

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากในปัจจุบันที่มีผู้สนใจเกี่ยวกับการรักษาสุขภาพ และการป้องกันโรคมามากยิ่งขึ้น ทำให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ทั้งที่เป็นสินค้าอุปโภคและสินค้าบริโภคที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพนั้นเป็นที่สนใจและให้ความสำคัญมากขึ้น แต่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านราคาของสินค้าหรือ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่มีระดับราคาที่สูงกว่า ทำให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ถูกจำกัดอยู่ในกลุ่มผู้บริโภคเฉพาะกลุ่มเท่านั้น จึงทำให้มีผู้สนใจในรัฐพืชบางชนิดที่มีสารส่งเสริมสุขภาพ และมีราคาที่ย่อมเยากว่า ทั้งในด้านการบริโภคหรือการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ทางการอุปโภค ซึ่งหนึ่งในรัฐพืชที่คนไทยนิยมบริโภคและให้ความสำคัญนั้นก็คือ ข้าว โดยที่ข้าวนั้นถือเป็นอาหารหลักที่คนไทยใช้บริโภค เนื่องจากมีราคาที่ถูกลงหาซื้อได้ง่าย และสามารถเพาะปลูกได้เองภายในประเทศ รวมทั้งยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศอีกด้วย

ข้าวนั้นจัดเป็นรัฐพืชที่อุดมไปด้วยสารอาหารต่างๆ มากมาย เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน หรือวิตามิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าภายใน เมล็ดข้าวนั้นมีการสะสมสารไฟโตเคมิคอล (phytochemicals) ชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ที่หลากหลาย ทั้งต่อผู้บริโภคและต่อต้นข้าวเองในการปรับตัวเพื่อให้ดำรงชีวิตได้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ (Ward et al., 2008; Abdul-Hamid et al., 2007) ซึ่งหนึ่งในสารไฟโตเคมิคอลที่พบมากในเมล็ดข้าวจะเป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compounds) โดยที่ทีมงานวิจัยมากมายที่ยืนยันคุณสมบัติและประโยชน์ของสารกลุ่มนี้ ทั้งการช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ เบาหวาน มะเร็ง และลดการอักเสบ เป็นต้น (Finocchiaro et al., 2007; Lin and Weng, 2006; Xia et al., 2003) และสารกลุ่มฟีนอลิกนั้นยังเป็นสารตั้งต้นในวิถีชีว-สังเคราะห์สารกลุ่มฟลาโวนอยด์อีกด้วย ซึ่งสารทั้งสองกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ที่ค่อนข้างสูง (Chung and Shin, 2007; Tian et al., 2004) และจากความหลากหลายทางด้านสายพันธุ์ข้าวในประเทศไทยนั้น ส่งผลให้เกิดความแตกต่างในการสะสมสารกลุ่มฟีนอลิก และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าว ทั้งชนิดและปริมาณที่หลากหลายและแตกต่างกัน โดยที่ทีมงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าข้าวสี (pigmented rice) นั้นมีการสะสมของสารทั้งสองกลุ่มในอัตราส่วนที่สูงกว่าในข้าวขาว (white rice) (Choi et al., 2007)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาถึงปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิก และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย และมุ่งเน้นไปทางด้านวิเคราะห์ปริมาณสารอนุพันธ์ของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น ฟลาวานอน ฟลาโวนอล หรือแอนโทไซยานิน ซึ่งงานวิจัยส่วนมากที่พบนั้นจะสนใจไปทางด้านสารกลุ่มฟีนอลิกมากกว่า (Huang and Ng, 2012; Vichapong et al., 2010) อีกทั้งยังสนใจในการวิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับหลอดทดลอง (*in vitro*) ที่ได้จากการสกัดสารที่อยู่ในเมล็ดข้าวอีกด้วย เพื่อเพิ่มคุณค่าและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในข้าวสายพันธุ์ไทย อันจะส่งผลต่อการ

คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวสำหรับเกษตรกรในการทำไปเพาะปลูก เพื่อเพิ่มรายได้ หรือสำหรับนักวิจัยในการคัดเลือกสายพันธุ์ เพื่อนำไปปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารฟีนอลิกที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.2.3 เพื่อศึกษาถึงปริมาณสารอนุพันธ์ชนิดต่างๆ ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.2.4 เพื่อศึกษาถึงฤทธิ์ในการต้านทานอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.2.5 เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าว เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงชนิดของสารสกัดที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย และการศึกษาหาปริมาณสารอนุพันธ์ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ โดยใช้เทคนิค HPLC รวมทั้งศึกษาถึงฤทธิ์ในการต้านทานอนุมูลอิสระที่ได้จากการสกัดสารภายในเมล็ดข้าว เพื่อเป็นข้อมูลในการเพิ่มคุณค่าของข้าวสายพันธุ์ไทย ทั้งในด้านประโยชน์ต่อผู้บริโภค หรือประโยชน์ต่อตัวเกษตรกรเอง และยังเป็นข้อมูลในการเลือกสายพันธุ์ข้าวเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปในอนาคตได้

1.4 คำสำคัญของการวิจัย

ข้าว สารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านทานอนุมูลอิสระ
Rice, Phenolics, Flavonoids, Antioxidant capacities

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถหาปริมาณสารฟีนอลิกที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.5.2 สามารถหาปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.5.3 สามารถหาปริมาณฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย
- 1.5.4 สามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าว เพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับความต้องการได้
- 1.5.5 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าข้าวสายพันธุ์ไทย และนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการที่ในปัจจุบันผู้บริโภคสนใจอาหารหรือผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาสุขภาพมากขึ้น รวมทั้งตลาดการแข่งขันทางการค้าข้าวที่มีสูงขึ้น ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าของข้าวสายพันธุ์ไทยจึงน่าจะก่อให้เกิดประโยชน์โดยรวมทั้งต่อผู้บริโภค และต่อตัวเกษตรกร จึงทำให้ต้องมีความจำเป็นในการศึกษาถึงปริมาณสารฟีนอลิก และสารฟเลโวนอยด์ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย ซึ่งเป็นสารกลุ่มพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านคุณค่าและประโยชน์ของข้าวสายพันธุ์ไทย อันจะส่งผลการเพิ่มคุณค่าข้าวสายพันธุ์ไทย ให้สามารถแข่งขันกับสายพันธุ์ข้าวจากประเทศอื่นได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

จากรายงานสถานการณ์การผลิตและการค้าข้าวในตลาดโลกของกรมการข้าว นั้น พบว่าเกือบทุกประเทศที่เป็นผู้ผลิตข้าวที่มีปริมาณผลผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศจีนและอินเดีย แต่ถึงแม้ว่าการปริมาณผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้น แต่ความต้องการบริโภคและการใช้ประโยชน์จากข้าวก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และในหลายประเทศการบริโภคและการใช้ประโยชน์จาก ข้าวมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าปริมาณผลผลิตข้าวที่ผลิตได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันกันอย่างสูงในตลาดการค้าและการส่งออกข้าวของโลก จึงทำให้ประเทศไทยนั้นต้องมีการวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงข้าวอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งต้องเพิ่มคุณค่าและประโยชน์ของข้าวสายพันธุ์ไทยให้สามารถแข่งขันทางการค้ากับข้าวสายพันธุ์จากประเทศอื่นได้

ข้าวนี้คล้ายคลึงกับธัญพืชชนิดอื่น คือ อุดมไปด้วยสารอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดไขมันที่จำเป็น ไทอามีน (thiamine) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) ไน-อาซิน (niacin) วิตามิน เป็นต้น (Lucca et al., 2006) โดยทั่วไปภายในเมล็ดข้าวนี้จะมีสารอาหารที่ให้ระดับพลังงานประมาณ 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

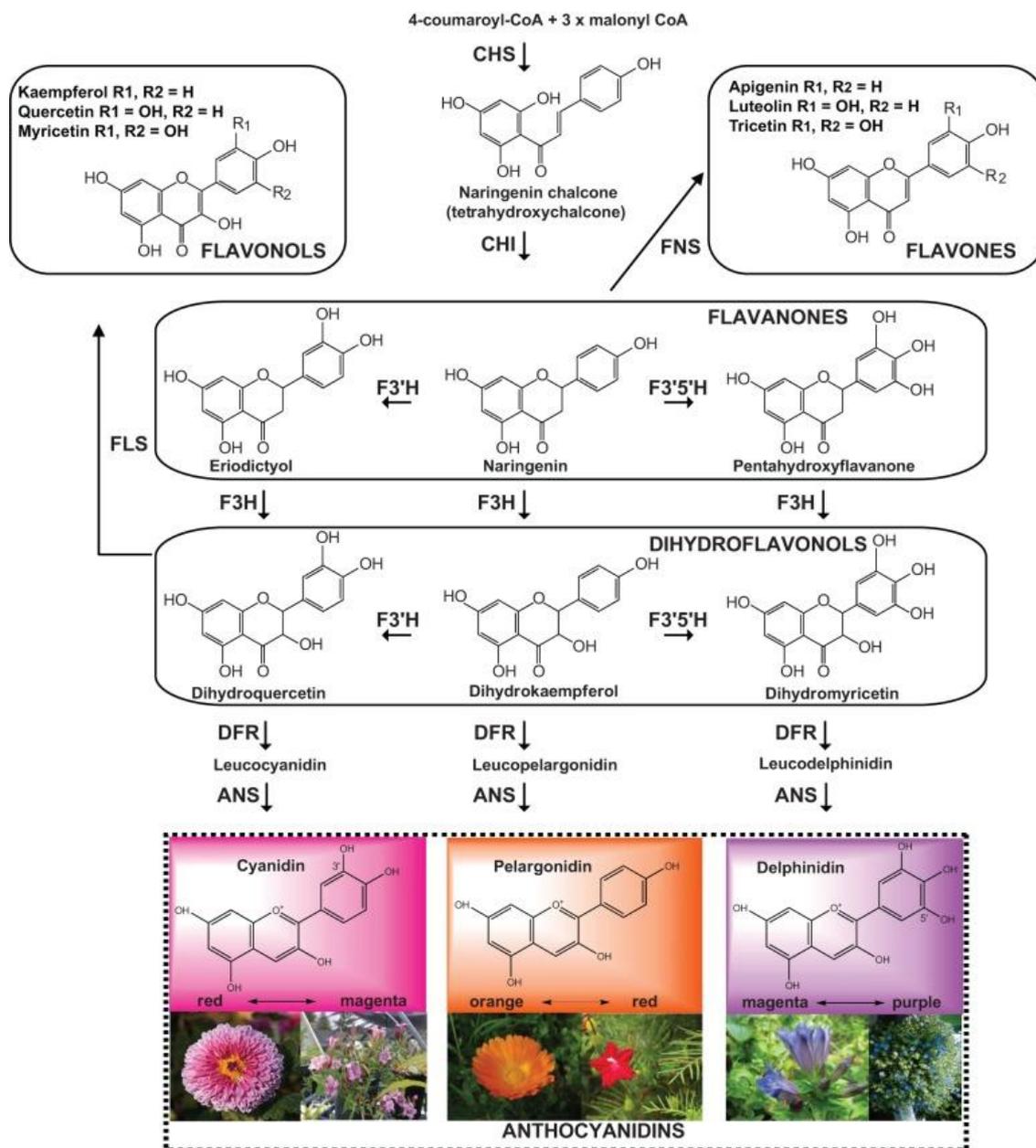
ที่มา: Kennedy et al., 2003

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างอัตราการใช้โภชนาการ ระดับพลังงาน โปรตีน และไขมัน โดยเฉลี่ยที่ได้ จากข้าวสาลีพันธุ์ในประเทศต่างๆ

ประเทศ	อัตราการใช้โภชนาการต่อวัน (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 ที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH; hydroxyl group) อย่างน้อย 1 หมู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะ พบจำพวก ferulic acid, vanillic acid, caffeic acid, syringic acid และ *p*-coumaric acid เป็นต้น (Bonoli et al., 2004) นอกจากนี้ *p*-coumaric acid ยังเป็นสารตั้งต้นที่อยู่ในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ทำให้เกิดสารอนุพันธ์กลุ่มต่างๆ ที่อยู่ในวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น สารกลุ่มฟลาโวน (flavones) ฟลาโวนอล (flavonols) ฟลาวานอน (flavanones) เป็นต้น ซึ่งมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แสดงวิถีชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และอนุพันธ์ต่างๆ

ที่มา: Ferreyra et al., 2012

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

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

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

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจเกี่ยวกับการศึกษาปริมาณการสะสมสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟีนอลิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอนุพันธ์กลุ่มต่างๆ ที่อยู่ในสารกลุ่มฟีนอลิก รวมทั้งฤทธิ์ในการต้านทานต่ออนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดจากเมล็ดข้าวสาลีพันธุ์ไทยที่หลากหลาย เพื่อหาความสัมพันธ์ของสารกลุ่มต่างๆ และเป็นข้อมูลสำหรับการเพิ่มคุณค่าของข้าวสาลีพันธุ์ไทย ในการเป็นทางเลือกสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ การเพาะปลูก หรือผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายนั้น จากแหล่งผลิตที่แตกต่างกันจะพบการเสริมฤทธิ์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มมากขึ้น (Cornish and Garbary, 2010) อีกทั้งยังสามารถนำเทคนิคที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างพืชชนิดอื่นต่อไปในอนาคตได้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างพืชที่มีการศึกษาปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟีนอลิก

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

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ตัวอย่างพืชที่มีการศึกษาปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์

ชนิดของพืช	สารที่ตรวจสอบ	ที่มา
ข้าว	ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์	Huang and Ng, 2012
ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง	ไฟเบอร์ แป้ง ฟีนอลิก antioxidant activity	Ragaei et al., 2006
ถั่วแขก (common bean)	ฟีนอลิก carotene antioxidant activity	Cardador-Martínez et al., 2002
ข้าวสาลี	ฟีนอลิก antioxidant activity ฟีนอลิก ferulic acid antioxidant activity	Serpen et al., 2008 Adom et al., 2005
ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต	ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ antioxidant activity	Adom and Liu, 2002
ผักโขม	ฟีนอลิก antioxidant activity	Amin et al., 2006
บด็อกโคลี่	ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ กรด แอสคอร์บิก	Koh et al., 2011
คะน้า ผักโขม กะหล่ำปลี หอมแดง	ฟีนอลิก antioxidant activity	Ismail et al., 2004
ชา	ฟีนอลิก antioxidant activity	Atoui et al., 2005

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวและการสกัด

นำเมล็ดข้าวทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 สุพรรณบุรี 90 กข6 กข15 ปทุมธานี 1 ขาวดอกมะลิ 105 เหนียวคำ กำเปือก กำสกลนคร กำขอนแก่น 1 กำขอนแก่น 2 กุหลาบแดง ดั่งซ์หยด TD49 และแดง (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) นำมาแกะเปลือกออกด้วยมือ จากนั้นนำไปบดโดยใช้เครื่องปั่น และนำตัวอย่างที่บดแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่แห้งและมีด 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 จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 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 การหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (Total flavonoid contents)

ทำการหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ตามวิธีของ 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 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้มีปริมาตรสุดท้ายอยู่ที่ 5 มิลลิลิตร และนำสารที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g

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

นำสารสกัดบางส่วนที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 3.1 นำมาวิเคราะห์หาสารกลุ่มต่างๆ ที่เป็นอนุพันธ์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ด้วยเครื่อง HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) โดยการวิเคราะห์สารกลุ่มฟลาโวนอน (flavanone) ทำการวิเคราะห์โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Ribeiro และ Ribeiro (2008) สารกลุ่มฟลาโวน (flavone) ทำการวิเคราะห์โดยการดัดแปลงจากวิธีของ Fu และคณะ (2008) สารกลุ่มฟลาโวนอล (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)

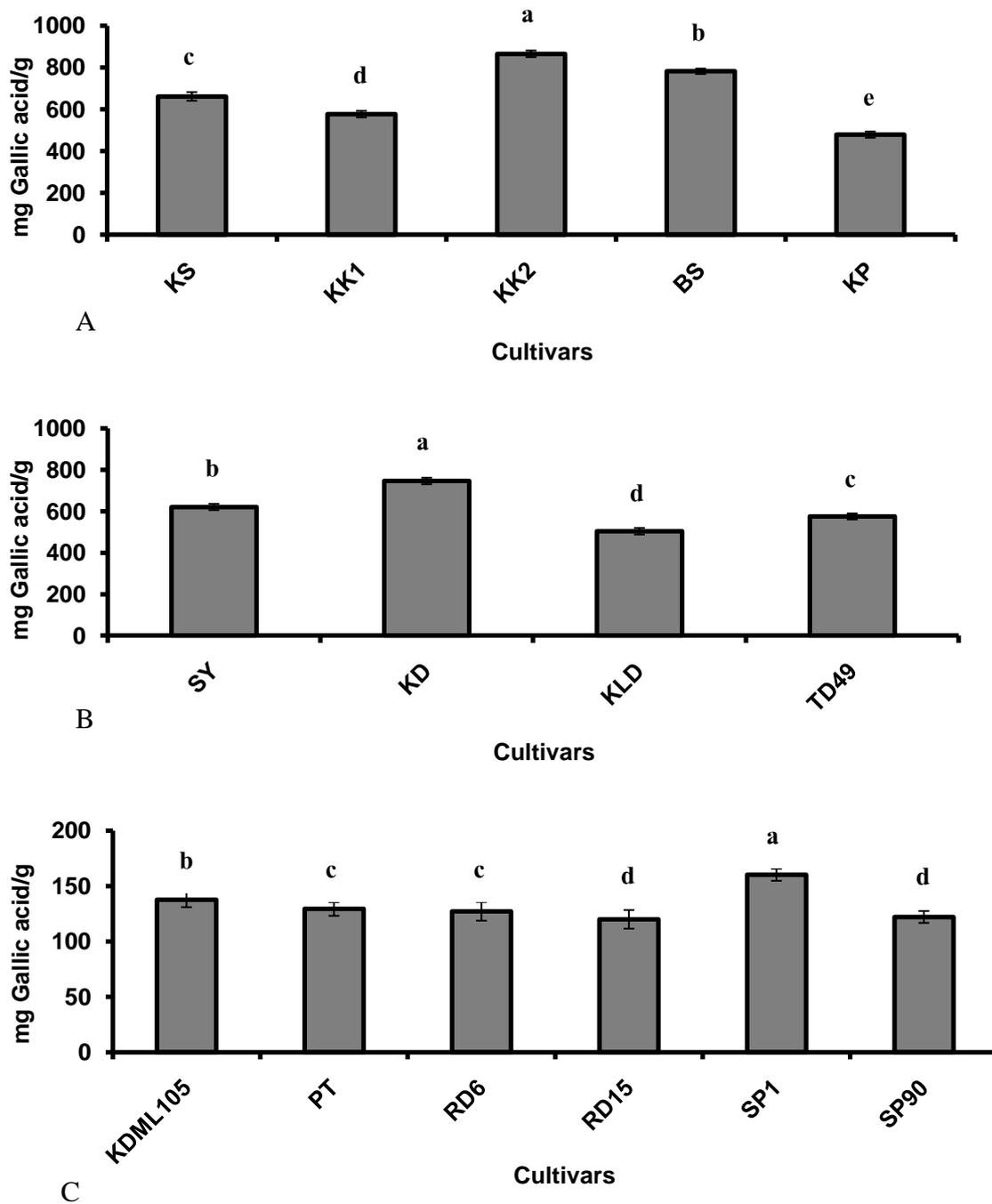
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก และสารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกที่อยู่ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ โดยในขั้นต้นของงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่อยู่ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ไทยทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี 90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี 1 (PT1) ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) เหนียวดำ (BS) กำเฝือก (KP) กำสกลนคร (KS) กำขอนแก่น 1 (KK1) กำขอนแก่น 2 (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) น้ำปราศจากไอออน อย่างเดียว จากผลการทดลองที่ได้นั้น จะพบปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในปริมาณที่สูงในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเฝือก (KP) กำสกลนคร (KS) กำขอนแก่น 1 (KK1) และกำขอนแก่น 2 (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 ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี 90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี 1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) โดยมีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกสะสมอยู่ประมาณ 115-190 mg Gallic acid/g เมื่อสกัดโดยใช้สารสกัดทั้งสามชนิด

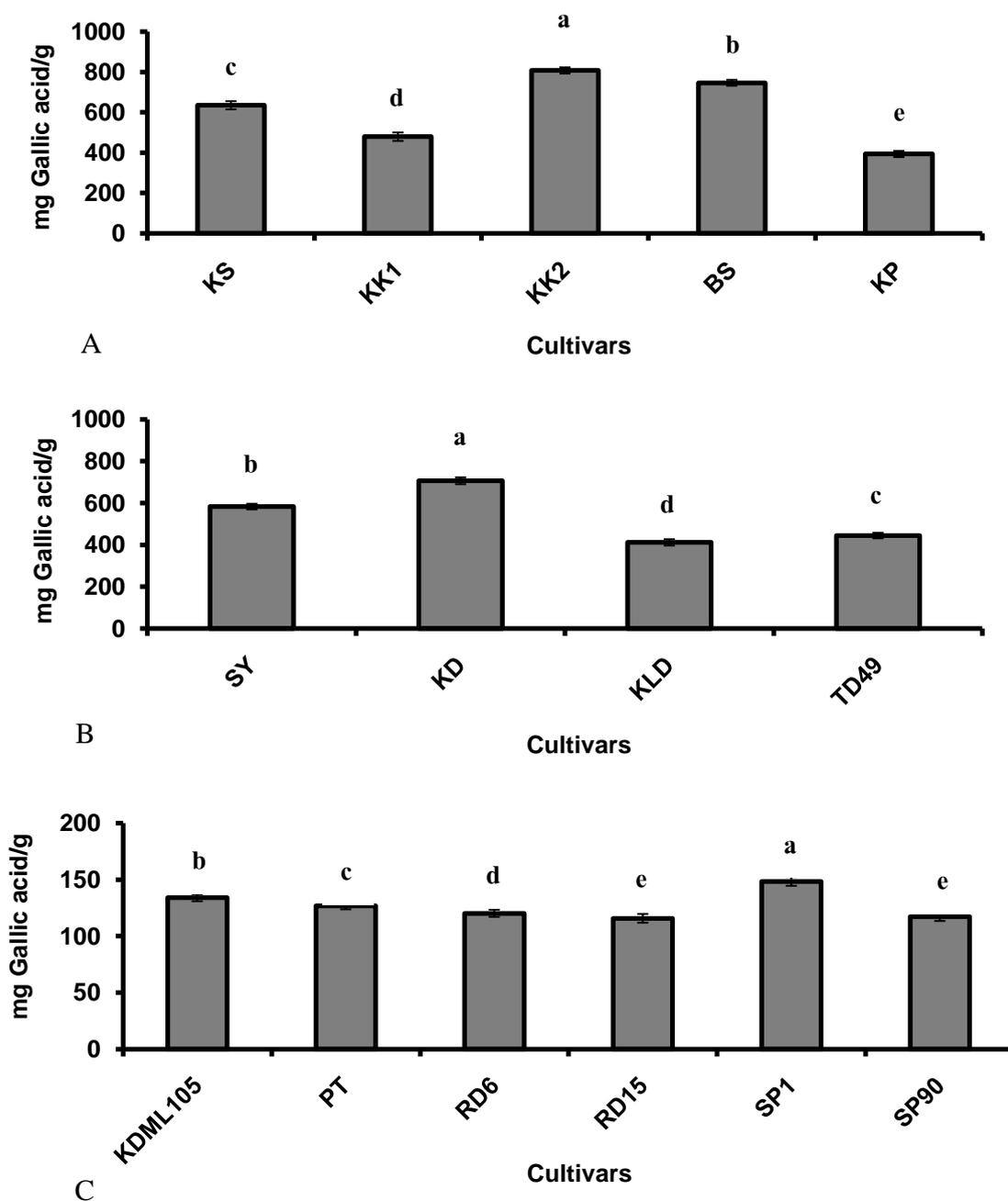
และเมื่อแยกตามชนิดของสารสกัดนั้น จะพบ เมื่อสกัดด้วย เมทานอล :กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 480-865 mg Gallic acid/g ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 500-750 mg Gallic acid/g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



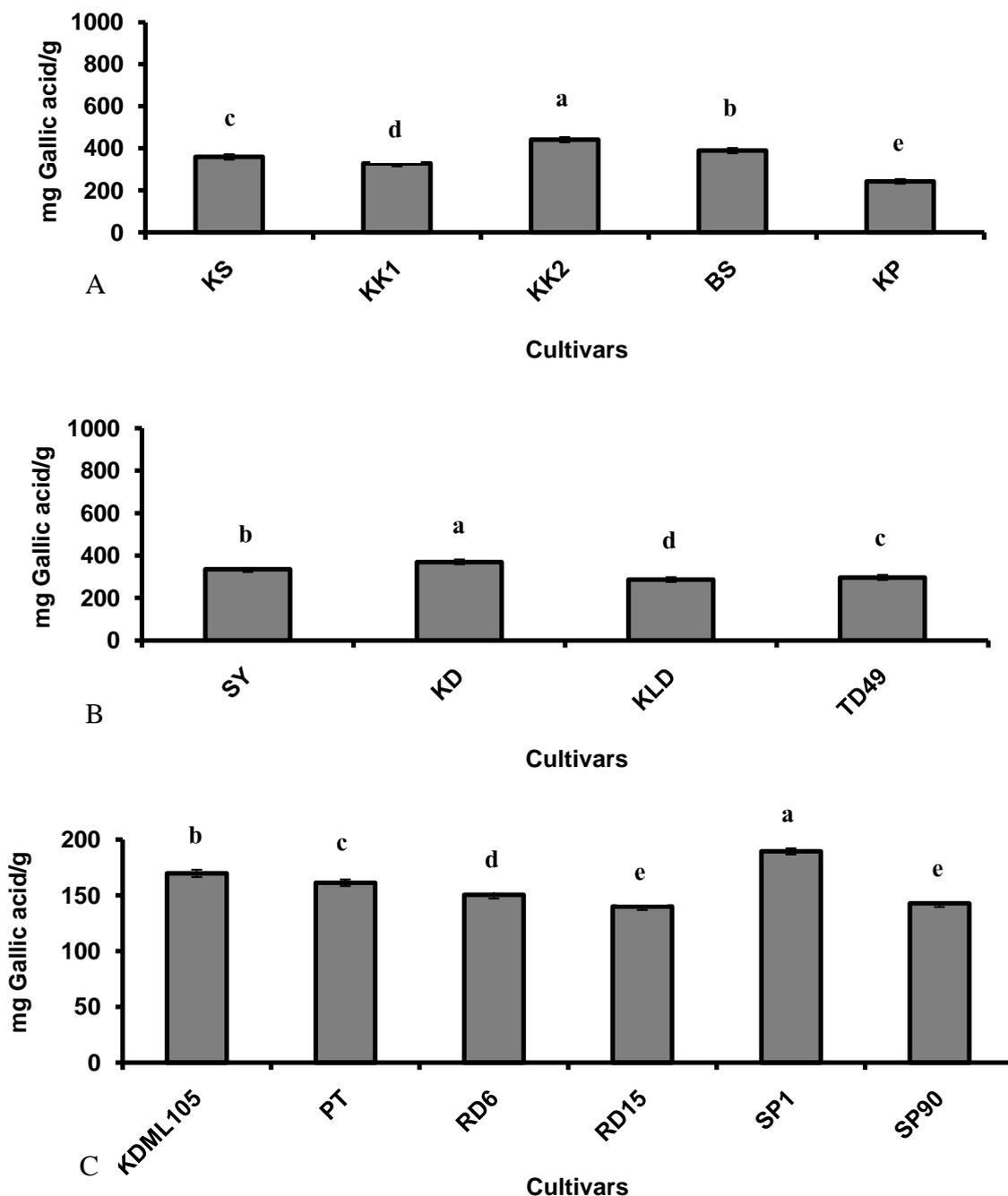
ภาพที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดชาไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดชาที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ชาสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเฝือก (KP) กำสกลนคร (KS) กำขอนแก่น1 (KK1) และกำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดชาที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ชาสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังกัหยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดชาที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ชาสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และชาดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เมื่อสกัดด้วย เมทานอล :กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการ ผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกใน เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 390-800 mg Gallic acid/g ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ด สีแดง อยู่ประมาณ 410-706 mg Gallic acid/g และพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกใน เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสี ขาว อยู่ประมาณ 115-150 mg Gallic acid/g (ภาพที่ 4.2 A-C)

และเมื่อสกัดด้วย น้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว จะพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกใน เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 240-440 mg Gallic acid/g ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกใน เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ด สีแดง อยู่ประมาณ 290-370 mg Gallic acid/g และพบปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสี ขาว อยู่ประมาณ 140-187 mg Gallic acid/g (ภาพที่ 4.3 A-C)



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังกข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และข้าวดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

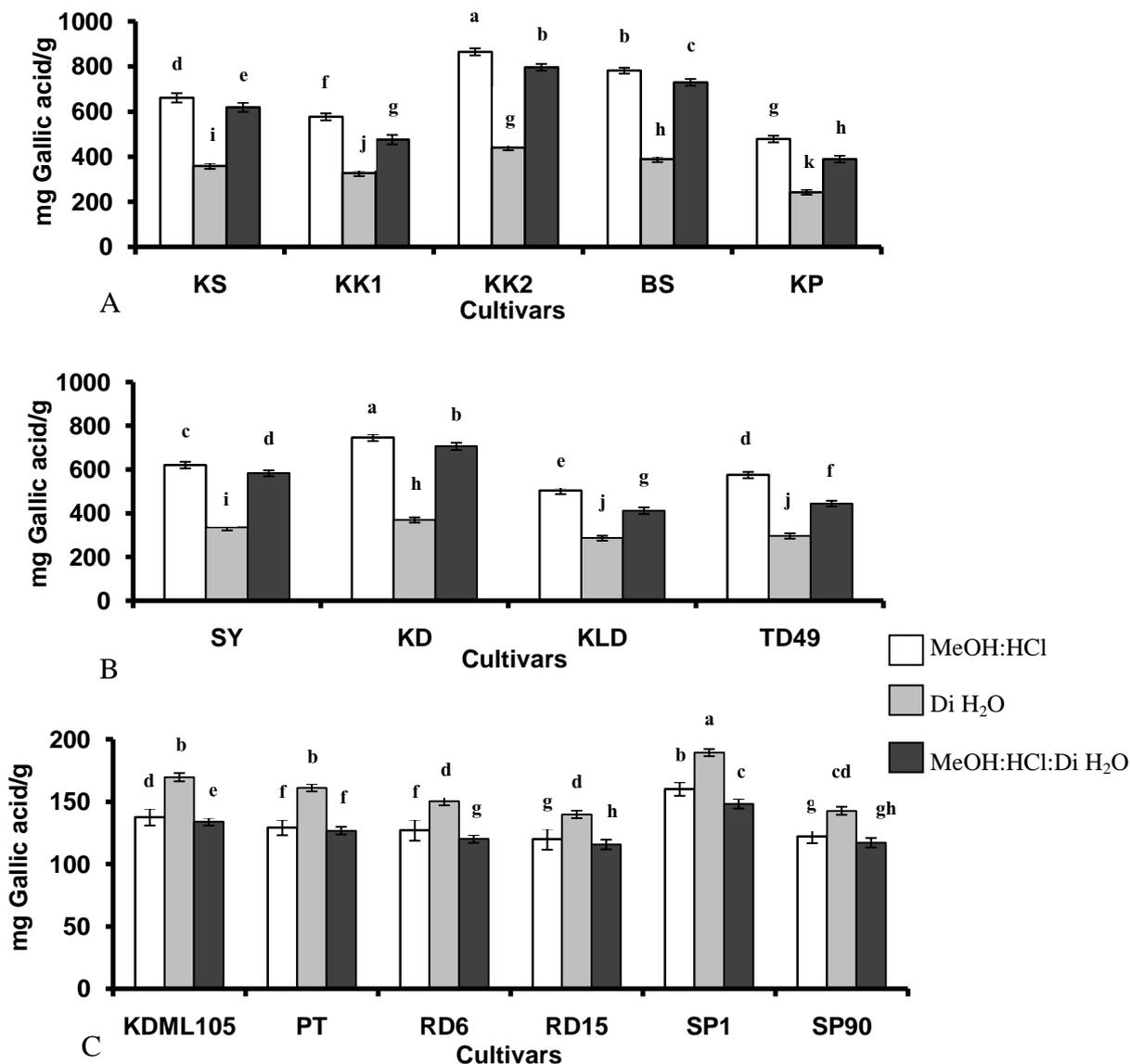


ภาพที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเฟือก (KP) ก่ำสกนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังกข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT) และข้าวดอกมะลิ105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Gallic acid ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Gallic acid equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

และเมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดของสารสกัดที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก จะพบว่า การสกัดด้วย เมทานอล :กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบ ปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง สูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และการสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว

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

สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกนั้นเป็นพฤษเคมี (phytochemical) ที่สำคัญที่อยู่ในพืชหลากหลายชนิด เช่น ธัญพืชชนิดต่างๆ ผักและผลไม้ และมีคุณสมบัติที่หลากหลาย เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น รวมถึงมีปริมาณที่แตกต่างกัน ในพืชแต่ละสายพันธุ์ (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)



ภาพที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) ก่ำเผือก (KP) ก่ำสกลนคร (KS) ก่ำขอนแก่น1 (KK1) และก่ำขอนแก่น2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กู่หลาบแดง (KLD) สังกัหยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และข้าวดอกมะลิ105 (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 $P \leq 0.05$

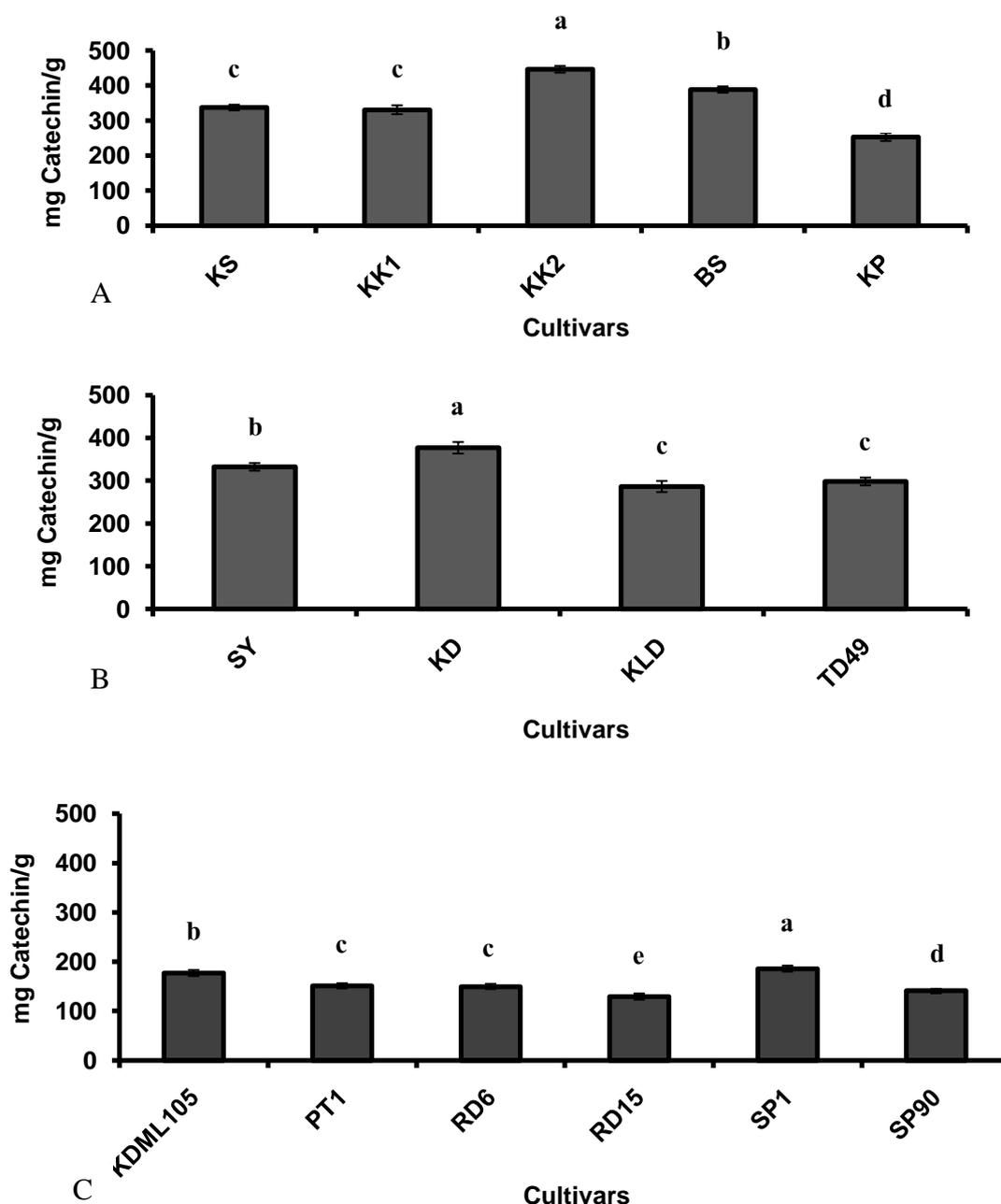
จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำและเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ด สีแดงนั้น มี พบการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในปริมาณที่ สูง และมาก กว่าเมล็ดข้าวที่มี ลักษณะเมล็ดสีขาว เมื่อทำการสกัดด้วยสารสกัดทั้ง 3 ชนิด

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณการสะสมสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ

จากผลการทดลองในตอนต้นที่ 4.1 ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่ อยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) ขาวดอกมะลิ105 (KDML105) เหนียวดำ (BS) กำเฝือก (KP) กำสกลนคร (KS) กำขอนแก่น1 (KK1) กำขอนแก่น2 (KK2) กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD) โดยใช้สารสกัด 3 ชนิด ได้แก่ 1) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ใน อัตราส่วน 99:1 2) เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกับสารสกัดชนิดแรก และ ทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และ 3) น้ำปราศจากไอออน อย่าง เดียว จากผลการทดลองที่ได้ นั้น พบว่ามีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในปริมาณที่สูงในเมล็ดข้าวที่มี ลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเฝือก (KP) กำสกลนคร (KS) กำขอนแก่น1 (KK1) และกำขอนแก่น2 (KK2) และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD) ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ105 (KDML105) จะมีปริมาณน้อยกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และสีแดง

จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงปริมาณการสะสมสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ ต่างๆ ทั้ง 15 สายพันธุ์ดังกล่าว โดยใช้เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer และจากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการสะสมสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าว นั้นมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการสะสมสารประกอบ กลุ่มฟีนอลิก โดยมีปริมาณ การสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในปริมาณที่สูง อยู่ประมาณ 110-450 mg Catechin/g และ 120-380 mg Catechin /g ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และสีแดง ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี90 (SP90) กข6 (RD6) กข15 (RD15) ปทุมธานี1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) โดยมีปริมาณ สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกสะสมอยู่ประมาณ 45-190 mg Catechin/g เมื่อสกัดโดยใช้สารสกัดทั้งสามชนิด

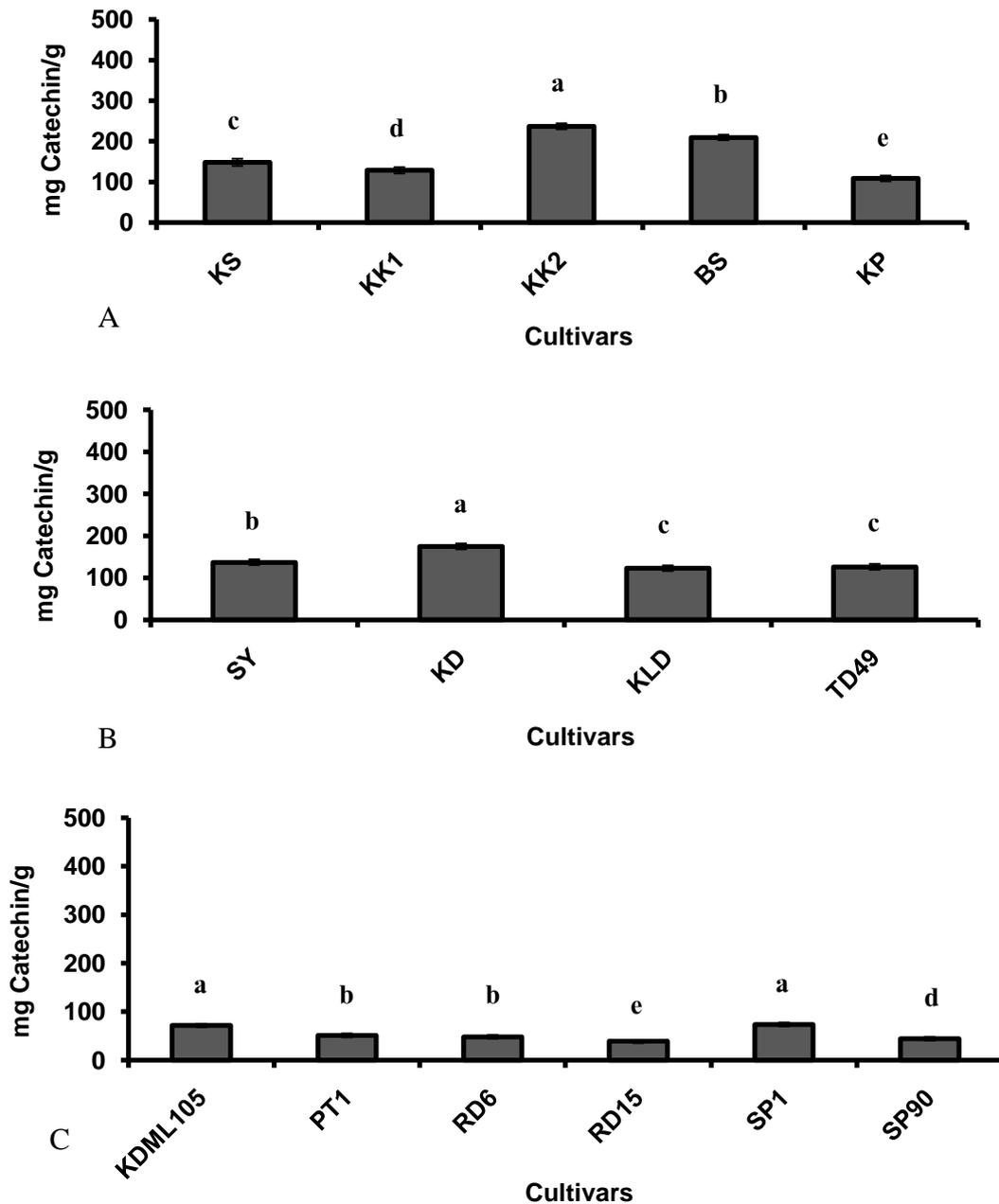
และเมื่อแยกตามชนิดของสารสกัดเช่นเดียวกับการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกนั้น จะพบ เมื่อสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 250-450 mg Catechin/g ปริมาณการสะสม สาร กลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ด สีแดง อยู่ประมาณ 290-380 mg Catechin/g และพบ ปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสี ขาว อยู่ประมาณ 130-190 mg Catechin/g (ภาพที่ 4.5 A-C)



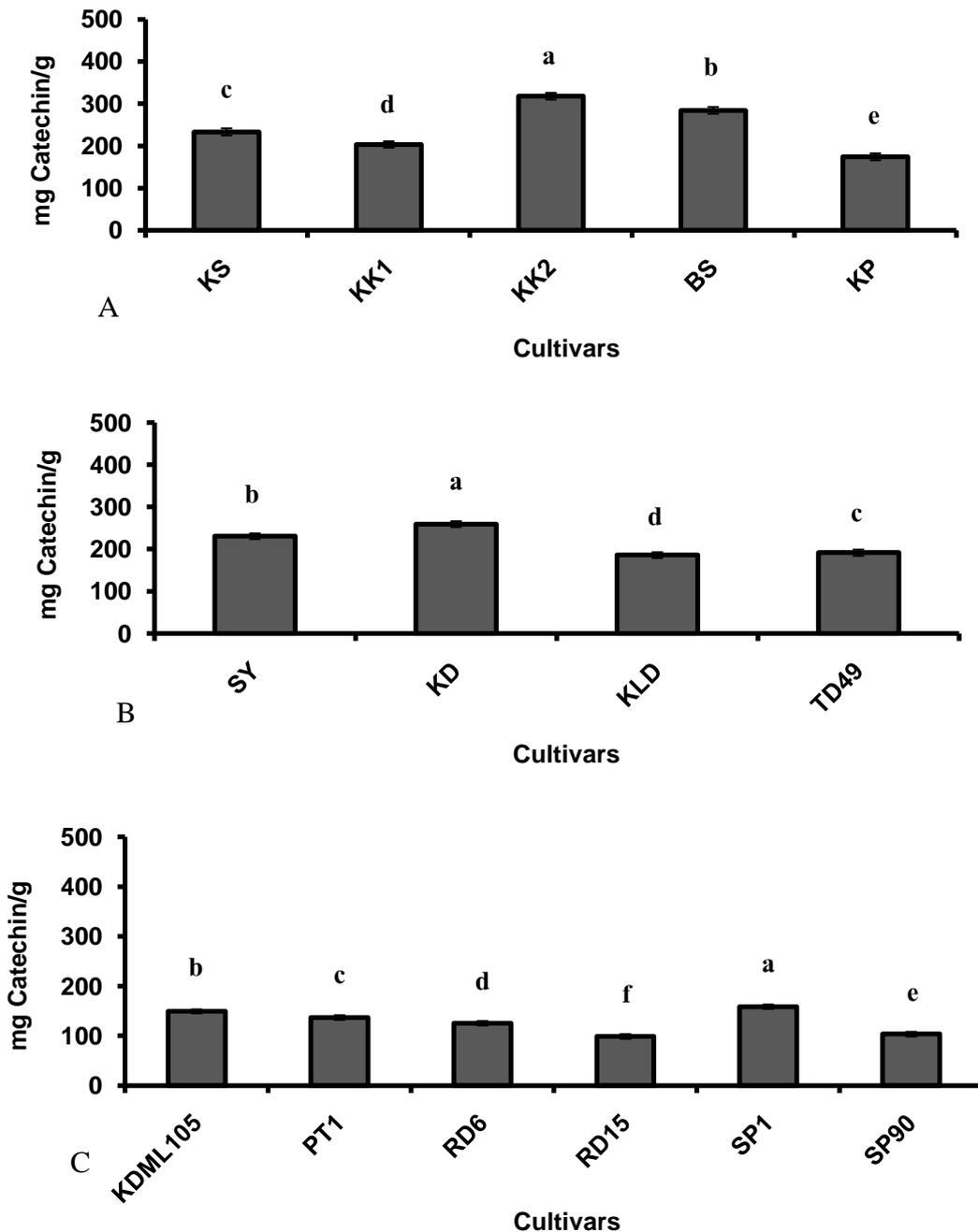
ภาพที่ 4.5 ปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเผือก (KP) กำสกนกร (KS) กำขอนแก่น 1 (KK1) และกำขอนแก่น 2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังกข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี 90 (SP90) กข 6 (RD6) กข 15 (RD15) ปทุมธานี 1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่ต่างกันอย่างแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

เมื่อสกัดด้วย เมทานอล :กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการ ผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 จะพบปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 110-240 mg Catechin/g ปริมาณการสะสมสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง อยู่ประมาณ 120-175 mg Catechin/g และพบปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว อยู่ประมาณ 45-75 mg Catechin/g (ภาพที่ 4.6 A-C)

และเมื่อสกัดด้วย น้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว จะพบปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ อยู่ประมาณ 175-285 Catechin/g ปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ด สีแดง อยู่ประมาณ 190-260 Catechin/g และพบ ปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสี ขาว อยู่ประมาณ 100-160 mg Catechin/g (ภาพที่ 4.7 A-C)



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเผือก (KP) กำสกนกร (KS) กำขอนแก่น 1 (KK1) และกำขอนแก่น 2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สังกข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี 90 (SP90) กข 6 (RD6) กข 15 (RD15) ปทุมธานี 1 (PT1) และข้าวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

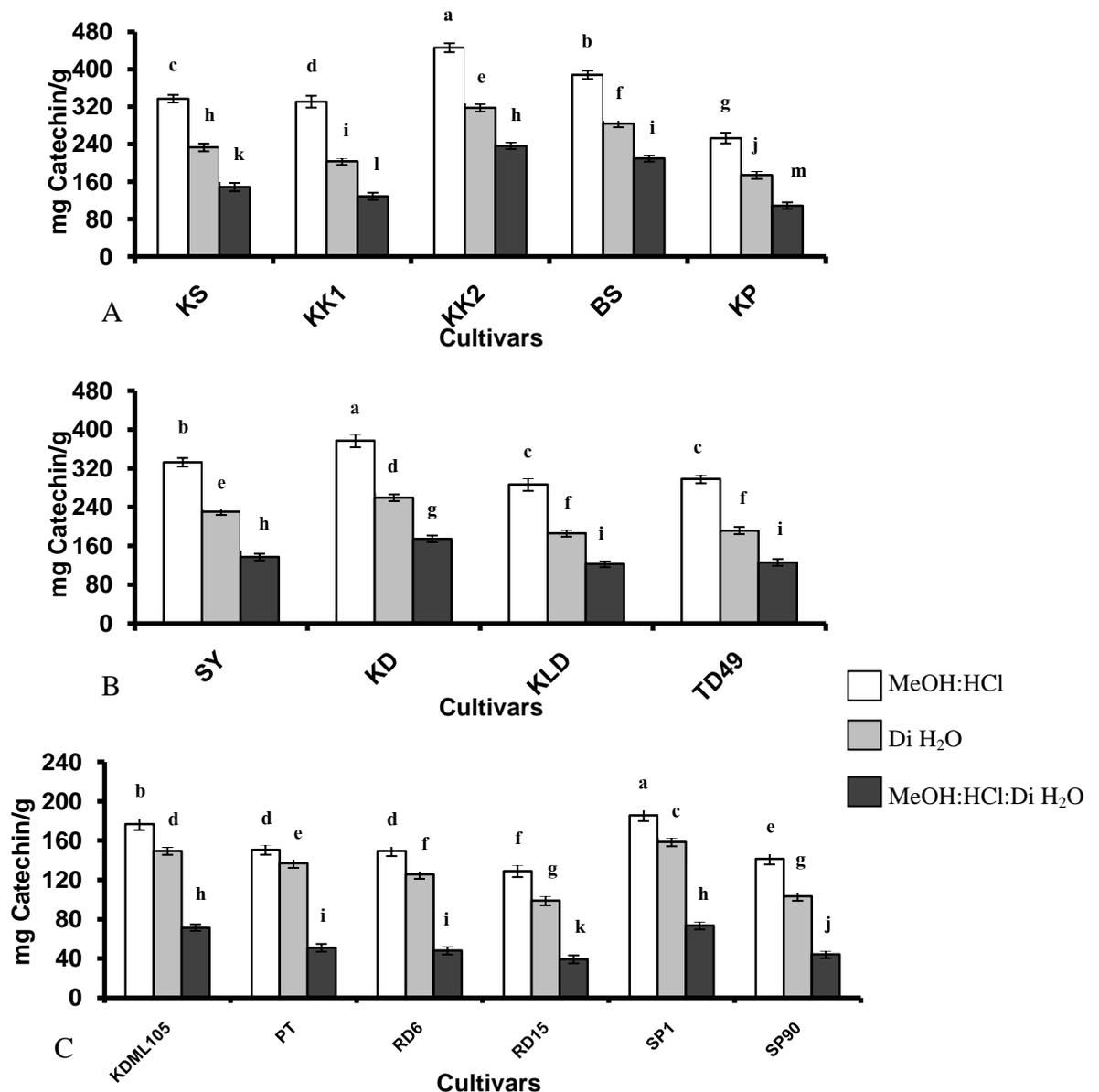


ภาพที่ 4.7 ปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเผือก (KP) กำสกลนคร (KS) กำขอนแก่น 1 (KK1) และกำขอนแก่น 2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุหลาบแดง (KLD) สัจจะหยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี 90 (SP90) กข 6 (RD6) กข 15 (RD15) ปทุมธานี 1 (PT1) และขาวดอกมะลิ 105 (KDML105)] ที่ถูกสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Catechin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Catechin equivalents/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

และเมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดของสารสกัดที่มีผลต่อปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่นเดียวกับการสะสมสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกนั้น จะพบว่าสารสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 จะพบปริมาณการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว สูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 และทำการผสมน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ในอัตราส่วน 3:2 และการสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) เพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 4.8 A-C)

สารกลุ่มฟลาโวนอยด์นั้นจัดเป็นสารกลุ่มใหญ่ที่อยู่ในสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่ง สามารถแบ่งเป็นสารกลุ่มย่อย (subgroups) ได้อีก เช่น ฟลาวานอน (flavanone) ฟลาวอน (flavone) ฟลาวานอล (flavanol) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งมีคุณสมบัติที่หลากหลายคล้ายคลึงกับสารประกอบฟีนอลิก เช่น ฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรค สมองเสื่อม ป้องกันการเกิดโรคหัวใจและระบบไหลเวียนของโลหิต และป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน เป็นต้น (Hodex et al., 2002; Hernandez et al., 2004; Ramos, 2007) จึงมีความน่าสนใจในการวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในพืชหลากหลายสายพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภคหรือเกษตรกรในการเลือกพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกในการเพิ่มรายได้ต่อไป (Sharma, 2006; Solar et al., 2006; Samanata et al., 2011; Brunetti et al., 2013)

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นเมล็ดข้าวที่มีลักษณะ เมล็ด สีม่วง-ดำและเมล็ดข้าวที่มีลักษณะ เมล็ด สีแดงนั้น มี พบการสะสม สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในปริมาณที่ สูง และมากกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว เมื่อทำการสกัดด้วยสารสกัดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้น สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าว ทั้ง 3 กลุ่ม โดยที่ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง จะมีปริมาณที่สูงกว่าปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ที่ทำการสกัดสารดังกล่าวโดยใช้สารสกัดที่เป็นเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 4.8 ปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ (A) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ [ข้าวสายพันธุ์เหนียวดำ (BS) กำเผือก (KP) กำสกกลนคร (KS) กำขอนแก่น 1 (KK1) และกำขอนแก่น 2 (KK2)] (B) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง [ข้าวสายพันธุ์กุลาบแดง (KLD) ตังข์หยด (SY) TD49 และแดง (KD)] และ (C) เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว [ข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) สุพรรณบุรี 90 (SP90) กข 6 (RD6) กข 15 (RD15) ปทุมธานี 1 (PT1) และข้าวดอกมะลิ 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 $P \leq 0.05$

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

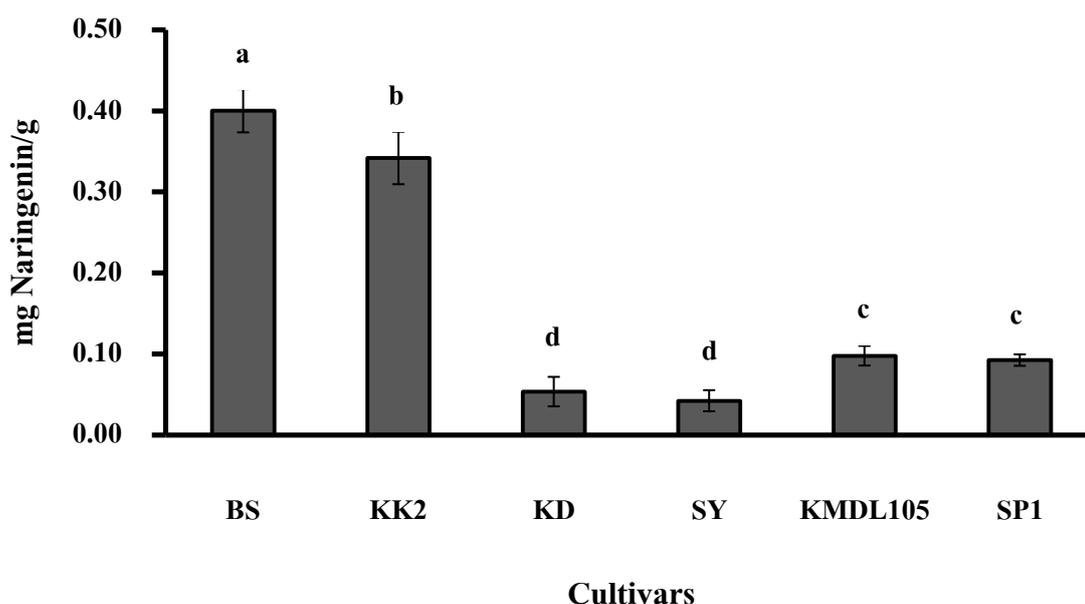
จากนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวสายพันธุ์ตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงในกลุ่มข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์กำขอนแก่น 2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) ซึ่งทำการสกัดสารดังกล่าวด้วยสารสกัดที่เป็น เมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก ในอัตราส่วน 99:1 โดยได้ทำการศึกษาถึงสภาวะและขั้นตอนในการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมสารอนุพันธ์ของกลุ่มฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวด้วยวิธีดังกล่าว จากการทดลองเบื้องต้นสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมสารอนุพันธ์ของกลุ่มฟลาโวนอยด์ ได้แก่ สารกลุ่มฟลาโวนอน (flavanone) สารกลุ่มฟลาโวน (flavone) สารกลุ่มฟลาโวนอล (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. การวิเคราะห์สารกลุ่มฟลาโวนอน (flavanone), ฟลาโวน (flavones) และฟลาโวนอล (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

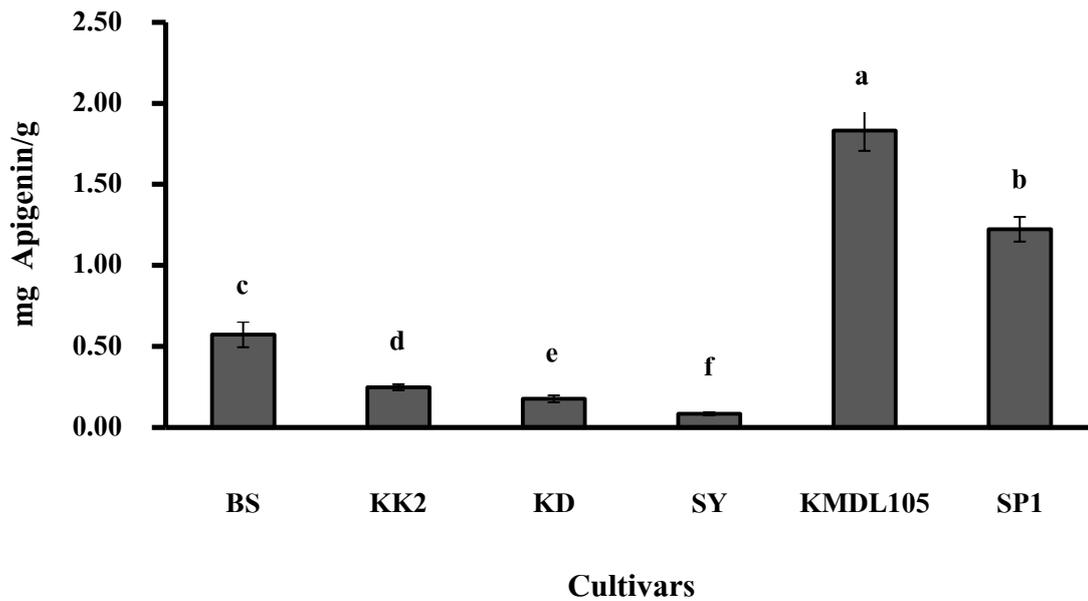
2. การวิเคราะห์สารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) กำหนดให้สภาวะด้วยวิธี HPLC ในการวิเคราะห์ ดังนี้ เฟสเคลื่อนที่ คือ 9% aqueous acetic acid : 100% acetonitrile ปริมาณสารในการฉีด 20 ไมโครลิตร อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิคอลัมน์ 30 องศาเซลเซียส ช่วงความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

โดยทำการเปรียบเทียบ ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในแต่ละกลุ่มกับสารมาตรฐานชนิดต่างๆ ได้แก่ mg Naringenin/g ในสารกลุ่มฟลาโวนอน (flavanone), mg Apigenin/g ในสารกลุ่มฟลาโวน (flavone), mg Quercetin/g ในสารกลุ่มฟลาโวนอล (flavonol) และ mg Cyanidin chloride/g ในสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) จากผลการทดลองที่ได้นั้นแสดงให้เห็นถึงปริมาณสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ในแต่ละกลุ่มที่มีความแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของข้าวที่ทำการทดลอง โดยพบว่าในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์กำขอนแก่น 2 (KK2) จะมีปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอน (0.34-0.40 mg Naringenin/g) ฟลาโวนอล (0.86-1.20 mg Quercetin/g) และแอนโทไซยานิน (58.03-69.83 mg Cyanidin chloride/g) สูงที่สุด ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) มีปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอล (0.16-0.23 mg

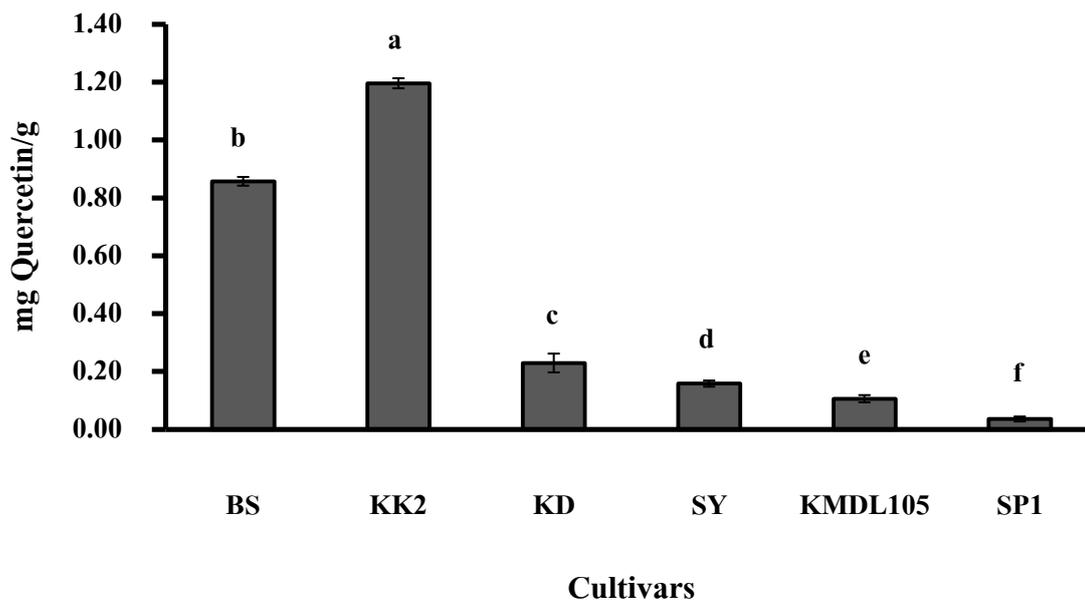
Quercetin/g) และแอนโทไซยานิน (44.43-44.70 mg Cyanidin chloride/g) รองลงมา และในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) จะพบปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอล (0.04-0.11 mg Quercetin/g) และแอนโทไซยานิน (8.75-15.40 mg Cyanidin chloride/g) น้อยที่สุด แต่พบปริมาณสารกลุ่มฟลาโวน (1.22-1.83 mg Apigenin/g) สูงที่สุด และพบปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนิน (0.09-1.00 mg Naringenin/g) สูงกว่าปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนินที่พบในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง (0.04-0.05 mg Naringenin/g) (ภาพที่ 4.9-4.12)



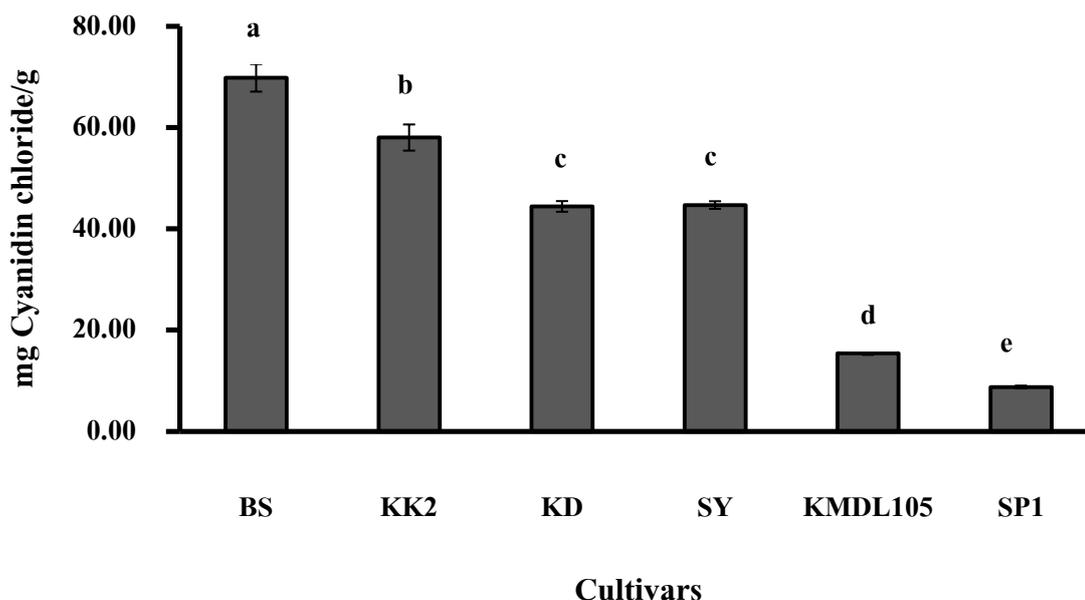
ภาพที่ 4.9 ปริมาณสารสารกลุ่มฟลาโวนิน (flavanone) ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ก่ำขอนแก่น 2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Naringenin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Naringenin/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.10 ปริมาณสารสารกลุ่มฟลาโวน (flavone) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์กำขอนแก่น 2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KMDL105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Apigenin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Apigenin/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$



ภาพที่ 4.11 ปริมาณสารสารกลุ่มฟลาโวนอล (flavonol) ที่สะสมอยู่ภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์ท่าขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KMDL105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Quercetin ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Quercetin/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$



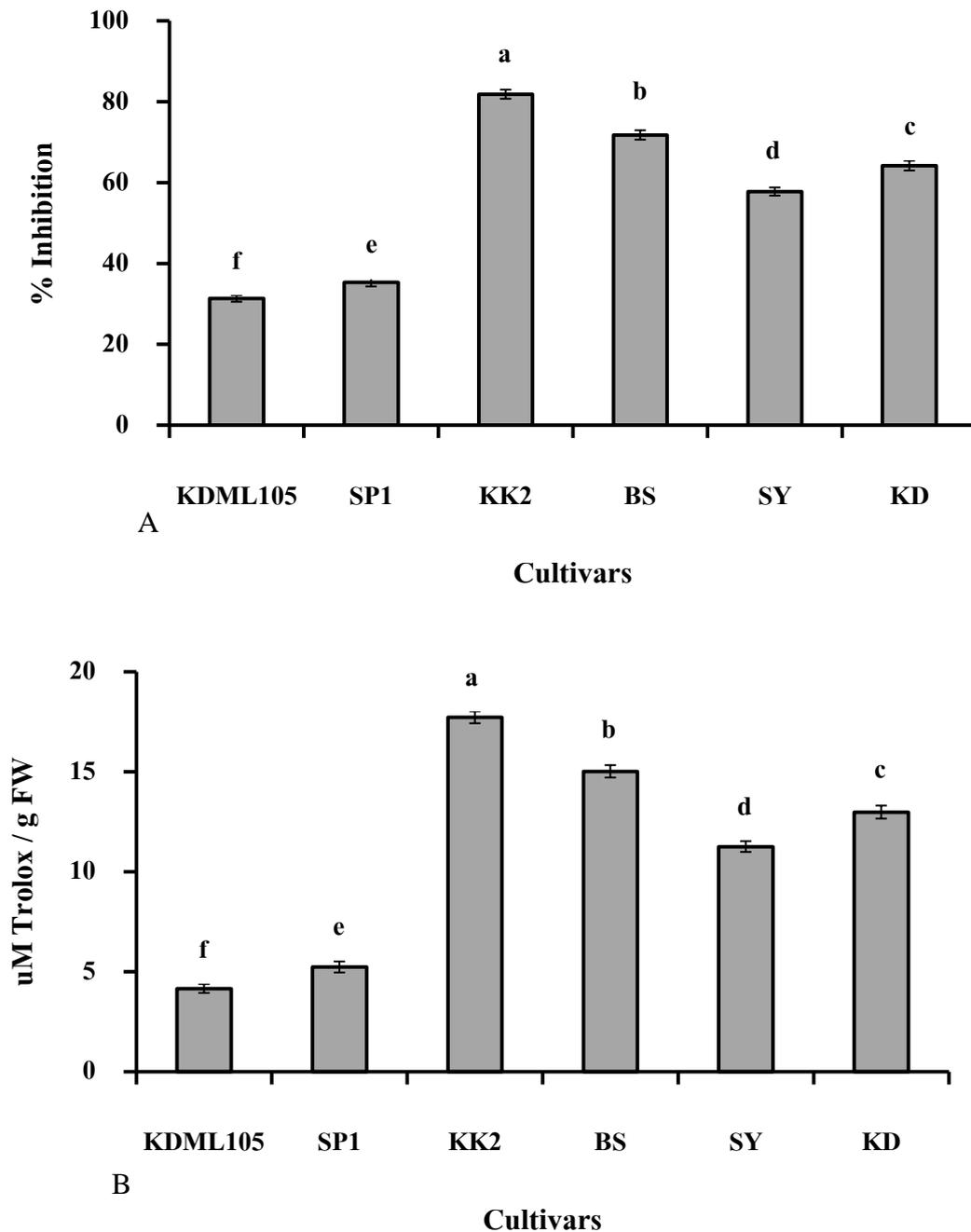
ภาพที่ 4.12 ปริมาณสารสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์กำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (KMDL105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Cyanidin chloride ค่าที่ได้จะแสดงในหน่วย mg Cyanidin chloride/g ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

การวิเคราะห์หาปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี HPLC นั้นสามารถวิเคราะห์ได้ถึงปริมาณสารกลุ่มย่อย (subgroups) เช่น ฟลาวานอน (flavanone) เฟลโวน (flavone) เฟลโวนอล (flavonol) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้ (Olszewska, 2008; Zhao et al., 2010; Min et al., 2011; Ou and Gu, 2014) ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถวิเคราะห์สารกลุ่มฟลาโวนอยด์กลุ่มย่อยได้ในพืชหลากหลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชจำพวกเบอร์รี่ หรือจำพวกพืชสมุนไพร ที่มีปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์กลุ่มย่อยในปริมาณที่สูง ในขณะที่พืชบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารกลุ่มฟลาโวนอยด์กลุ่มย่อยในปริมาณที่ต่ำ เช่น ธัญพืช หรือข้าว เป็นต้น ยังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ปริมาณด้วยวิธีนี้ ทั้งวิธีการสกัด ปริมาณสารที่สกัดได้ สภาพของ เครื่อง HPLC และ/หรือ คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Furukawa et al., 2007; Shen et al., 2009; Chen et al., 2012; Shao et al., 2015)

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

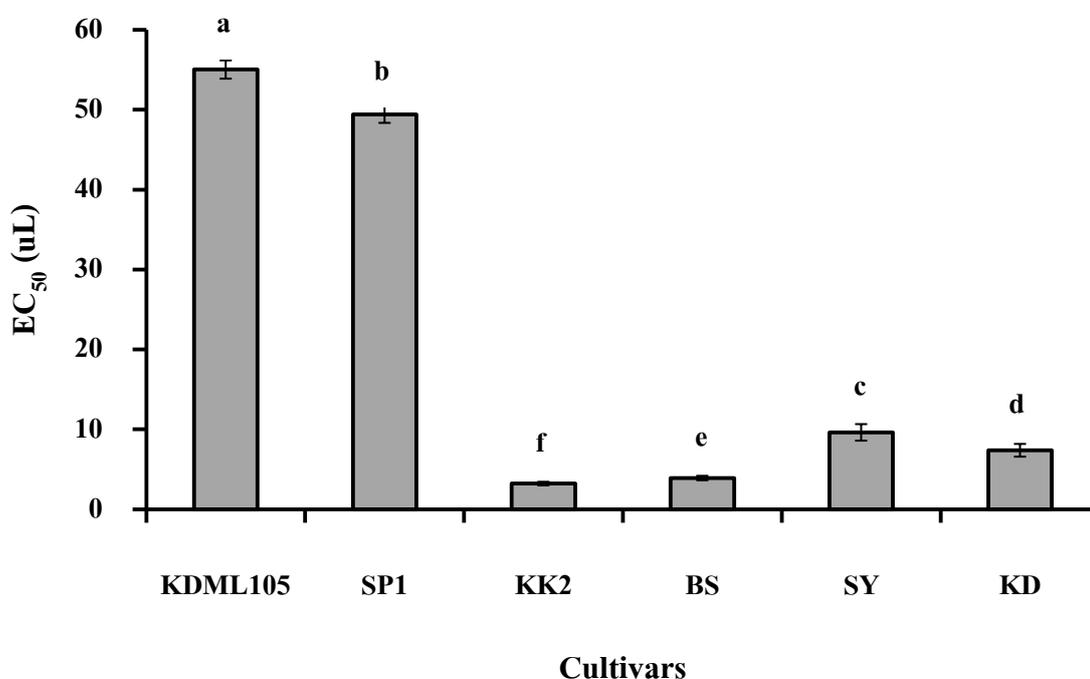
จากนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวสายพันธุ์ตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงในกลุ่มข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์กำขอนแก่น 2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ 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) ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์หา ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า ที่พบปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำเช่นกัน



ภาพที่ 4.13 การวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Inhibition) (A) และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด ($\mu\text{M Trolox} / \text{g FW}$) (B) ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ ได้แก่ สายพันธุ์เหนียวดำ (BS) และสายพันธุ์กำขอนแก่น2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อีกวิธีหนึ่ง โดยได้ทำการวิเคราะห์ในหน่วยของ EC_{50} (The term half maximal effective concentration) ทำการวิเคราะห์จากปริมาณสารสกัดที่ได้จากเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ ที่สามารถยับยั้งปริมาณอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด (50% Inhibition) ผลการทดลองที่ได้พบ ว่าปริมาณสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่สามารถยับยั้งปริมาณอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมดอยู่ที่ ปริมาณ 3.22-55.04 ไมโครลิตร (μL) จากผลการทดลองที่ได้พบว่าสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ (BS และ KK2) ใช้ปริมาณสารสกัด ในปริมาณ น้อยที่สุด 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) และสายพันธุ์กำขอนแก่น 2 (KK2) ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง ได้แก่ สายพันธุ์สังข์หยด (SY) และสายพันธุ์แดง (KD) และข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (KDML105) และสายพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (SP1) ที่สกัดด้วยเมทานอล:กรดไฮโดรคลอริก (99:1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษบนแท่งกราฟที่แตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$

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

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มี ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก และสารกลุ่มฟเลโวนอยด์ ในปริมาณที่สูงนั้น (เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีม่วง-ดำ และเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีแดง) จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ทั้งจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABTS และ DPPH ที่มีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากเมล็ดข้าวที่มีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟเลโวนอยด์ในปริมาณที่ต่ำ (เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดสีขาว)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้สามารถที่จะวิเคราะห์หาปริมาณ สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ โดยพบว่าเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำนั้น จะมีปริมาณ สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ในระดับที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสี แดง และสีขาว อีกทั้ง ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากสารสกัดในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำ ยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ในระดับที่สูงอีกด้วย จึงทำให้ข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ด ที่มีสีม่วง-ดำนั้น น่าจะมีคุณค่าทางสารอาหารที่สูงกว่าข้าวสายพันธุ์ไทยที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีอื่น และมีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น จึงทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำ หรือข้าวไทยสายพันธุ์ที่มีลักษณะเมล็ดที่มีสีม่วง-ดำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์หาปริมาณ สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกและสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งภายในเมล็ดข้าวไทยสายพันธุ์ไทยนั้นอาจจะมีสารอาหารที่มีคุณค่าที่เป็นสารในกลุ่มอื่นอีกได้ รวมทั้งการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ นั้นยังศึกษาในรูปแบบสารสกัดรวม ซึ่งถ้าสามารถแยกสารสกัดที่ได้ออกเป็นสารกลุ่มย่อยๆ และทำการวิเคราะห์ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ นั้น น่าจะทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงชนิดของสารสำคัญที่มีผลต่อการยับยั้งหรือต้านอนุมูลอิสระในอนาคตได้

บทที่ 6

สรุปผลผลิตงานวิจัย

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 2 ปี จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองได้ จากนั้นจึงเริ่มเขียนบทความวิจัยเพื่อสร้างผลผลิตของโครงการวิจัย โดยคาดว่าผลผลิตที่ได้นั้น ส่วนหนึ่งจะมีการนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการหรือตีพิมพ์ในวารสาร วิชาการ ที่อยู่ในฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index (TCI) และอีกส่วนหนึ่งจะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล Scopus หรือ ISI

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:

- 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.
- Ferreira, 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.

- 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., Takamura, 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: chemistry, 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.

- 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.
- Ragaei, 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.

- 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.

- 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.

ภาคผนวก

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2558

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเปรียบเทียบการสะสมสารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ 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-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ดร. สุทธิ ชูดีไพจิตร

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	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	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

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	ค่าจ้างเหมาบริการ วิเคราะห์ปริมาณ สาร	ใบสำคัญ รับเงิน						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	ใบสำคัญ รับเงิน					10,000.00				10,000.00

											-
	รวมครั้งที่ 2		-	-	-	-	30,000.00	-	-	52,000.00	82,000.00
ครั้งที่ 3											
29 เม.ย. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญ รับเงิน					10,000.00				10,000.00
31 พ.ค. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญ รับเงิน					10,000.00				10,000.00
30 มิ.ย. 59	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญ รับเงิน					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

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

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายสุธี ชูดีไพจิตร

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปร.ด.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552
ส.บ.	อาชีวอนามัยและความ ปลอดภัย	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช	2554
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548

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

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2549	ทุนการศึกษา โครงการทุนสถาบันบัณฑิต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST)	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
2554- 2555	ทุนวิจัย รูปแบบการสะสมเอ็นไซม์ต้านอนุมูล อิสระและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการ ตอบสนองต่อสภาวะเกลือและความแห้งแล้งใน ข้าวสายพันธุ์ไทย	กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2556	การศึกษาผลกระทบของการเติมสารอินทรีย์ และโลหะอนุภาคนาโนต่อการชักนำให้เกิดต้น ใหม่ในข้าวสายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 เพื่อ ประสิทธิภาพในการถ่ายโอนยีน	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2557	การศึกษาการใช้แหล่งคาร์บอนชนิดนาโนในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสำหรับข้าวสายพันธุ์ไทย (<i>Oryza sativa</i> 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.

- 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).
-

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. Osmoprotectant 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

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 source 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

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.
