

ผลกระทบของวิธีการให้ความร้อนต่อปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วขอ (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

The Effect of Heating Method on Phenolic and Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Velvet Bean (*Mucuna pruriens* var. *utilis*)

อรุษา ชาวนวลิต^{1,*}, พจนา นุชนิม², สุกัญญา มิ่งใหญ่¹, โสรยา เกตุจรัส¹, ตรีนัฐ โพธารอส³ และ วรารัตน์ เปรมปิยะกิจ⁴

Arusa Chaovanalit^{1,*}, Potjana Nudhim², Sukanya Mingyai¹, Soraya Ketjarut¹, Treesin Potaros³ and Wararat Prempiyakit⁴

Received: April 26, 2024

Revised: July 31, 2024

Accepted: August 13, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาค่าผลของการให้ความร้อน (ต้ม นึ่ง คั่ว) ที่มีผลกระทบต่อปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วขอในแต่ละส่วน (ฝัก เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด) ถั่วขอมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 24.58 ไขมัน ร้อยละ 4.12 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 56.09 โยอาหาร ร้อยละ 1.15 และเถ้า ร้อยละ 4.04 สัดส่วนของถั่วขอประกอบด้วย ฝัก : เมล็ด : เยื่อหุ้มเมล็ด ร้อยละ 75 : 18.71 : 9.86 น้ำหนักสด ปริมาณฟีนอลิกในฝัก เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เท่ากับ 2443.70, 2089.08 และ 1692.46 mg GAE/100g ตามลำดับ ปริมาณฟลาโวนอยด์ในฝัก เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เท่ากับ 250.27, 24.73 และ 243.99 mg QE/100g ตามลำดับ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของฝัก เมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เท่ากับ 1.62, 2.16, และ 4.43 IC₅₀ mg GAE ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในฝักถั่วขอมีปริมาณมากที่สุดส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของฝักถั่วขอสูงที่สุด ปริมาณฟีนอลิกในเมล็ดสูงกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดส่งผลให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดถึงแม้ว่าเยื่อหุ้มเมล็ดมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าเมล็ด ในส่วนของวิธีการให้ความร้อน (ต้ม นึ่ง คั่ว) ต่อเมล็ดถั่วขอทุกวิธีส่งผลทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: ถั่วขอ สารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT

This research aims to study the effects of different heating methods (boiling, steaming, roasting) on the phenolic content, flavonoids, and antioxidant capacity of various parts of velvet beans (pods, seeds, and seed coats). Velvet beans have 24.58% protein, 4.12% fat, 56.09% carbohydrates, 1.15% crude fiber, and 4.04% ash. The proportions of pods, seeds, and seed coats are 75:18.71:9.86% by fresh weight. The phenolic content in pods, seeds, and seed coats is 2443.70, 2089.08, and 1692.46 mg GAE/100g, respectively. The flavonoid content in pods, seeds, and seed coats is 250.27, 24.73, and 243.99 mg QE/100g, respectively. The antioxidant capacity in pods, seeds, and seed coats is 1.62, 2.16, and 4.43 (IC₅₀ mg GAE), respectively. The highest phenolic and flavonoid contents are found in pods, resulting in the highest antioxidant capacity. Seeds have higher phenolic content compared to seed coats, resulting in higher antioxidant capacity despite seed coats having higher flavonoid content. Regarding the heating methods (boiling, steaming, roasting) applied to velvet beans, significant statistical increases ($p \leq 0.05$) in flavonoid content were observed, but no significant effects were found on phenolic content and antioxidant capacity.

Keywords: velvet bean, phenolic, flavonoid, antioxidant activity

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

⁴โปรแกรมพืชวิทยาและโภชนาการเพื่ออาหารปลอดภัยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทนำ

ถั่วขอ หรือ ถั่วครก หรือ velvet bean มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Mucuna pruriens* var. *utilis* เป็นพืชที่พบในทวีปเอเชีย แอฟริกา และเกาะแปซิฟิก ในประเทศไทยพบว่ามี การเพาะปลูกในภาคอีสานและภาคกลาง นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหาร โดยเมื่อเป็นฝักอ่อนสามารถรับประทานได้ทั้งฝัก และสามารถนำไปต้มให้สุกเพื่อกินเมล็ด เมล็ดที่แก่สามารถนำมาทำเป็นอาหารได้ทั้งคาวหวาน ถั่วขอ จัดเป็นพืชที่อยู่ตระกูลเดียวกับหมามุ่ย (*Mucuna pruriens* (L.) DC. ที่มีสาร Levo 3,4 dihydroxyphenylalanine (L-DOPA) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ Dopamine หรือสารสื่อประสาทและมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดโรค Parkinson [1] Tubcharaen et al. (2013) [2] พบว่า ถั่วขอมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 27 และมีกรดอะมิโน ถึง 18 ชนิด ได้แก่ alanine, arginine, aspartic acid, cystine, glutamic acid, glycine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, proline, serine, threonine, tryptophan, tyrosine และ valine ทำให้ถั่วขอเป็นแหล่งของโปรตีนราคาถูกที่สามารถนำไปพัฒนาเป็นอาหารคนและอาหารสัตว์ ได้

นอกจากการเป็นแหล่งของโปรตีนแล้ว ถั่วขอเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่สามารถช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเช่นโรคหัวใจ มะเร็ง เป็นต้น [3] จากงานวิจัยพบว่า ถั่วขอ มีปริมาณฟีนอลิก 41.78-867.5 mg Gallic acid equivalent (GAE)/g ปริมาณฟลาโวนอยด์ 309.65 mg Quercetin equivalent (QE)/g ปริมาณแทนนิน 177-349 mg (Tannic acid equivalent (TAE)/g มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 38.15 mg ascorbate acid equivalents antioxidant capacity (AAEAC)/g ด้วยวิธี DPPH free radical-scavenging activity [4,5]

ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และสารต้านอนุมูลอิสระของถั่วขอแตกต่างกัน เนื่องจากสถานที่เพาะปลูก [5]

ถั่วขอสามารถนำมาแปรรูปด้วยกระบวนการแช่ต้ม นึ่ง คั่ว เป็นต้น ซึ่งการให้ความร้อนจะส่งผลกระทบต่อปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การแช่ถั่วขอ ทำให้ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ลดลง [6] การแช่ด้วยกรดหรือด่างและนำไปต้มส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกลดลงมากกว่าการคั่ว เนื่องจาก การแช่ทำให้ผนังเซลล์นิ่มลงและปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกและแทนนินที่จับตัวกับผนังเซลล์ไปยังน้ำที่ใช้แช่และต้ม [5] เนื่องจากปัจจุบันมีการวิจัยเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในถั่วขอและผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อสารดังกล่าวค่อนข้างน้อย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาผลกระทบของวิธีการให้ความร้อนต่อปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วขอ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมถั่วขอ

ฝักอ่อนของถั่วขอจากจังหวัดนครนายก ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนเมล็ด เยื่อหุ้มเมล็ดและฝัก ดังแสดงใน Figure 1 จากนั้นนำเมล็ด เยื่อหุ้มเมล็ดและฝักไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยแช่แข็งตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระดับห้องปฏิบัติการ (FD-8, Epsilon, Bangkok, Thailand) จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง บดด้วยเครื่องบดสแตนเลสแบบใบมีดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 mesh บรรจุแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่อไป

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹Center of Agricultural Product Innovation and Technology, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

²Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

³Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

⁴Toxicology and Nutrition for Food Safety Program, Institute of Nutrition, Mahidol University.



Seed



Seed coat



Bean pod

Figure 1 Parts of velvet bean

2. วิธีการให้ความร้อน

นำฝักอ่อนของถั่วขอมมาให้ความร้อนด้วยวิธีต่างๆ ดังนี้ วิธีที่ 1 ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในสัดส่วนฝักถั่วต่อน้ำ 1:15 เป็นเวลา 30 นาที วิธีที่ 2 แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ในสัดส่วนฝักถั่วต่อน้ำ 1:15 จากนั้นนำฝักถั่วไปนึ่งด้วยไพลาง 30 นาที กลับถั่วจากด้านบนลงล่าง และนึ่งต่อ 20 นาที วิธีที่ 3 นำฝักถั่วขอมมาแกะเมล็ดถั่วออก นำเมล็ดถั่วไปคั่วที่อุณหภูมิ 75-85 องศาเซลเซียส จนได้สีน้ำตาล ดังแสดงใน Figure 2

ตัวอย่างที่ผ่านการแปรรูปทั้งหมดแกะเมล็ดและลอกเอาเยื่อเมล็ดออก จากนั้นนำเมล็ดไปบรรจุในถุงสุญญากาศแช่แข็งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งระดับห้องปฏิบัติการ แล้วนำตัวอย่างแห้งไปบดด้วยเครื่องบดสแตนเลสแบบใบมีดตัดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปสกัดสารและวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่อไป



Boiling



Steaming



Roasting

Figure 2 Heated velvet bean with seed coat

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงถั่วขอม ค่าความชื้นด้วยวิธี AOAC (2019) Method 925.10 โปรตีนด้วยวิธี AOAC (2019) Method 991.20 ไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2019) Method 922.06 เกล็ดด้วยวิธี AOAC (2019) Method 923.03 โยอาหารแบบหยาบ ด้วยวิธี

AOAC (2019) Method 978.10 และคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีการคำนวณผลจากโภชนาการโดย AOAC (1993) [7, 8]

4. การสกัด

ชั่งตัวอย่างผงถั่วขอม 2 กรัม เติมตัวทำละลายเมทานอล 15 มิลลิลิตร นำไป sonicate โดยเครื่อง Sonicate Bath (S30H, Elma, Switzerland) เป็น

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

⁴โปรแกรมพิษวิทยาและโภชนาการเพื่ออาหารปลอดภัยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

เวลา 15 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (Sorvall legend XFR, fixed rotor 8X250ml, Thermo Fisher scientific Inc., Waltham, MA, U.S.A.) ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกส่วนใส่ออกแล้วนำส่วนกากไปสกัดด้วยเมทานอล ร้อยละ 80 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ส่วนใสที่ได้นำมาผสมกันแล้วนำไประเหยโดยใช้เครื่อง Rotary evaporator (Rotavator R-210, Buchi, Flawil, Switzerland) จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเก็บสารสกัดไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์สารฟลักซ์เคมีและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป ทำการสกัดทั้งหมด 4 ซ้ำ

5. วิเคราะห์

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content)

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric เป็นวิธีดัดแปลงจาก Chaovanalikit et al. (2004) [9] โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานแกลลิก (Gallic acid) เข้มข้น 1,000 ppm แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สารมาตรฐานความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 ppm โดยแยกแต่ละหลอดทดลอง จากนั้นนำสารละลายแกลลิกแต่ละความเข้มข้นหรือสารสกัดถั่วขาว ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร กับ Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 7.5 มิลลิลิตร นำไปบ่มไว้มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที และเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น ร้อยละ 20 (w/v) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer (Vortex-Genie 2, Scientific Industries Inc., Bohemia, NY, USA) และนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (WNB, Memmert, Schwabach, Germany) ที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นแช่อย่างน้ำเย็นทันที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสงในไมโครเพลท (Muitiskan GO, Thermo

Fisher scientific Inc., Waltham, MA, U.S.A) ความยาวคลื่น 755 นาโนเมตร แล้วจึงคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมของแกลลิกต่อน้ำหนักผงถั่วขาว 100 กรัม (mg GAE/100g)

5.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content)

การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดด้วยวิธี Aluminum chloride colorimetric เป็นวิธีดัดแปลงจาก Ordonez et al. (2006) [10] โดยเตรียมสารละลายเคอซีทิน (quercetin) เข้มข้น 1,000 ppm แล้วนำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้สารมาตรฐานความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 ppm โดยแยกแต่ละหลอดทดลอง จากนั้นนำสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นหรือสารสกัดถั่วขาว ปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาเติมสารละลายเมทานอล ปริมาตร 3 มิลลิลิตร อะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น ร้อยละ 10 (w/v) ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร โพแทสเซียมอะซิเตตที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 5.6 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดอุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสงในไมโครเพลทที่มีความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเคอซีทินต่อน้ำหนักผงถั่วขาว 100 กรัม (mg QE/100g)

5.3 การวิเคราะห์ DPPH Radical-Scavenging Activity (DPPH)

การวิเคราะห์ DPPH Radical-Scavenging Activity (DPPH) เป็นวิธีดัดแปลงจาก Hasan et al. (2009) [11] โดยนำสารสกัดจากถั่วขาวเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 5, 25 และ 50 เท่า ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 2, 2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹Center of Agricultural Product Innovation and Technology, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

²Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

³Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

⁴Toxicology and Nutrition for Food Safety Program, Institute of Nutrition, Mahidol University.

ความเข้มข้น 0.002 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในตัวทำละลายเมทานอล ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer บ่มในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสงในไมโครเพลท ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วนำไปคำนวณค่า % DPPH radical inhibition จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical inhibition} = (A-B)/A \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีการทดสอบ

B คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่มีการทดสอบ

จากนั้นนำข้อมูลของแต่ละตัวอย่างมาหาค่า % IC₅₀ โดยวาดกราฟระหว่าง แกน X คือ ปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดเจือจาง (mg GAE) และ แกน y คือ % DPPH radical inhibition จากนั้นทำสมการเส้นตรงเพื่อหาความเข้มข้นที่ % DPPH radical inhibition เท่ากับ 50 จึงจะได้ค่า IC₅₀ ทั้งนี้ ค่า R-square ของสมการเส้นตรงที่ได้อยู่ระหว่าง 0.86-0.99 เมื่อได้ค่า IC₅₀ (mg GAE) แล้วนั้นคำนวณเป็นน้ำหนักของปริมาณตัวอย่างที่มีปริมาณสารฟีนอลิกเท่ากับ IC₅₀

6. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ (Statistical analysis)

นำข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) การวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี LSD ($P \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้ คำนวณโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 (IBM, USA)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วขอ

ถั่วขอมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 24.58 ไขมัน ร้อยละ 4.12 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 56.09 โยอาหาร

ร้อยละ 1.15%และเถ้า ร้อยละ 4.04 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยที่รายงานว่า ถั่วขอมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง ร้อยละ 21.2-28.82 [2, 6, 12, 13] และมีกรดอะมิโนถึง 18 ชนิด มีกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ครบทั้ง 9 ชนิดได้แก่ valine, isoleucine, leucine methionine, phenylalanine, tryptophan, threonine, histidine, and lysine. [2, 6] ทำให้ถั่วขอมีศักยภาพที่จะนำไปต่อยอดพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนทางเลือกได้

2. ปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่างๆ ของถั่วขอ

ถั่วขอ ประกอบด้วย ผัก ร้อยละ 70.75 น้ำหนักสด เมล็ด ร้อยละ 18.71 น้ำหนักสด และเยื่อหุ้มเมล็ด ร้อยละ 9.86 น้ำหนักสด เมื่อนำแต่ละส่วนไปสกัด และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ผักถั่วขอ มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงและค่า IC₅₀ ต่ำ ตามด้วยเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ด ในขณะที่ผักถั่วขอ มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุดตามด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ด (ดัง Table 1 และ Table 2) การที่ค่า IC₅₀ ต่ำหมายถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณสารฟีนอลิกสูงจะให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wojdyato et al. (2007) [14] ที่พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟีนอลิก

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

⁴โปรแกรมพืชวิทยาและโภชนาการเพื่ออาหารปลอดภัยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

Table 1 Total phenolic and total flavonoid contents of velvet bean

Sample	Total phenolic contents (mg GAE/100g)	Total flavonoid contents (mgQE/100g)
Seed	2,089.08±183.18 ^b	24.73±3.36 ^b
Seed coat	1,692.46±174.84 ^c	243.99±15.86 ^a
Pod	2,443.70±120.58 ^a	250.27±12.35 ^a

Remark: ^{a-c} Means within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

พืชตระกูลถั่ว เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเช่น โรคหัวใจ มะเร็ง เป็นต้น [3] Vellingiri and Biesalski [2] พบว่าแบ่งจากเมล็ดถั่วขอมีปริมาณสารฟีนอลิก 5.24-8.65 g/100g น้ำหนักแห้งหามุ่มอินเดีย (*Mucuna pruriens*) ซึ่งมีสายพันธุ์ใกล้เคียงกับถั่วขอมีปริมาณสารฟีนอลิกอยู่ในช่วงระหว่าง 320-4,642 mg GAE/100g [15, 16] ซึ่งปริมาณฟีนอลิกที่รายงานมีความสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกของเมล็ดถั่วขอมในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้ปริมาณฟีนอลิกที่แตกต่างกันอาจเกิดจากสายพันธุ์และวิธีการสกัด [15] ในขณะที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ของเมล็ดถั่วขอม (24.73 mgQE/100g) ในงานวิจัยนี้มีปริมาณน้อยกว่าที่รายงานในเมล็ดจากหามุ่มอินเดีย 225.4 mgQE/100g [14] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของเมล็ดถั่วขอมกับถั่ว

ชนิดอื่นๆ พบว่า มีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์น้อยกว่า ถั่วเหลือง (4,665 mgGAE/100g และ 19,170 mgQE/100g ถั่วลิมา (3,064 mgGAE/100g และ 14,503 mgQE/100g และถั่วเขียว (374-4,532 mgGAE/100g และ 17,316 mgQE/100g [17, 18, 19] ทั้งนี้เมื่อพิจารณาสัดส่วนของส่วนต่างๆ ของถั่วขอม ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วขอม (Table 1 และ Table 2) จะเห็นว่า ถั่วขอม ประกอบด้วยฝักถึง ร้อยละ 70 และฝักของถั่วขอมมีปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงซึ่งสามารถที่จะนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นวัตถุดิบหรือส่วนประกอบอาหารเพื่อสุขภาพได้ ส่วนเมล็ดถั่วขอมถึงแม้จะมีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อย แต่ก็มีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง อีกทั้งมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนจึงสามารถที่จะนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนทางเลือกได้

Table 2 Antioxidant activity of velvet bean

Sample	IC ₅₀ (mg GAE)	IC ₅₀ (g Sample)
Seed	2.16	0.10
Seed coat	4.43	0.26
Pod	1.62	0.07

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹Center of Agricultural Product Innovation and Technology, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

²Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

³Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

⁴Toxicology and Nutrition for Food Safety Program, Institute of Nutrition, Mahidol University.

2. ผลของวิธีการให้ความร้อนต่อที่มีต่อปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วขอ

เมื่อนำถั่วขอไปผ่านความร้อนโดยการต้ม การนึ่งและการคั่ว พบว่าการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Table 3 และ 4) ในขณะที่ความร้อนมีผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 3 และ 4) การที่ความร้อนไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกในเมล็ดถั่วขอคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Duan et al. (2021) [20] ที่พบว่าการแปรรูปเมล็ดถั่วฟาบาด้วยการ dry heat และ wet heat ไม่ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิก แต่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัย Siah et al. (2014) [21, 22] ที่พบว่าการแช่ การต้ม การให้ความร้อนระดับ autoclave และการคั่ว มีผลทำให้ปริมาณฟีนอลิกในถั่วลดลง ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากกระบวนการให้ความร้อนและระยะเวลาการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ของถั่วขอที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการต้ม นึ่ง และ คั่ว จะพบว่า การคั่วหรือความร้อนแห้งทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ลดลงในขณะที่ความร้อนเปียกทั้งการต้มและการนึ่งทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการเตรียมถั่วก่อนให้ความร้อนแตกต่างกันเพราะการคั่วจะให้ความร้อนกับเมล็ดที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดโดยตรง ในขณะที่การต้มและการนึ่งจะให้ความร้อนไปยังฝักถั่วทำให้สามารถรักษาปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในเมล็ดถั่ว และได้รับสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์อิสระจากฝักถั่วเพิ่มเติม ซึ่งมีรายงานจาก Hassan et al. (2021) [23] ที่พบว่าเปลือกฝักถั่วลิสงหลังการต้มและคั่ว มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งกระบวนการให้ความร้อนสามารถสลายปริมาณไกลโคไซด์ของฟลาโวนอยด์ให้กลายเป็นอัลไกลโคนส่งผลให้มีปริมาณฟลาโวนอยด์และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น [24]

Table 3 Total phenolic and total flavonoid contents of fresh and heated Velvet bean

Sample	Total phenolic contents (mg GAE/100g)	Total flavonoid contents (mg QE/100g)
Fresh seed	2089.08±183.18 ^a	24.73±3.36 ^b
Boiled seed	1902.42±182.56 ^a	79.27±9.43 ^a
Steamed seed	2063.65±218.55 ^a	79.49±18.87 ^a
Roasted seed	1958.57±155.92 ^a	39.50±4.09 ^b

Remark: ^{a-b} Means within the same column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

วิธีการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วขอ (Table 4) อาจด้วยวิธีการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อปริมาณฟีนอลิกซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ[10] อย่างไรก็ตามผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัย Chutipanyaporn et al. (2014) [25] ที่พบว่าการใช้ความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มปริมาณฟีนอลิกและ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่ว โดยปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของถั่วปรุงสุก มีค่าประมาณสูงกว่าถั่วดิบถึง 1-3 เท่า ซึ่งความร้อนกระตุ้นให้ผนังเซลล์พืชถูกทำลายและส่งผลให้มีการปล่อยสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากถั่วเพิ่มมากขึ้น

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

⁴โปรแกรมพืชวิทยาและโภชนาการเพื่ออาหารปลอดภัยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

Table 4 Antioxidant activity of fresh and heated Velvet bean

Sample	IC ₅₀ (mg GAE)	IC ₅₀ (g Sample)
Fresh seed	2.16	0.10
Boiled seed	1.85	0.10
Steamed seed	1.70	0.08
Roasted seed	1.85	0.09

สรุปผล

ถั่วขอมมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 24.58 ไขมัน ร้อยละ 4.12 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 56.09 โยอาหาร ร้อยละ 1.15 และเถ้า ร้อยละ 4.04 สัดส่วนของถั่วขอม ประกอบด้วย ฝัก: เมล็ด: เยื่อหุ้มเมล็ด (ร้อยละ 75: 18.71: 9.86 น้ำหนักสด) ฝักถั่วขอมมีปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ตามด้วยเมล็ดถั่วขอมและเยื่อหุ้มเมล็ด ในขณะที่ฝักถั่วขอม มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุด ตามด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดและ เมล็ด แสดงให้เห็นถึงว่าส่วนต่างๆ ของถั่วขอมมีศักยภาพ ในการนำไปพัฒนาต่อยอด โดยฝักถั่วขอมสามารถนำไป พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารฟีนอลิก สูง และเมล็ดถั่วขอมสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ จากโปรตีนพืชได้เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน วิธีการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณของฟลาโวนอยด์ที่ เพิ่มขึ้นแต่ไม่ทำให้ปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญาเลขที่ 533/2565

เอกสารอ้างอิง

[1] Nagashayana, N., Sankarankutty, P., Nampoothiri, M.R.V., Mohan, P.K. and

Mohanakumar, K.P. (2000). Association of L-DOPA with recovery following Ayurveda medication in Parkinson's disease. *Journal of the Neurological Science*. 176(2): 124-127.

[2] Tubcharaen, S., Thammachat, T., Fahrungsang, S., Saardrak, S. and Promdang, S. (2013). Production and utilization of velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis*) for Thailand livestock. 1. The studies of characteristic, nutrient and L-Dopa of velvet bean grown in Kasetsart University, Kamphaengsaen campus. In the 10th National Conference of Kasetsart University, Kamphaengsaen campus. Thailand, pp. 2009-2017. December 6-7, 2013.

[3] Koch, W. (2019). Dietary polyphenols- important non-nutrients in the prevention of chronic noncommunicable diseases. A systematic review. *Nutrients*. 11(5): 1-35. doi:10.3390/nu11051039.

[4] Diniyah, N., Bulgis, U.M., Novi, M. and Marchianti, A.C.N. (2023). Antioxidant activity and phytochemical compositions of *Mucuna pruriens* L. in different conditions of time and temperature extraction. In IOP Conference Series: Earth

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹Center of Agricultural Product Innovation and Technology, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

²Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

³Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

⁴Toxicology and Nutrition for Food Safety Program, Institute of Nutrition, Mahidol University.

- and Environmental Science. 1,177(1): 1-9. doi:10.1088/1755-1315/1177/1/012042.
- [5] Vadivel, V., and Biesalski, H.K. (2012). Bioactive compounds in velvet bean seeds: effect of certain indigenous processing methods. International Journal of Food Properties. 15(5): 1069–1085.
- [6] Baby, C., Kaur, S., Singh, J., and Prasad, R. (2023). Velvet bean (*Mucuna pruriens*): A sustainable protein source for tomorrow. Legume Science. 5(3): 1-12. doi:10.1002/leg3.178.
- [7] AOAC (2019). Official Methods of Analysis (21st ed.). AOAC International, Washington DC.
- [8] AOAC (1993) Methods of analysis for nutrition labeling. AOAC International, Arlington, VA.
- [9] Chaovanalikit, A., Thompson, M.M and Wrolstad, R.E. (2004). Characterization and quantification of anthocyanin and polyphenolics in blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.). Journal of Agricultural Food Chemistry. 52(4): 848-852.
- [10] Ordonez, A.A.L., Gomez, J.D., Vattuone, M.A. and Isla, M.I. (2006). Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts. Food Chemistry. 97(3): 452-458.
- [11] Hasan, R., Hossain, M., Akter, R., Jamila, M., Mazumder, H.E. and Rahman, S. (2009). DPPH free radical scavenging activity of some Bangladeshi medicinal plants. Journal of Medicinal Plants Research. 3(11): 875-879.
- [12] Vadivel, V. and Janardhanan, K. (2000). Nutrient and anti-nutritional composition of velvet bean: An underutilized food legume in South India. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 51(4): 279-287.
- [13] Pugalenti, M., Vadivel, V. and Siddhuraju, P. (2005). Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. *utilis* – A review. Plant Foods for Human Nutrition. 60(4): 201-218.
- [14] Wojdylo, A. Oszmian'ski, J. and Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry. 105(3): 940-949.
- [15] Dhanani, T., Singh, R., Shah, S., Kumari, P. and Kumar S. (2015). Comparison of green extraction methods with conventional extraction method for extract yield, L-DOPA concentration and antioxidant activity of *Mucuna pruriens* seed. Green Chemistry Letters and Reviews. 8(2): 43-48.
- [16] Kavitha, K. (2018). Evaluation of total phenols, total flavonoids, antioxidant and anticancer activity of *Mucuna pruriens* seed. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 11(3): 242-246.
- [17] Sharma, K.R. and Giri, G. (2022). Quantification of phenolic and flavonoid Content, antioxidant activity, and proximate composition of some legume seeds grown in Nepal. International Journal of Food Science. 2022: 1-8. doi:10.1155/2022/4629290.

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

⁴โปรแกรมพืชวิทยาและโภชนาการเพื่ออาหารปลอดภัยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

- [18] Chung, H., Ji, X., Canning, C., Sun, S. and Zhou, K. (2011). Comparison of different strategies for soybean antioxidant extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(7): 4508-4512.
- [19] Yusnawan, E., Sutrisno, S. and Kristiono, A. (2019). Total phenolic content and antioxidant activity of mung bean seed cultivars from optimized extraction treatment. *Buletin Palawija*. 17(1): 1-9.
- [20] Duan, S.-C., Kwon, S.-J. and Eom, S.-H. (2021). Effect of thermal processing on color, phenolic compounds, and antioxidant activity of faba bean (*Vicia faba* L.) leaves and seeds. *Antioxidants*. 10(8): 1-16.
- [21] Siah, S., Wood, J.A., Agboola, S., Konczak, I. and Blanchard, C.L. (2014). Effects of soaking, boiling and autoclaving on the phenolic contents and antioxidant activities of faba beans (*Vicia faba* L.) differing in seed coat colours. *Food Chemistry*. 142: 461-468.
- [22] Siah, S., Konczak, I., Wood, J.A., Agboola, S. and Blanchard, C.L. (2014). Effects of roasting on phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of Australian grown faba beans (*Vicia faba* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. 69:85-91.
- [23] Hassan, A.B., Maiman, S.A.A., Alshammari, G.M., Mohammed, M.A., Alhuthayli, H.F., Ahmed, I.A.M., Alfawaz, M.A., Yagoub, A.E.A., Fickak, A. and Osman, M.A. (2021). Effects of boiling and roasting treatments on the content of total phenolics and flavonoids and the antioxidant activity of peanut (*Arachis hypogaea* L.) pod shells. *Processes*. 9(9): 1-11.
- [24] Xu, B. and Chang, S.K.C. (2008). Effect of soaking, boiling and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*. 110: 1-13.
- [25] Chutipanyaporn, P., Kruawan, K., Chupeerach, C., Santivarangkna C. and Suttisansanee, U. (2014). The effect of cooking process on antioxidant activities and total phenolic compounds of five colored beans. *Food and Applied Bioscience Journal*. 2(3): 183-191.

*Corresponding author e-mail: arusa@g.swu.ac.th

¹Center of Agricultural Product Innovation and Technology, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

²Division of Food Science and Nutrition, Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

³Department of Biology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

⁴Toxicology and Nutrition for Food Safety Program, Institute of Nutrition, Mahidol University.