สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอก
Phytochemical Profiles and Antioxidant Activity of Sprouted Mung Bean and Sprouted Sunflower Seeds

บังอร ประจันบาล[1/] สายใจ ปอสูงเนิน[2/] สมคิด ใจตรง[1/*]
Bung-on Prajanban[1/] Saijai Posoongnoen[2/] Somkit Jaitrong[1/*]

Received 8 Jan. 2024/Revised 25 Feb. 2024/Accepted 6 Mar. 2024

ABSTRACT

Mung beans and sunflowers are widely consumed as vegetables during their early stages of germination. Mung bean and sunflower sprouts contain beneficial substances suitable for the development of healthy food products. The purpose of this study was to compare the effects of germination on the phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivar Chainat84-1 and sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivar Aquara6 hybrid sprouts, as well as to determine the optimal germination period for use as raw materials in the production of nutritious foods. The germinating seeds were evaluated at 0 – 6 days after imbibition (DAI). Moisture content, dry matter, ascorbic acid content, water-soluble protein content, and total phenolic content (TPC) were measured. Antioxidant activities were determined by using 2,2-diphenyl-l-picyrhydrazyl (DPPH) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays. Results showed that sprouting mung bean and sprouting sunflower seeds' moisture content gradually increased, while dry matter decreased with time. Sprouting mung bean had the highest ascorbic acid content at 1 DAI (1.46 mg/100 g FW), whereas sprouting sunflower seeds had the highest ascorbic acid content at 3 DAI (0.58 mg/100 g FW). Water-soluble protein was highest in sprouting mung bean and sprouting sunflower seeds at 0 DAI of 9.81 and 5.16 mg/g FW, respectively. The highest TPC was found in sprouting mung bean at 4 DAI (46.82 mg GAE/g DW) and sprouting sunflower seeds at 0 DAI (134.70 mg GAE/g DW). Sprouting mung bean had the highest antioxidant activities in the DPPH assay at 4 DAI (IC_{50} of 2.07 mg/mL) and FRAP at 6 DAI was 2.93 mg GAE/g DW while sprouting sunflower seeds had

Keywords: mung bean sprouts; sunflower sprouts; phytochemical; antioxidant activity

[1/] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว จ. สระแก้ว 27160
[1/] Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, Sakaeo 27160, Thailand
[2/] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จ. นครราชสีมา 30000
[2/] Division of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand
*** Corresponding author: somkit@buu.ac.th**

the highest DPPH assay value at 0 DAI IC_{50} of 0.19, whereas at 1 and 2 DAI of 0.18 and 0.30 mg/mL, respectively while the highest FRAP value at 0 DAI was 11.62 mg GAE/g DW. The overall results indicated that mung beans and sunflower seeds at 0 DAI had the highest water-soluble protein, suitable for use as raw materials for the protein-based food products. Mung beans at 4 DAI and sunflower seeds at 0 DAI had the highest phenolic compounds and antioxidant activities that are suitable for producing health food products.

บทคัดย่อ

ถั่วเขียวและทานตะวันเป็นพืชที่นิยมรับประทานเป็นผักในระยะต้นกำลังงอก ทั้งถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอกมีสารที่มีประโยชน์เหมาะที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอาหารเพื่อสุขภาพ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการงอกต่อสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวงอก (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) พันธุ์ชัยนาท84-1 และทานตะวันงอก (*Helianthus annuus* L.) พันธุ์ลูกผสมอะควอร่า6 เพื่อหาระยะการงอกที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพ ทำการทดลองโดยให้เมล็ดถั่วเขียวและทานตะวันดูดซับน้ำแล้ว นำมาเพาะเมล็ด 0 - 6 วัน เพื่อทำการวิเคราะห์ความชื้น วัตถุแห้ง กรดแอสคอร์บิก โปรตีนละลายน้ำ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-l-picyrhydrazyl (DPPH) และวิธี ferric reducing antioxidant power ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการงอกมากขึ้นทั้งถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอกมีความชื้นเพิ่มขึ้น ขณะที่น้ำหนักแห้งลดลง โดยถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอก มีกรดแอสคอร์บิกสูงสุดที่ 1 วัน (1.46 มก./100 ก. น้ำหนักสด) และ 3 วัน (0.58 มก./100 ก.น้ำหนักสด) ตามลำดับ โปรตีนละลายน้ำของถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอก สูงสุดที่ 0 วัน คือ 9.81 และ 5.16 มก./ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของถั่วเขียวงอกสูงสุดที่ 4 วัน (46.82 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) ส่วนทานตะวันงอกสูงสุดที่ 0 วัน (134.70 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH ของถั่วเขียวงอกสูงสุดที่ 4 วัน IC_{50} มีค่า 2.07 มก./มล. และวิธี FRAP สูงสุดที่ 6 วัน มีค่า 2.93 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง ขณะที่ทานตะวันงอก ที่ 0 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH สูง IC_{50} มีค่า 0.19 โดยที่ 1 และ 2 วัน มีค่า 0.18 และ 0.30 มก./มล. ตามลำดับ วิธี FRAP ที่ 0 วัน มีค่าสูงที่สุด 11.62 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง ผลการทดลองในภาพรวมแสดงให้เห็นว่า ถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอกที่ 0 วัน มีโปรตีนละลายน้ำมากที่สุด เหมาะที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีน ส่วนถั่วเขียวระยะเวลาการงอกที่ 4 วัน และทานตะวันที่ 0 วัน มีสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

คำสำคัญ: ถั่วเขียวงอก; ทานตะวันงอก; สารพฤกษเคมี; ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

บทนำ

ถั่วเขียว (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) และทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) เป็นพืชที่คนไทยนิยมรับประทานเป็นผักในช่วงระยะต้น

กำลังงอก (มยุรา และคณะ, 2562) ถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอกอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์สูง เช่น กรดแอสคอร์บิก วิตามินอี โปรตีน สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น (Guo et al., 2012) โปรตีนที่พบในเมล็ดพืชที่กำลังงอกเป็นส่วนหนึ่งของโปรตีนในเมล็ดจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ย่อยโปรตีนแล้วเปลี่ยนสภาพเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (water-soluble protein) เพื่อใช้สำหรับการงอก (Xue et al., 2016) ซึ่งโปรตีนที่ละลายน้ำได้เป็นปัจจัยสำคัญทั้งต่อคุณภาพของอาหารและผลผลิตโปรตีนที่แยกได้ โดยพบว่า เมื่อเริ่มต้นการงอกถั่วเขียวมีโปรตีนละลายน้ำ (0.76 มก./ก. น้ำหนักสด) น้อยกว่าถั่วเหลือง (1.74 มก./ก. น้ำหนักสด) และถั่วดำ (1.58 มก./ก. น้ำหนักสด) โดยโปรตีนละลายน้ำของถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 0 - 2 วัน ของการงอก มีค่าสูงสุด 1.89 มก./ก. น้ำหนักสด ซึ่งมากกว่าในเมล็ด 2.49 เท่า ในขณะที่โปรตีนละลายน้ำของถั่วเหลืองและถั่วดำมีค่าผันผวนระหว่าง 1.5 และ 2.0 มก./ก. น้ำหนักสด หลังการงอก 6 วัน โปรตีนละลายน้ำมีแนวโน้มเพิ่มตามการเจริญเติบโต (Xue et al., 2016) กรดแอสคอร์บิกมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นขณะงอก (Guo et al., 2012; Xue et al., 2016) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการงอกของเมล็ด 13 ชนิด โดยทั่วไปพบว่า เมล็ดที่งอกอายุ 7 วัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมล็ดปกติ และเมล็ดที่ชุ่มน้ำ โดยทานตะวันงอกที่ 7 วัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเมล็ดชนิดอื่น ๆ ที่ทำการเพาะงอกที่ระยะเวลาเดียวกัน (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2010) ซึ่งกรดแอสคอร์บิคหรือวิตามินซีนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย ได้แก่ การช่วยรักษาสภาพของเส้นเลือดไม่ให้เปราะแตกง่าย ช่วยสมานเนื้อเยื่อ จำเป็นต่อการสังเคราะห์และการรักษาสภาพของคอลลาเจน สเตรอยด์ฮอร์โมน และเปปไทด์ฮอร์โมน (Hulmes, 1992) มีรายงานว่า กระบวนการงอกช่วยเพิ่มความเข้มข้นของวิตามินและความสามารถเชิงชีวภาพของแร่ธาตุต่าง ๆ ในเมล็ด (El-Adawy et al., 2004) ซึ่งปริมาณกรดแอสคอร์บิกของถั่วเขียวเพิ่มขึ้น 4.5 เท่า หลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 16 ชม. เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเขียวแห้งที่ไม่ได้แช่น้ำ (6.5 มก./100 ก. ของเมล็ด) (Moriyama and Oba, 2008) การศึกษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกจากทานตะวันงอก 7 วัน พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าเมล็ดที่ดูดซับน้ำที่ 18° ซ. นาน 17 ชม. และเมล็ดแห้ง ซึ่งทานตะวันงอกที่ 7 วัน มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ 40.20 มก. Trolox equivalents/ก. ความชื้นฐานแห้งมากกว่าเมล็ดทานตะวันที่ดูดซับน้ำ คือ 25.57 มก. Trolox equivalents/ก. ความชื้นฐานแห้ง (Cevallos-Casals and Cisneros Zevallos, 2010) นอกจากนี้ต้นอ่อนทานตะวันสายพันธุ์แปซิฟิกอายุ 5 วัน มีความ สามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด 14.38 มก. สมมูลของกรดแอสคอร์บิก/100 ก. น้ำหนักสด และมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 73.09 มก. สมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 ก. น้ำหนักสด (มยุรา และคณะ, 2562)

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่าในช่วงการงอกของเมล็ดถั่วเขียวและทานตะวันมีสารอาหารต่าง ๆ ที่มีคุณประโยชน์สูง เมล็ดถั่วเขียวงอกมี quercetin-3-*O*-glucoside สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามระยะเวลาการงอก (Guo et al., 2012) ส่วนทานตะวันงอกอุดมไปด้วยไซนาริน (cynarin: 1,5-dicaffeoylquinic acid) สูง

ซึ่งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นส่วนประกอบอาหารเชิงฟังก์ชัน (functional food components) ที่ช่วยลดคอเลสเตอรอล ลดระดับน้ำตาลในเลือด (Gezer, 2017) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้ง AGEs (advanced glycation end products) ที่อาจเป็นอาหารทางเลือกที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Sun et al., 2012)

การนำถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอกไปพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพจึงมีความเป็นไปได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารอาหาร หรือสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวและทานตะวันแต่ละพันธุ์ในระหว่างกระบวนการงอกอาจแตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของการงอกต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอก โดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 และทานตะวันพันธุ์ลูกผสมอะควอร่า6 เพื่อหาระยะการงอกของเมล็ดที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท84-1 ตราศรแดง (บริษัท อีสท์ เวสท์ซีด จำกัด) และเมล็ดทานตะวันพันธุ์ลูกผสมอะควอร่า6 (บริษัท แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด) ล้างด้วยน้ำสะอาด นำมาแช่ในน้ำกลั่น เป็นเวลา 6 ชม. ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวางบนกระดาษทิชชูชุ่มน้ำ พ่นน้ำกลั่น ปริมาตร 500 มล./วัน ทุก 12 ชม. เก็บไว้ในที่มืดโดยคลุมด้วยผ้าใบทึบแสงที่อุณหภูมิห้อง 28±3° ซ. เป็นเวลา 1 – 6 วัน (ตัวอย่างควบคุม 0 ชม.) ตามกรรมวิธีเพาะงอกเมล็ดถั่วเขียวและเมล็ดทานตะวันในระยะเวลาต่าง ๆ ที่ 0 1 2 3 4 5 และ 6 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ วัดขนาดความยาวของเมล็ดถั่วเขียวและทานตะวัน ภายหลังจากการเพาะงอก 1 วัน จนถึง 6 วัน

2. การหาความชื้นและวัตถุแห้ง

นำถั่วเขียวและทานตะวันที่เพาะงอกระยะเวลาต่าง ๆ น้ำหนัก 10 ก. ทำการทดลองตัวอย่างละ 5 ซ้ำ เพื่อหาความชื้นและวัตถุแห้ง โดยดัดแปลงจากวิธี AOAC (1990) ดังนี้ อบตัวอย่างด้วยตู้อบลมร้อนสุญญากาศ (Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 60° ซ. ความดัน 15 มิลลิบาร์ นาน 72 ชม. จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ และคำนวณปริมาณความชื้นและวัตถุแห้ง

3. การวัดปริมาณกรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี)

นำถั่วเขียวและทานตะวันที่เพาะงอกระยะเวลาต่าง ๆ มาบดละเอียด ชั่งน้ำหนัก 10 ก. แล้วสกัดและปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิก (Merck, Germany) ความเข้มข้น 0.4% ให้ครบ 100 มล. เป็นเวลา 1 ชม. ที่อุณหภูมิ 5±2° ซ. แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นปิเปตสารสกัด ปริมาตร 10 มล. มาวัดปริมาณกรดแอสคอร์บิก ด้วยวิธีการไทเทรตกับสารละลายอินโดฟีนอล (Ajax FineChem, New Zealand) ความเข้มข้น 0.04% จนถึงจุดยุติ โดยคำนวณเทียบกับกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (Fisher Scientific, UK) (AOAC, 1995) ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ไทเทรตซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและนำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณวิตามินซี รายงานเป็น มก./100 ก. น้ำหนักสด

4. การวัดปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำ

นำตัวอย่างถั่วเขียวและทานตะวันที่เพาะงอกน้ำหนัก 1 ก. มาบดให้ละเอียดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) ปริมาตร 5 มล. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4° ซ. จากนั้นนำส่วนใสมาวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford (1976)

5. การสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

นำถั่วเขียวและทานตะวันที่เพาะงอกระยะเวลาต่าง ๆ ที่บดละเอียดแล้ว น้ำหนัก 10 ก. สกัดด้วยอะซิโตน 80% เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman no.1 เก็บในที่มืด อุณหภูมิ 4° ซ. โดยทำการสกัดซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง จากนั้น นำสารสกัดมาระเหยแยกอะซิโตนออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50° ซ. จากนั้นนำสารสกัดมาทำให้แห้งก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์โดยวิธี Folin-Ciocalteu method ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton et al. (1999) และ Guo et al. (2012) เติมสารสกัดความเข้มข้น 2 มก./มล.ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดที่มี deionized water ปริมาตร 400 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu เข้มข้นปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้น เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 7% ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร และ deionized water ปริมาตร 800 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที โดยปิเปตแต่ละตัวอย่างมา 200 ไมโครลิตรเติมลงใน 96-well plate นำมาวิเคราะห์ค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate readers (TECAN Infinite M200Pro, Austria) ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Gallic acid, GAE) หน่วยของสารฟีนอลิก คือ มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง

6. การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

6.1 วิธี 2,2-diphenyl-l-picyrhydrazyl (DPPH)

ทำการวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของนิรามัยและบังอร (2563) โดยนำสารสกัดของถั่วเขียวและทานตะวันเพาะงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 0.25 – 4 มก./มล. ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้น นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate readers (TECAN Infinite M200Pro, Austria) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก นำค่าที่ได้มาคำนวณหา % DPPH radical scavenging และคำนวณหาค่า % การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ที่ 50% (IC_{50}) จากผลการทดลองที่ได้จากการคำนวณหาค่า % DPPH radical scavenging ตามสูตรคำนวณดังนี้

% DPPH radical scavenging = [(Control A517nm – Sample A517nm)/Control A517nm] × 100

Control A517nm = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรของชุดควบคุม

Sample A517nm = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรของตัวอย่างทดสอบ

6.2 วิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

ทำการวิเคราะห์โดยดัดแปลงจากวิธีของนิรามัย และบังอร (2563) โดยทำการเตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยผสมสารละลาย 300 มิลลิโมลาร์ acetate buffer (pH 3.6) สารละลาย 20 มิลลิโมลาร์ $FeCl_3$ และสารละลาย 10 มิลลิโมลาร์ TPTZ ใน 40 มิลลิโมลาร์ HCl นำสารที่ได้มาผสมกันในอัตราส่วน 10:1:1 โดยสารสกัดแต่ละชนิดละลายด้วย DMSO แล้วปิเปตจำนวน 20 ไมโครลิตรลงใน 96-well plate แล้วเติม FRAP reagent จำนวน 180 ไมโครลิตร แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader ซึ่งผลการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน โดยใช้สารมาตรฐานกรดแกลลิกในหน่วย มก. สมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (มก.กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบค่าความแตกต่างของความชื้นวัตถุแห้ง กรดแอสคอร์บิก ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดจากถั่วเขียวเพาะงอกและทานตะวันที่เพาะงอก โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ของข้อมูลหากผลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ least significant difference method (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix8

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ขนาดความยาว

เมล็ดถั่วเขียวและทานตะวัน เริ่มงอกภายหลังจากการเพาะงอก 1 วัน จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขนาดและความยาวในช่วงระยะเวลาที่ทำการเพาะงอก โดยในวันที่ 6 ของการเพาะงอกมีความยาว 24.23 และ 16.88 ซม. ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งระยะการเพาะงอกในวันที่ 6 ถั่วเขียวงอกมีความยาวใกล้เคียงกับกับการศึกษาของ Xue et al. (2016) ที่เพาะถั่วเขียวงอกที่ 6 วันมีความยาว 24.77 ซม. นอกจากนี้ ยังพบว่า ขนาดและความยาวของถั่วเขียวและทานตะวันมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น โดยปริมาณความชื้นของต้นอ่อนถั่วเขียวและทานตะวันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเพาะงอกที่นานขึ้น

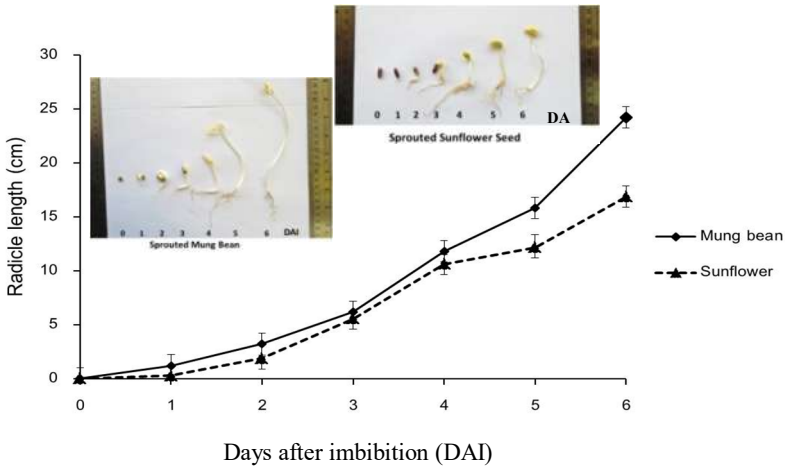

Figure 1 Radicle length of sprouted mung bean and sprouted sunflower seeds at different germination times

2. ความชื้นและวัตถุแห้ง

ปริมาณความชื้นของต้นอ่อนถั่วเขียวและทานตะวันงอกค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามระยะเวลาในการเพาะงอก โดยปริมาณความชื้นในถั่วเขียว ในวันที่ 0 คือ 33.16% และเพิ่มเป็น 91.84% ในวันที่ 6 ของการเพาะงอก ขณะที่ทานตะวัน เพิ่มขึ้นจาก 21.95 เป็น 91.58% (Figure 2) สอดคล้องกับ Shah et al. (2011) พบการเพิ่มขึ้นของระดับความชื้นในเมล็ดถั่วเขียวหลังจากการงอก 96 ชม. ซึ่งปริมาณความชื้นในเมล็ดที่เพิ่มขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณการดูดน้ำของเมล็ด ระยะเวลาในการดูดน้ำ และจำนวนเซลล์ที่ขาดน้ำในเมล็ดพืช (Nonogaki et al., 2010) ในทางตรงกันข้ามวัตถุแห้งค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวัตถุแห้งในต้นอ่อนทานตะวันและถั่วเขียว มีค่าสูงที่สุดในวันที่ 0 คือ 78.05 และ 66.84% จากนั้นลดลงเป็น 8.42 และ 8.16% ในวันที่ 6 ของการเพาะงอก ตามลำดับ (Figure 2)

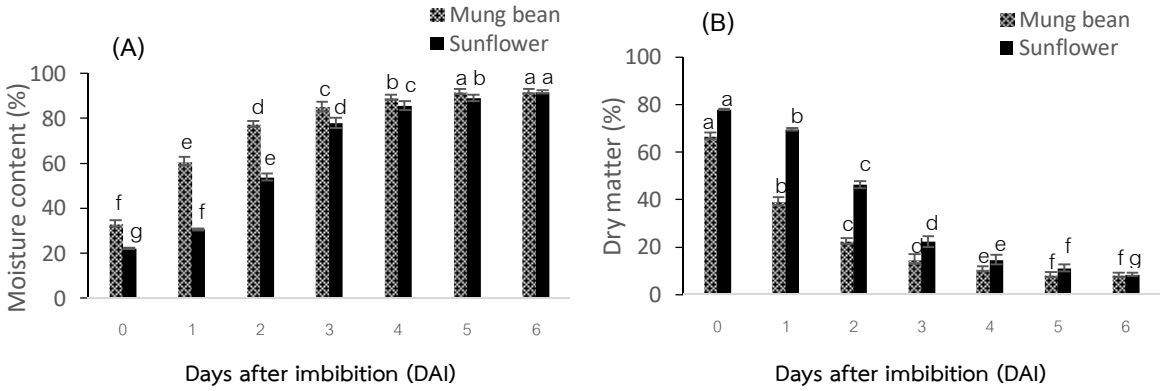

Figure 2 Moisture content (A) and dry matter (B) of sprouted mung bean and sprouted sunflower seeds at different germination times

3. ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในถั่วเขียวงอกมีมากกว่าทานตะวันงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดย ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในถั่วเขียวเพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าทานตะวัน ประมาณ 1 - 2 วัน และสอดคล้องกับการเพิ่มขนาดและความยาวของต้นอ่อน โดยถั่วเขียวงอกมีกรดแอสคอร์บิกสูงสุดที่ 1 วัน (1.46 มก./100 ก. น้ำหนักสด) ขณะที่ทานตะวันงอกพบสูงสุดที่ 3 วัน (0.58 มก./100 ก. น้ำหนักสด) และกรดแอสคอร์บิกค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้น (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Shah et al. (2011) ที่พบปริมาณวิตามินซีในถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากการงอก 24 ชม. นอกจากนี้ Maneemegalai and Nandkumar (2011) พบว่า เมล็ดถั่วเขียวแห้งมีปริมาณกรดแอสคอร์บิก 8.8 มก. เพิ่มเป็น 11.8 7.6 และ 20.6 มก./100 ก. ของเมล็ด หลังจากการงอก 24 48 และ 72 ชม. ตามลำดับ ประกอบกับ Moriyama and Oba (2008) รายงานว่า ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของถั่วเขียวเพิ่มขึ้น 4.5 เท่า หลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 16 ชม. (29.2 มก./100 ก. ของเมล็ด) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเขียวแห้งที่ไม่ได้แช่น้ำ (6.5 มก./100 ก. ของเมล็ด) สอดคล้องกับ Thippeswamy et al. (2015) พบว่า ในเมล็ด

ถั่วเขียวระยะเมล็ดแห้งมีปริมาณกรดแอสคอร์บิก 27 มก. หลังแช่น้ำ 12 ชม. เพิ่มเป็น 79.06 มก. และเพิ่มสูงสุดเป็น 4.2 เท่า ในวันที่ 4 ของการงอก คือ 114 มก./100 ก. ของเมล็ด จากนั้น คงที่ถึงวันที่ 6 และลดลงเป็น 87 มก./100 ก. ของเมล็ดในวันที่ 7 ซึ่งการสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิกที่เกิดขึ้นในระหว่างการงอกมีความสัมพันธ์กับเอนไซม์ L-galactono-γ-lactibe dehydrogenase ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ L-galactono-1,4-lactone เปลี่ยนไปเป็นกรดแอสคอร์บิก แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมของเอนไซม์นี้ช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิกในระหว่างการงอก (Xu et al., 2005) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสังเคราะห์กรดแอสคอร์บิกที่เกิดขึ้นในระหว่างการงอก ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะบริบูรณ์ของเมล็ด สภาวะที่งอก แสง วิธีการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา เป็นต้น (Davey et al., 2000)

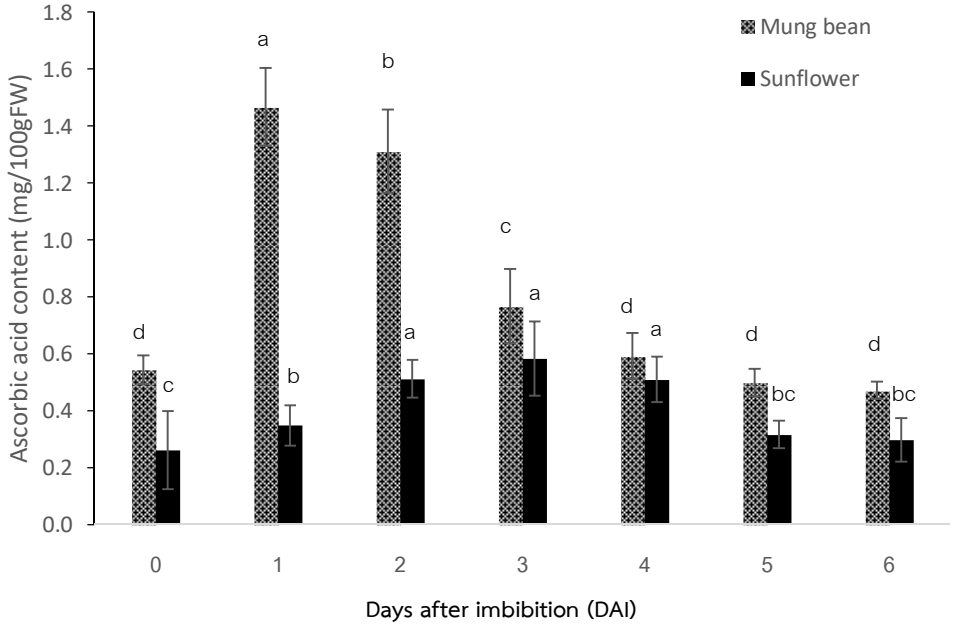

Figure 3 Ascorbic acid content of sprouted mung bean and sprouted sunflower seeds at different germination times

4. ปริมาณโปรตีนละลายน้ำ

ที่ 0 วัน มีปริมาณโปรตีนละลายน้ำสูงที่สุด โดยถั่วเขียวพบโปรตีนที่ละลายน้ำ 9.81 มก./ก. น้ำหนักสด มากกว่าทานตะวันที่พบโปรตีนละลายน้ำ 5.16 มก./ก. น้ำหนักสด ในการเพาะงอกที่ 1 และ 2 วัน ถั่วเขียวพบโปรตีนที่ละลายน้ำ 4.04 และ 3.71 มก./ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ น้อยกว่าทานตะวัน 4.37 และ 4.44 มก./ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ จากนั้นปริมาณของโปรตีนที่ละลายน้ำของถั่วเขียวและทานตะวันเพาะงอกเริ่มลดลงตามระยะเวลาการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้น (Figure 4) อาจเนื่องจากโปรตีนที่เก็บสะสมไว้ในเมล็ด ได้นำมาใช้ในรูปแบบของกรดอะมิโน และต้องการพลังงานที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน เพื่อการเจริญเติบโตในระหว่างการงอกและการพัฒนาเป็นต้นอ่อนของพืชตระกูลถั่ว โดยสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของโปรตีนในเมล็ดและการงอกของเมล็ด (Ohanenye et al., 2020) ซึ่งมีการรายงานปริมาณ

ของโปรตีนที่พบในเมล็ดถั่วเขียว คือ 20.97 - 31.32% (Anwar et al., 2007) ใกล้เคียงกับโปรตีนที่พบในเมล็ดทานตะวัน คือ 33.85% (Petraru et al., 2021) โปรตีนที่ละลายน้ำได้น้อย ทำให้ได้ผลผลิตอาหารน้อย ส่งผลให้โปรตีนเกิดการแยกตัวและตกตะกอน ก่อให้เกิดการกระจายตัวในผลิตภัณฑ์อาหารไม่สม่ำเสมอ โดยโปรตีนที่ละลายน้ำได้มากมีผลต่อคุณภาพของอาหารในด้านคุณสมบัติอิมัลชันและการเกิดฟองที่ดีกว่าโปรตีนที่ละลายน้ำได้น้อย (Lu et al., 2013) ในการศึกษาครั้งนี้พบโปรตีนละลายน้ำตรงกันข้ามกับการรายงานของ Xue et al. (2016) ที่พบว่า ในถั่วเขียวมีโปรตีนละลายน้ำมีนัยสำคัญเพิ่มขึ้นในวันที่เพาะงอก 0 – 2 วัน ซึ่งมีโปรตีนละลายน้ำที่เป็นองค์ประกอบสูงสุด 1.89 มก./ก. น้ำหนักสด แต่ในการทดลองนี้พบว่า ถั่วเขียวและทานตะวันเพาะงอกมีปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำลดลงตามระยะเวลาการงอก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความแตกต่างของสภาวะการงอก และความหลากหลายทางสายพันธุ์ (Xue et al., 2016) ดังนั้น ถ้านำโปรตีนละลายน้ำจากถั่วเขียวและเมล็ดทานตะวันเพาะงอกไปต่อยอดเป็นวัตถุดิบผลิตอาหารโปรตีนเพื่อสุขภาพ ควรนำโปรตีนละลายน้ำในระยะ 0 วัน ภายหลังจากการแช่น้ำกลั่น 6 ชม. ดีที่สุด รองลงมา คือ ระยะเวลาการงอก 1 - 2 วัน ตามลำดับ

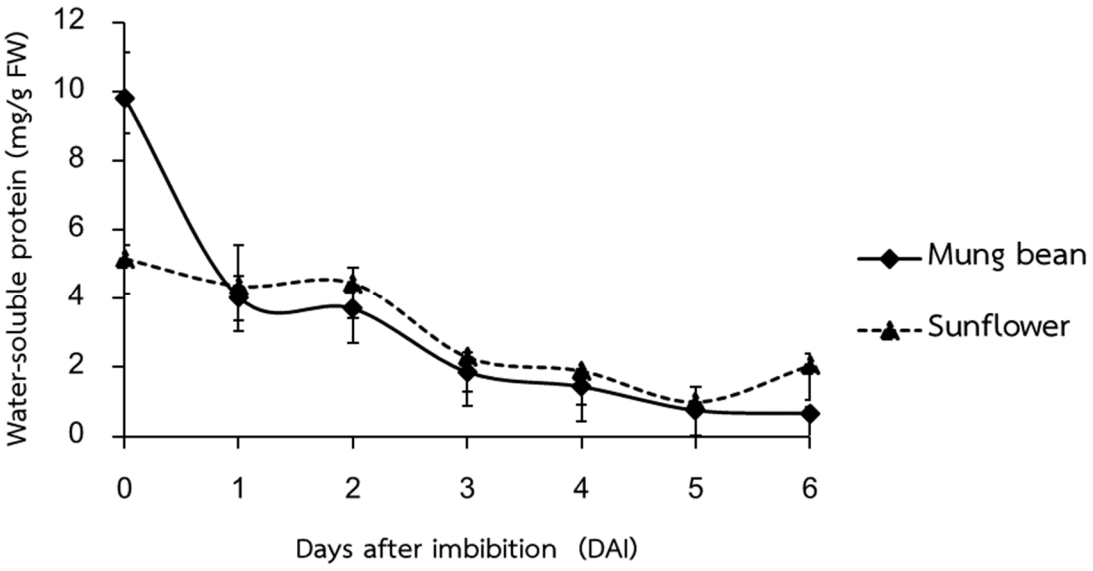

Figure 4 Water-soluble protein content of sprouted mung bean and sprouted sunflower seeds during germination periods

5. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ที่พบในถั่วเขียวสูงสุดที่ระยะเวลาเพาะงอก 4 วัน คือ 46.82±3.27 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง จากนั้นค่อย ๆ ลดลงเมื่อเพาะงอกวันที่ 5 – 6 (Figure 5) อย่างไรก็ตาม ในระหว่างกระบวนการงอก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของทานตะวันมีปริมาณมากกว่าถั่วเขียวเพาะงอก โดยพบมากที่สุด 134.70±4.35 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง ที่ 0 วัน และค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการงอกเพิ่มขึ้นโดย Guo et al. (2012) รายงานว่า สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในถั่วเขียวที่เพาะงอกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เป็น 996.4 มก. กรดแกลลิก/100 ก. น้ำหนักแห้ง ในวันที่ 9 ของการเพาะงอก แต่ในขณะที่ Xue et al. (2016) รายงานว่า

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในถั่วเขียวมากที่สุด คือ 5.79 มก. กรดแกลลิก/ก. ที่ระยะเวลาเพาะงอก 5 วัน ซึ่งปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ของถั่วเขียวและวิธีการสกัด ในระหว่างกระบวนการงอก สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของทานตะวันมีปริมาณมากกว่าถั่วเขียวเพาะงอก และสารประกอบฟีนอลิกของทานตะวันงอกค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต้นอ่อนทานตะวัน 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์จัมโบ้ แปซิฟิก และอาตูเอล เมื่อต้นอ่อนมีอายุเพิ่มขึ้น ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง (มยุรา และคณะ, 2562) และสอดคล้องกับรายงานการงอกจากเมล็ดที่รับประทานได้หรือการเจริญของต้นอ่อน เช่น ทานตะวัน ข้าวสาลี ถั่วเลนทิล และบรอกโคลี มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเมื่อคำนวณในฐานน้ำหนักสดเมื่อต้นอ่อนมีอายุเพิ่มขึ้น เนื่องจาก การดูดน้ำของเมล็ด (imbibition) การเจริญของต้นอ่อน และการดูดซึมน้ำ (water absorption) ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดถูกเจือจางลง (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2010) เช่นเดียวกับผลการทดลองของผู้วิจัยที่พบว่า เมล็ดมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นของทานตะวันงอกเพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 6 วัน (Figure 2A) โดยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการงอกของทานตะวันส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเจือจางลง

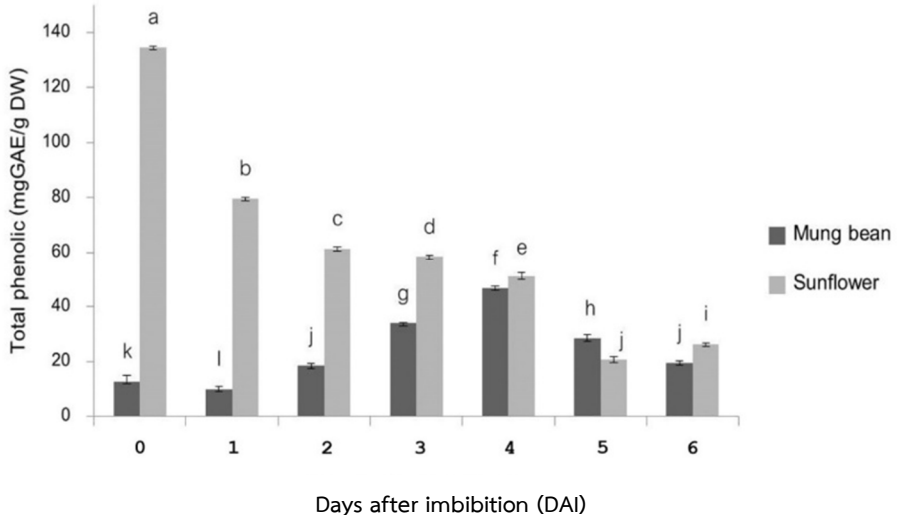

Figure 5 Total phenolic content of sprouted mung bean and sprouted sunflower seeds during germination periods

6. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

สารสกัดที่ได้จากถั่วเขียวงอกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH สูงสุด ที่ระยะเพาะงอก 4 วัน มีค่า IC_{50} 2.07±0.17 มก./มล. ส่วนสารสกัดจากทานตะวันงอก ที่ 0 - 2 วัน มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่า IC_{50} 0.19±0.14 มก./มล. 0.18±0.12 มก./มล. และ 0.30±0.07 มก./มล. ตามลำดับ (Table 1) นอกจากนี้สารสกัดถั่วเขียวมี FRAP ได้ดีที่สุด ที่การเพาะงอก 6 วัน (2.93±0.19 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) ส่วนสารสกัดทานตะวันเพาะงอกที่ 0 วัน มี FRAP ดีที่สุด (11.62±0.26 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) รองลงมา คือ สารสกัดทานตะวันเพาะงอกที่ 1 วัน (11.10±0.53 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) และ 2 วัน (8.66±0.10 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Radical scavenging capacity of sprouted mung bean and sprouted sunflower seeds during germination periods

Plant	Days after imbibition (DAI)	DPPH assay[1/] (IC_{50}, mg/mL)	FRAP[1/] (mg GAE/g)
Mung bean	0	4.84±0.10 a	1.04±0.07 i
	1	4.26±0.21 b	1.23±0.08 i
	2	3.85±0.10 c	1.36±0.05 i
	3	2.86±0.05 d	2.65±0.07 fg
	4	2.07±0.17 f	2.15±0.03 h
	5	2.34±0.01 e	2.38±0.03 gh
	6	2.40±0.03 e	2.93±0.19 ef
Sunflower	0	0.19±0.14 i	11.62±0.26 a
	1	0.18±0.12 i	11.10±0.53 b
	2	0.30±0.07 i	8.66±0.10 c
	3	1.29±0.10 h	5.95±0.19 d
	4	1.67±0.05 g	2.73±0.03 fg
	5	1.73±0.14 g	2.60±0.01 fg
	6	1.86±0.11 fg	3.26±0.09 e
Ascorbic acid	-	0.31±0.18	ND

[1/] Means in the same column followed by a commonletter are not significantly difference at the 5% level by LSD
ND = No determination

การงอกของผักและพืชอื่น ๆ เป็นแหล่งของอาหารที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Baczek-Kwinta and Sala, 2012) จากการนำสารสกัดที่ได้จากถั่วเขียวงอกพันธุ์ชัยนาท84-1 และทานตะวันงอกพันธุ์ลูกผสมอะควอร่า6 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และการรีดิวซ์เหล็กเฟอริก เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเพาะงอก พบว่า ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้นตามความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นทั้งในถั่วเขียวและทานตะวันเพาะงอก ทานตะวันเพาะงอกมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ซึ่ง Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos (2010) พบว่า เมล็ดทานตะวันมีสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นองค์ประกอบที่มีโครงสร้างของโมเลกุลหลายตำแหน่งที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของ DPPH ได้ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมล็ดทานตะวันจะมีการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก เพื่อเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของไฮโพคอทิล เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะถูกกระตุ้นโดยปัจจัยของสิ่งแวดล้อมในระยะแรกของการงอกซึ่งมากกว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั่วไป โดยต้นอ่อนทานตะวันภายหลังจากการเพาะงอกวันที่ 6 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงด้วย

สรุปผลการทดลอง

การเปรียบเทียบผลของการงอกต่อการเปลี่ยนแปลงของสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ถั่วเขียวงอกพันธุ์ชัยนาท84-1 มีกรดแอสคอร์บิกสูงสุดที่ 1 วัน (1.46 มก./100 ก. น้ำหนักสด) ขณะที่ทานตะวันงอกพันธุ์ลูกผสมอะควอร่า6 พบสูงสุดที่ 3 วัน (0.58 มก./100 ก. น้ำหนักสด) แล้วค่อย ๆ ลดลง ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำของถั่วเขียว และทานตะวัน ที่ 0 วัน คือ 9.81 และ 5.16 มก./ก. น้ำหนักสด ตามลำดับ จากนั้นโปรตีนก็ค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลาการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้น ถั่วเขียวงอกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดที่ 4 วัน (46.82 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) ส่วนทานตะวันงอกสูงสุดที่ 0 วัน (134.70 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) หลังจากนั้นสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดค่อย ๆ ลดลง โดยถั่วเขียวมีความสามารถในต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ที่การเพาะงอก 4 วัน โดย IC_{50} มีค่า 2.07±0.17 มก./มล. และมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริกได้สูงสุดที่การเพาะงอก 6 วัน (2.93±0.19 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ทานตะวันมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามระยะเวลาการเพาะงอกที่เพิ่มขึ้น โดยสารสกัดจากทานตะวันงอกที่ 0 - 2 วัน ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด IC_{50} มีค่า 0.19±0.14 0.18±0.12 และ 0.30±0.07 มก./มล. ตามลำดับ และมีความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอริก 11.62±0.26 11.10±0.53 และ 8.66±0.10 มก. กรดแกลลิก/ก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับผลการทดลองสรุปได้ว่า ถั่วเขียวงอกและทานตะวันงอกที่ 0 วัน มีโปรตีนละลายน้ำมากที่สุด เหมาะที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีน ส่วนถั่วเขียวงอกที่ระยะเวลา 4 วัน และทานตะวันที่ 0 วัน มีสารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นิรามัย ฝางกระโทก และบังอร ประจันบาล. 2563. ผลของสารสกัดเอธานอลใบชายาต่อการเกิดโฟมเซลล์และผลของอายุใบและฤดูกาลเก็บเกี่ยวต่อปริมาณสารพฤกษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระความเป็นพิษต่อเซลล์และการสร้างไนตริกออกไซด์. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน. 16(3): 67-77.

มยุรา ทองช่วง ฉัตรกมล คุณสมบัติ รุ้งนภา โต๊ะทอง วรรณี นาคนาวา กิติศาสตร์ กระบวน วชิราภรณ์ อาชวาคม และนุชนาถ วุฒิประดิษฐกุล. 2562. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทานตะวันสายพันธุ์ต่าง ๆ และอายุที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. 18(2): 79-96.

Anwar, F., S. Latif, R. Przybylski, B. Sultana and M. Ashraf. 2007. Chemical composition and antioxidant activity of seeds of different cultivars of mungbean. Journal of Food Science. 72: 503-510.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, V. A. USA.

Baczek-Kwinta R. and A. Sala. 2012. What the antioxidant activity of sprouts depends on?. Oxidation Communications. 35: 990-1000.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

Cevallos-Casals, B.A. and L. Cisneros-Zevallos. 2010. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. Food Chemistry. 119: 1485-1490.

Davey, M.W., M.U. Montagu, D. Inze, M. Sanmartin, A. Kanellis and N. Smirnoff. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80: 825-850.

El-Adawy, T.A., E.H. Rahma, A.A. El-Bedawey and A.E. El-Beltagy. 2004. Nutritional potential and functional properties of germinated mung bean, pea and lentil seeds. Plant Foods for Human Nutrition. 58(3): 1-13.

Gezer, C. 2017. Potential health effects of the popular compound of artichoke: Cynarin. Progress in Nutrition. 19(1): 5-9.

Guo, X., T. Li, K. Tang and R.H. Liu. 2012. Effect of germination on phytochemical profiles and antioxidant activity of mung bean sprouts (*Vigna radiata*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 11050-11055.

Hulmes, D.J. 1992. The collagen super family-diverse structures and assemblies. Essays in Biochemistry. 27: 49-67.

Lu, W., Z. Wen, H. Li, D. Yuan, J. Li, H. Zhang, Z. Huang, S. Cui and W. Du. 2013. Identification of the quantitative trait loci (QTL) underlying water-soluble protein content in soybean. Theoretical and Applied Genetics. 126(2): 425–433.

Maneemegalai, S. and S. Nandakumar. 2011. Biochemical studies on the germinated seeds of *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek, *Vigna mungo* (L.) Hepper and *Pennisetum typhoides* (Burm f.) Stapf and CE Hubb. International Journal of Agricultural Research. 6(7): 601-606.

Moriyama, M. and K. Oba. 2008. Comparative study on vitamin C contents of food legume seeds. Journal of Nutritional Science and Vitaminology. 54(1): 1-6.

Nonogaki, H., G.W. Bassel and J.W. Bewley. 2010. Germination-still a mystery. Plant Science. 179: 574-581.

Ohanenye, I.C., A. Tsopmo, C.E. Ejike and C.C. Udenigwe. 2020. Germination as a bioprocess for enhancing the quality and nutritional prospects of legume proteins. Trends in Food Science and Technology. 101: 213-222.

Petraru, A., F. Ursachi and S. Amariei. 2021. Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake: Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. Plants. 10(11): 2487.

Shah, S.A., A. Zeb, T. Masood, N. Noreen, S.J. Abbas, M. Samiullah, M.A. Alim and A. Muhammad. 2011. Effect of sprouting time on biochemical and nutritional qualities of mung bean varieties. African Journal of Agricultural Research. 6: 5091-5098.

Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Methods in Enzymology. 299: 152-178.

Sun, Z., J. Chen, J. Ma, Y. Jiang, M. Wang, G. Ren and F. Chen. 2012. Cynarin-rich sunflower (*Helianthus annuus*) sprouts possess both antiglycative and antioxidant activities.

Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60: 3260-3265.

Thippeswamy, T.G, J. Lalitha and M. Shinde. 2015. Enhancement of ascorbic acid in processed yellow cultivar mung bean seeds. International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics. 4(7): 253-257.

Xu, M. J., J. D. Dong and M.Y. Zhu. 2005. Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. Journal of the Science of Food and Agriculture. 85: 943-947.

Xue, Z., C. Wang, L. Zhai, W. Yu, H. Chang, X. Kou and F. Zhou. 2016. Bioactive compounds and antioxidant activity of mung bean (*Vigna radiata* L.), soybean (*Glycine max* L.) and black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during the germination process. Czech Journal of Food Sciences. 34: 68–78.