L.T. 2012. Quantification of polyphenolic content and bioactive constituents of some commercial rice varieties in Taiwan. J. Food Compos. Anal., 26: 122-127.

Ismail, A., Marjan, Z.M. and Foong, C.W. 2004. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. Food Chem., 87: 581-586.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kaldas, M.I., Walle, U.K., van der Woude, H., McMillan, J.M. and Walle, T. 2005. Covalent binding of the flavonoid quercetin to human serum albumin. J. Agric. Food Chem., 53: 4194-4197.

Kennedy, G., Burlingame, B. and Nguyen, V.N. 2003. Nutritional contribution of rice and impact of biotechnology and biodiversity in rice-consuming countries. Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission, FAO corporate document repository.

Koh, E., Wimalasiri, K.M.S., Chassy, A.W. and Mitchell, A.E. 2009. Content of ascorbic acid, quercetin, kaempferol and total phenolics in commercial broccoli. J. Food Compos. Anal., 22: 637-643.

Kong, S. and Lee, J. 2010. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. Food Chem., 120: 278-281.

Lin, J.K. and Weng, M.S. 2006. Flavonoids as nutraceuticals. In: Grotewold, E. (Ed.), The Science of Flavonoids. Springer, New York (USA), pp. 213–238.

Lu, Z., Kou, W., Du, B., Wu, Y., Zhao, S., Brusco, O.A., Morgan, J.M. and Capuzzi, D.M. 2008. Effect of Xuezhikang, and extract from red yeast Chinese rice, on coronary events in a Chinese population with previous myocardial infarction. Am. J. Cardiol., 101: 1689–1693.

Lucca, P., Poletti, S. and Sautter, C. 2006. Genetic engineering approaches to enrich rice with iron and vitamin A. Physiol. Plant., 126: 291–303.

Min, B., McClung, A.M. and Chen, M.H. 2011. Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color. J. Food Sci., 76: C117-C126.

Noipa, T., Srijaranai, S., Tuntulani, T. and Ngeontae, W. 2011. New approach for evaluation of the antioxidant capacity based on scavenging DPPH free radical in micelle systems. Food Res. Int., 44: 798-806.

Olszewska, M. 2008. Separation of quercetin, sexangularetin, kaempferol and isorhamnetin for simultaneous HPLC determination of flavonoid aglycones in inflorescences, leaves and fruits of three Sorbus species. J. Pharm. Biomed. Anal., 48: 629-635.

Ou, K. and Gu, L. 2014. Absorption and metabolism of proanthocyanidins. J. Funct. Foods, 7: 43-53.

Prata, E.R.B.A. and Oliveira, L.S. 2007. Fresh coffee husks as potential sources of anthocyanins. LWT-Food Sci. Technol., 40: 1555-1560.

Ragaee, S., Abdel-Aal, E.M. and Noaman, M. 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. Food Chem., 98: 32-38.

Ramos, S. 2007. Effects of dietary flavonoids on apoptotic pathways related to cancer chemoprevention. J. Nutr. Biochem., 18: 427-442.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Re R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Rad. Biol. Med., 26: 1231-1237.

Ribeiro, I.A. and Ribeiro, M.H.L. 2008. Naringin and naringenin determination and control in grapefruit juice by a validated HPLC method. Food Control, 19: 432-438.

Rodriguez-Amaya, D.B. 2010. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids-A review. J. Food Comp. Anal., 23: 726-740.

Samanata, A., Das, G. and Das, S.K. 2011. Roles of flavonoids in plants. Int. J. Pharm. Sci. Technol., 6: 12-35.

Schmitzer, V., Mikulic-Petkovsek, M. and Stampar, F. 2013. Sepal phenolic profile during *Helleborus niger* flower development. J. Plant Physiol., 170; 1407-1415.

Serpen, A., Gökmen, V., Karagöz, A. and Köksel, H. 2008. Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces. J. Agric. Food Chem., 56: 7285-7292.

Shao, Y., Xu, F., Chen, Y., Huang, Y., Beta, T. and Bao, J. 2015. Genotype, environment, and their interaction effects on the phytochemicals and antioxidant capacities of red rice (*Oryza sativa* L.). Cereal Chem., 92: 204-210.

Sharma, D.K. 2006. Pharmacological properties of flavonoids including flavonolignans-integration of petrocrops with drug development from plants. J. Sci. Ind. Res., 65: 477-484.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. and Bao, J. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. J. Cereal Sci., 49: 106-111.

Solar, A., Colaric, M., Usenik, V. and Stampar, F. 2006. Seasonal variations of selected flavonoids, phenolic acids and quinones in annual shoots of common walnut (*Juglans regia* L.). Plant Sci., 170: 453-461.

Taleon, V., Dykes, L., Rooney, W.L. and Rooney, W.L. 2012. Effect of genotype and environment on flavonoid concentration and profile of black sorghum grains. J. Cereal Sci., 56: 470-475.

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

Tian, S., Nakamura, K. and Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. J. Agr. Food Chem., 52: 4808-4813.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tsanova-Savova, S. and Ribarova, F. 2002. Free and conjugated myricetin, quercetin, and kaempferol in Bulgarian red wines. J. Food Compos. Anal., 15: 639-645.

Vichapong, J., Sookserm, M., Srijesdaruk, V., Swatsitang, P. and Srijaranai, S. 2010. High performance liquid chromatographic analysis of phenolic compounds and their antioxidant activities in rice varieties. LWT-Food Sci. Technol., 43: 1325-1330.

Ward, J.L., Poutanen, K., Gebruers, K., Piironen, V., Lampi, A.M., Nyström, L., Andersson, A.A.M., Åman, P., Boros, D., Rakszegi, M., Bedo, Z. and Shewry, P.R. 2008. The HEALTHGRAIN cereal diversity screen: concept, results, and prospects. J. Agr. Food Chem., 56: 9699–9709.

Xia, X., Ling, W., Ma, J., Xia, M., Hou, M., Wang, Q., Zhu, H. and Tang, Z. 2006. An anthocyanin-rich extract from black rice enhances atherosclerotic plaque stabilization in apolipoprotein E deficient mice. J. Nutr., 136: 2220–2225.

Xia, M., Ling, W.H., Ma, J., Kitts, D.D. and Zawistowski, J. 2003. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. J. Nutri., 133: 744–751.

Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E. and Prior, R.L. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. J. Agric. Food Chem., 52: 4026-4037.

Zhao, J., Pang, Y. and Dixon, R.A. 2010. The mysteries of proanthocyanidin transport and polymerization. Plant Physiol., 153: 437-443.

Zhai, C.K., Lu, C. M., Zang, Q., Sun, G.J. and Lorenz, K.J. 2001. Comparative study on nutritional value of Chinese and North American wild rice. J. Food Compos. Anal., 14: 371-382.

Zhishen, J., Mengcheng, T., and Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem., 64: 555–559.

Zhu, F., Cai, Y.Z., Ke, J. and Corke, H. 2010. Compositions of phenolic compounds, amino acids and reducing sugars in commercial potato varieties and their effects on acrylamide formation. J. Sci. Food Agric., 90: 2254-2262.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2558

☑ แหล่งงบประมาณแผนดิน (แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเปรียบเทียบการสะสมสารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ ในข้าวสายพันธุ์ไทยที่หลากหลาย) *Oryza sativa* L. spp. *indica*)

(ภาษาอังกฤษ) Comparative accumulation of the total phenolics, total flavonoids and flavonoid derivatives content in various Thai rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ดร. สุธี ชุติไพจิตร

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 250,000.00 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 15 พ.ย. 56

งวดที่ 2 - บาท - % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) -

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวม ทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	110,000.00	110,000.00	0.00
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าจ้างเหมา	15,000.00	15,000.00	0.00
ค่าวัสดุ	125,000.00	125,000.00	0.00
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	250,000.00	250,000.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 4 รอบ 24 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2559

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย				รวมรายจ่าย
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน			
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	
	งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน)		250,000.00								
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%)		212,500.00								
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%)		37,500.00								
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)		-								

	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)			74,140.17		131.53	20,000.00	-	15,000.00	39,140.17	74,140.17
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)			82,000.00		353.50	30,000.00	-	-	52,000.00	82,000.00
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3)			34,996.90			30,000.00	-	-	4,996.90	34,996.90
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4)			58,890.00			30,000.00	-	-	28,890.00	58,890.00
	งบประมาณคงเหลือ		250,000.00		**-27.07**	**485.03**					
	รายละเอียดค่าใช้จ่าย										
ครั้งที่ 1											
30 พ.ย. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00				10,000.00
30 ธ.ค. 58	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00				10,000.00

5 พ.ย. 58	Bradford reagent / Potassium nitrate	IV-58111241						5,526.12	5,526.12
24 พ.ย. 58	Methanol HPLC grade / duran bottle / nylon syringe filter	IV16-03-0138						29,960.00	29,960.00
15 ธ.ค. 58	Test tube / cap for tube / test tube rack	IV-59010002						3,654.05	3,654.05
18 ธ.ค. 58	ค่าจ้างเหมาบริการวิเคราะห์ปริมาณสาร	ใบสำคัญรับเงิน					15,000.00		15,000.00
									-
									-
	รวมครั้งที่ 1				20,000.00		15,000.00	39,140.17	74,140.17
ครั้งที่ 2									
29 ม.ค. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน			10,000.00				10,000.00

29 ก.พ. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน				10,000.00				10,000.00
31 มี.ค. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน				10,000.00				10,000.00
9 มี.ค. 59	COBALT (II) SULPHATE 7 HYDRATE POTASSIUM TELLULITE / LEAD DIOXIDE METHANOL FOR ANALYSIS / ACETONE FOR ANALYSIS VOLUMETRIC FLASK / BEAKER ERLENMAYER FLASK /RHODAMINE FERRIC ACID	BL 59/017							52,000.00	52,000.00 - - - -

										-
	รวมครั้งที่ 2		-	-	-	-	30,000.00	-	-	52,000.00	82,000.00
ครั้งที่ 3										
29 เม.ย. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00				10,000.00
31 พ.ค. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00				10,000.00
30 มิ.ย. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00				10,000.00
19 เม.ย. 59	หลอดไฟยูวี 30 วัตต์ / หลอดไฟยูวี 16 วัตต์	2174								4,996.90	4,996.90
											-
											-
	รวมครั้งที่ 3		-	-	-	-	30,000.00	-	-	4,996.90	34,996.90

ครั้งที่ 4								
29 ก.ค. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน		10,000.00				10,000.00
31 ส.ค. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน		10,000.00				10,000.00
20 ก.ย. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน		10,000.00				10,000.00
25 ส.ค. 59	ดิน	4847					2,140.00	2,140.00
31 ส.ค. 59	ETHANOL / META-PHOSPHORIC ACID BENZALDEHYDE / GLYCEROL / SULFURIC ACID ISO-PROPANOL / PIPETTE MEASURING / BURETTE	BL 59/075					26,750.00	26,750.00 -

	MEASURING CYLINDER / LABORATORY BOTTLE									-
										-
										-
										-
										-
	รวมครั้งที่ 4		-	-	-	-	30,000.00	-	-	28,890.00	58,890.00

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายสุธี ชุติไพจิตร

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปร.ด.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552
ส.บ.	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช	2554
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) Extraction and analysis plant metabolites, Plant tissue culture, Phytochemistry, Nanobiotechnology

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2549	ทุนการศึกษา โครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST)	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
2554-2555	ทุนวิจัย รูปแบบการสะสมเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการตอบสนองต่อสภาวะเกลือและความแห้งแล้งในข้าวสายพันธุ์ไทย	กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2556	การศึกษาผลกระทบของการเติมสารอินทรีย์และโลหะอนุภาคนาโนต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่ในข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เพื่อประสิทธิภาพในการถ่ายโอนยีน	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2557	การศึกษาการใช้แหล่งคาร์บอนชนิดนาโนในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสำหรับข้าวสายพันธุ์ไทย (*Oryza sativa* L.)	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

Sompornpailin, K., and Chutipaijit, S. 2005. Effect of abiotic stresses on adaptive response in cereal. Journal Science-Ladkrabang, 14(2): 64-71.

Sompornpailin, K., Chutipaijit, S. and Cha-um, S. 2007. Effects of salt and mannitol on physiological alteration and flavonoids production in Thai rice (*Oryza sativa* L. spp. *indica*). Journal Science-Ladkrabang, 16(2): 41-55.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Alteration of proline and anthocyanin levels affects salinity tolerance in *indica* rice seedlings. KMITL Science Journal, 8(2): 6-11.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Influence of drought stress on proline and anthocyanin accumulations in *indica* rice cultivars. KMITL Science Journal, 8(2): 78-85.

Sompornpailin, K., Chutipaijit, S. and Cha-um, S. 2008. Influence of salinity and drought stresses on physiological characteristic and proline synthesis of Thai rice cultivars (*Oryza sativa* L. spp. *indica*). Journal Science-Ladkrabang, 17(2): 64-79.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Modulation of proline and anthocyanin levels improves salt tolerant in *indica* rice seedlings. Journal of Biotechnology, 136s: s152.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2009. Differential accumulations of proline and flavonoids in *indica* rice varieties against salinity. Pakistan Journal of Botany, 41(5): 2497-2506.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2009. Proline accumulation and physiological responses of *indica* rice genotypes differ in tolerance to salt and drought stresses. The Philippine Agricultural Scientist, 93(2): 165-169.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2011. Polyamines in plant response to various abiotic stress. Srinakharinwirot Science Journal, 27(1): 215-229.

Sompornpailin, K., and Chutipaijit, S. 2011. Relation of the flavonoid contents to antioxidant activity in Thai rice seeds. Journal of Srinakharinwirot University, 3: 95-101.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2011. High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in *Oryza sativa* L. spp. *indica*. Australian Journal of Crop Science, 5(10): 1191-1198.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2011. The biotechnology applications in the chemical industry. King Mongkut's Agro-Industry Journal, 3(1): 29-42.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2012. An evaluation of water deficit tolerance screening in pigmented *indica* rice genotypes. Pakistan Journal of Botany, 44(1): 65-72.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2012. Enhancement of plant regeneration efficiency from mature grains of Thai *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML105). Pakistan Journal of Botany 44(4):1385-1390.

Orachaipunlap, K., Suwannasai, N., Chutipaijit, S., Whalley, A.J.S. and Sihanonth, P. 2015. Antioxidant properties derived from stromata of *Xylaria* species collected from tropical forest. Research Journal of Biotechnology. 10(3): 1-7.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2015. Influence of nano-zinc oxide on physiological and productivity change of *indica* rice. Pathumwan Academic Journal. 5(13): 23-29.

Chutipaijit, S. 2015. Establishment of condition and nanoparticle factors influencing plant regeneration from aromatic rice (*Oryza sativa*). International Journal of Agriculture and Biology 17: 1049-1054.

Chutipaijit, S. 2016. Evaluation of morphological and physiological response in Khao Dawk Mali 105 rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) induced by zinc oxide nanoparticles. Pathumwan Academic Journal. 6(15): 15-23.

Chutipaijit, S. and Sutjaritvorakul, T. 2016. Application of nanomaterials in plant regeneration of rice (*Oryza sativa* L.). Materials Today: Proceedings (Article in Press).

Sutjaritvorakul, T., Chutipaijit, S. and Sihanonth, P. 2016. Solubilization and bioprecipitation of zinc oxide nanoparticles by fungi isolated from zinc sulfide mineral ores. Materials Today: Proceedings (Article in Press).

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2016. Evaluating the effect of zinc oxide nanoparticles on the physiological responses of nine non-photoperiod sensitive rice cultivars. Materials Today: Proceedings (Article in Press).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสนอผลงานวิชาการ

Chutipaijit, S., Intawong, B. and Sompornpailin, K. 2006. Factors of callus and combination of plant growth regulators effect on the plant regeneration from scutellum of *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105). KMITL International Conference on Science and Applied Science. Swissotel Le Concorde, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Sompornpailin, K. and Cha-um, S. 2006. An effective procedure of flavonoid antioxidant accumulation in *indica* rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) varieties using sodium chloride elicitor. The 8th Annual Meeting BIOTEC Research Unit. 1-3 June, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Sompornpailin, K. and Cha-um, S. 2007. Physiological response and flavonoid accumulation of Thai rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*) to salinity and drought stresses. The Annual Conference NSTDA. 28-30 March, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2007. The impact of flavonoid compounds on salinity and drought tolerances in *indica* rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*). Asia Pacific Conference on Plant Tissue Culture and Agribiotechnology (APaCPA). 17 – 21 June, Kuala Lumpur, Malaysia.

Sompornpailin, K., Chutipaijit, S., Sukomon, N. and Cha-um, S. 2007. Differential expression profile of protective metabolites in various varieties of Thai rice impact on abiotic stress tolerances. The 6th Asian Crop Science Association Conference and the 2nd International Conference on Rice for the Future. 5-9 November, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2007. Accumulation of flavonoid in abiotic stressed young seedlings of *indica* rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*). International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology. 21-23 November, Swissotel Le Concorde, Bangkok, Thailand. (Oral)

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Osmoprotentant and antioxidant accumulation of *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. *indica*) elevated salt stress tolerance. The 2nd International Conference on Science and Technology for Sustainable Development of the Greater Mekong Sub-region, 2-3 October, Hanoi Agricultural University, Hanoi, Vietnam.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Alteration of proline and anthocyanin levels affects salinity tolerance in *indica* rice seedlings. The 34th Congress on Science and Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of Thailand, Queen Sirikit National Convention Center, 31 October-2 November, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Impact of proline accumulation on physiological response in *indica* rice genotypes (*Oryza sativa* L.) exposed to salt and drought stresses. BioAsia 2008, International Conference on Life Sciences 2008, Queen Sirikit National Convention Center, 25-27 November, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2010. Differential responses of flavonoids to abiotic stress in rice seedling cultivars. Pure and Applied Chemistry International Conference 2010, Sunee Grand Hotel and Convention Center, 21-23 January, Ubonratchathani, Thailand.

Darachai, P., Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2010. Carbon sources and supporting materials in callus induction effects on regeneration of *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. RD6 and RD15). The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology, Ambassador City Jomtien Hotel, 4-6 October, Pataya, Thailand

Sompornpailin, K. and Chutipaijit, S. 2011. Relation of the flavonoid contents to antioxidant activity in Thai rice seeds, Miracle Grand Hotel, 5-7 January, Bangkok, Thailand.

Darachai, P., Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2012. Effect of carbon sourcese and gelling agents on callus induction and regeneration efficiency of Thai rice (*Oryza sativa* L. cv. RD6). 1st International Symposium on Technology for Sustainable, KMITL, 26-29 January, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2012. Influence of salinity on growth and antioxidant enzyme activities in *indica* rice cultivars (*Oryza sativa* L.). 1st International Symposium on Technology for Sustainable, KMITL, 26-29 January, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S. 2012. Antioxidant activities in indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings during salinity treatment. The 38th Congress on Science and Technology of Thailand, Empress Convention Centre, 17-19 October, Chiang Mai, Thailand.

Chutipaijit, S. 2014. Phenolic attractive substances improve *in vitro* plant regeneration of Thai rice cultivar. The 40th Congress on Science and Technology of Thailand, Hotel Pullman Khon Kaen Raja Orchid, 2-4 December, Khon Kaen, Thailand.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2014. Evaluating the effect of zinc oxide nanoparticles on the physiological responses of Thai rice (*Oryza sativa* L.). The 3rd Joint Conference on Renewable Energy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Nanotechnology, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 23-24 December, Kanchanaburi, Thailand.

Nakaphan, K., Nantanapirom, P., Chutipaijit, S. and Eiad-ua, A. 2014. Porous carbon xerogel beads by simple method. The 3rd Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 23-24 December, Kanchanaburi, Thailand.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2015. Effect of nanoparticles on the relationship between crop growth rate and yield of Chainat 1 rice (*Oryza sativa* L.). 2nd International Symposium on Agricultural Technology, A-One Star Hotel, 1-3 July, Pattaya, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้