พฤกษเคมีและการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของต้นอ่อน 5 ชนิด

Phytochemicals and α-Glucosidase Inhibition of 5 Sprout Species

อินทิรา ขูดแก้ว,[1] วราภรณ์ ยิ่งคุ้ม[1] และสันทัด พิทักษ์วงศาภรณ์[2]*

Intira Koodkaew, [1*]Waraporn Yingkhum[1] and Santhad Pithakwongsaporn[2]

Received 3 October 2022*, Revised 20 December* 2022*, Accepted 21 Dcember* 2022

ABSTRACT

Using natural substances instead of chemical drugs is a new alternative for diabetes treatment. The objective of this study was to investigate the phytochemicals including chlorophyll, phenolic compounds, flavonoids, total sugar, protein, and antioxidant activity as well as *in vitro* α-glucosidase inhibitory activity of 5 sprout species namely sunflower, wheatgrass, radish, pea, and morning glory. The result was that wheatgrass showed the content of chlorophyll a (0.03 mg/g FW), chlorophyll b (0.02 mg/g FW), total chlorophyll (0.05 mg/g FW), phenolic compounds (81.30 mg GAE/g FW) and flavonoids (391.92 mg QE/g FW) higher than other species. Total sugar (14.52–15.03 mg/g FW) and protein (0.018–0.022 %) contents as well as antioxidant activity by DPPH (44.22–70.24%) and ABTS assay (93.92–97.68%) of 5 sprouts were a little different. All of them could inhibit α-glucosidase activity with more than 50%. Radish sprouts showed the highest inhibitory activity of α-glucosidase (306.94%). These results suggested that radish sprouts had a potential to be used as a functional food and nutraceutical for diabetes therapy.

Keywords: Antioxidant, Diabetes, Phenolic compound

บทคัดย่อ

การใช้สารจากธรรมชาติทดแทนสารเคมีเป็นทางเลือกใหม่ในการบำบัดโรคเบาหวาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารพฤกษเคมี ได้แก่ คลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ น้ำตาลทั้งหมด โปรตีน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของต้นอ่อน 5 ชนิด ได้แก่ ทานตะวัน ข้าวสาลี ไควาเระ โต้วเหมี่ยว และผักบุ้ง ผลการทดลองพบว่าข้าวสาลีมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (0.03 มก./ก. น้ำหนักสด) คลอโรฟิลล์ บี (0.02 มก./ก. น้ำหนักสด) คลอโรฟิลล์รวม (0.05 มก./ก. น้ำหนักสด) สารประกอบฟีนอล (81.30 มก. สมมูลของกรดแกลลิค/ก. น้ำหนักสด) และฟลาโวนอยด์ (391.92 มก. สมมูลของเควอซิติน/ก. น้ำหนักสด) สูงกว่าต้นอ่อนชนิดอื่น ต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณน้ำตาล

[1*] โครงการจัดตั้งภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Botany, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng Saen campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[2] โครงการจัดตั้งภาควิชาฟิสิกส์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Physics, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University Kamphaeng-saen campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

[*] Corresponding author: E-mail address: faasirk@ku.ac.th

(14.52–15.04 มก./ก. น้ำหนักสด) โปรตีน (0.018–0.022 %) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (44.22–70.24%) และวิธี ABTS (93.92–97.68%) ใกล้เคียงกัน และมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสมากกว่า 50% โดยต้นอ่อนไควาเระมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสสูงที่สุด (306.94%) จากผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าต้นอ่อนไควาเระมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพและโภชนเภสัชในการบำบัดโรคเบาหวานได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ต้านอนุมูลอิสระ เบาหวาน สารประกอบฟีนอล

คำนำ

เบาหวาน (Diabetes mellitus) เป็นโรคที่เกิดจากความผิดปกติของการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) (Deutschlander *et al*., 2009) ปัจจุบันจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนถึง 592 ล้านคนในปี ค.ศ. 2035 (Guariguata *et al*., 2014) ในประเทศไทยได้บรรจุให้โรคเบาหวานอยู่ในแผนยุทธศาสตร์ประเทศไทยสุขภาพดีวิถีไทย พ.ศ. 2554-2563 สิ่งสำคัญสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน คือ การควบคุมระดับน้ำตาลให้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับระดับปกติ เพื่อที่จะลดหรือชะลอความเสี่ยงการเกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น โรคหัวใจ ภาวะไตวาย และเบาหวานขึ้นจอตา (Pantidos *et al*., 2014) แพทย์จะให้การรักษาโดยการใช้ยารับประทานที่มีกลไกการออกฤทธิ์ในการลดหรือป้องกันการดูดซึมของน้ำตาลกลูโคส เช่น อะคาร์โบส โดยจะออกฤทธิ์ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) และแอลฟากลูโคซิเดส (α-glucosidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแป้ง ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด แต่ในการรักษาโดยใช้ยาในกลุ่มนี้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้เกิดผลข้างเคียงต่อผู้ป่วย เช่น ภาวะตับเป็นพิษ (Gerich *et al*., 2001) ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้ต้องมีการค้นหาตัวยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟากลูโคซิเดสจากธรรมชาติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาและลดอาการข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ต่อผู้ป่วย

ในปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ซึ่งต้นอ่อนของพืชชนิดต่างๆ จัดเป็นหนึ่งในผักสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากการเพาะต้นอ่อนงอกเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น เช่น การเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลในต้นอ่อนทานตะวัน ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (Pajak *et al*., 2014) ซึ่งสารประกอบฟีนอล เช่น flavonoids จัดเป็นสารที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้ป่วยเบาหวาน ช่วยป้องกันการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Winkelman, 1989) ต้นอ่อนพืชจึงจัดเป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์สูง และช่วยส่งเสริมสุขภาพของมนุษย์ได้ (Sangronis and Machado, 2007) การศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารพฤกษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของต้นอ่อนพืช 5 ชนิด ได้แก่ ทานตะวัน, ข้าวสาลี, ไควาเระ, โต้วเหมี่ยว และผักบุ้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำต้นอ่อนมาใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพและโภชนเภสัชในการบำบัดโรคเบาหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกต้นอ่อน

เตรียมเมล็ดพืช ได้แก่ ทานตะวัน (*Helianthus annuus*) ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) ไควาเระ (*Raphanus sativus* subsp. *Longipinnatus*) โต้วเหมี่ยว (*Pisum sativum*) และผักบุ้ง (*Ipomoea aquatic*) ดังนี้ นำเมล็ดทานตะวัน เมล็ดข้าวสาลี และเมล็ดไควาเระ 200 เมล็ดต่อ 1 ซ้ำการทดลอง นำไปแช่น้ำอุ่น เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง บ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดโต้วเหมี่ยว และเมล็ด

ผักบุ้ง 200 เมล็ดต่อ 1 ซ้ำการทดลอง นำไปแช่น้ำอุ่น เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นหว่านเมล็ดพืชในตะกร้าขนาด 27.5×20.0 ซม. ที่บรรจุดิน (ดินผสมสำหรับปลูกต้นไม้ ยี่ห้อเด็กปริญญา) กับขุยมะพร้าวละเอียดในอัตราส่วน 2:1 โดยให้ 1 ตะกร้าเท่ากับ 1 ซ้ำการทดลอง ปลูกพืชชนิดละ 3 ซ้ำ ใน growth chamber โดยต้นอ่อนทานตะวัน ข้าวสาลี ไควาเระ และผักบุ้ง ปลูกโดยไม่ให้แสงเป็นเวลา 3 วัน และปลูกโดยให้แสง 14 ชั่วโมง สลับกับไม่ให้แสง 10 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 75% สำหรับโต้วเหมี่ยวปลูกโดยไม่ให้แสงเป็นเวลา 6 วัน และปลูกโดยให้แสง 14 ชั่วโมง สลับกับไม่ให้แสง 10 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 75% รดน้ำทุกวันช่วงเช้า-เย็น ปริมาตรตะกร้าละ 100 มล. เมื่อครบกำหนดเก็บเกี่ยวต้นอ่อนเฉพาะส่วนเหนือดิน และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 ºC สำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์

วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีของ Barnes *et al*. (1992) ชั่งตัวอย่างพืช 1 ก. แช่ใน dimethylsulfoxide 3 มล. ในที่มืด 24 ชั่วโมง จากนั้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 648 และ 665 นาเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (UV1800, Shimadzu) จากนั้นคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์ บี และคลอโรฟิลล์รวม จากสมการ

คลอโรฟิลล์ เอ = $14.85A_{665} - 5.14A_{648}$

คลอโรฟิลล์ บี = $25.48A_{648} - 7.36A_{665}$

คลอโรฟิลล์ เอ = $7.49A_{665} + 20.34A_{648}$

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล

ตัวอย่างพืช 1 ก. สกัดด้วย 80% methanol ปริมาตร 10 มล. และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Z36HK, Hermle) จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาวิเคราะห์ ตามวิธีของ Singleton *et al*. (1999) โดยใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน ปริมาณสารประกอบฟีนอลจึงมีหน่วยเป็น มก. สมมูลของกรดแกลลิค/ก. น้ำหนักสด (mg gallic acid equivalent (GAE)/g fresh weight (FW))

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์

ตัวอย่างพืช 1 ก. สกัดด้วย 80% methanol ปริมาตร 10 มล. และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาวิเคราะห์ปริมาณ flavonoid ตามวิธีของ Tunna *et al*. (2015) โดยใช้ quercetin เป็นสารมาตรฐาน ดังนั้น ปริมาณสาร flavonoid จึงมีหน่วยเป็น มก. สมมูลของเควอซิติน/ก. น้ำหนักสด (mg quercetin equivalent (QE)/g fresh weight (FW))

การวิเคราะห์ฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

ตัวอย่างพืช 1 ก. สกัดด้วย absolute ethyl alcohol ปริมาตร 10 มล. และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ดัดแปลงมาจาก Brand-Williams *et al*. (1995) และวิธี 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) ตามวิธีของ Re *et al*. (1999) คำนวณหาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ (radical scavenging) จากสูตร radical scavenging (%) = $[(A_0-A_1)/A_0]\times100$ เมื่อ A_0 คือค่าดูดกลืนแสงของชุดควบคุม โดยใช้ absolute ethyl alcohol แทนสารสกัดจากตัวอย่างพืช และ A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดลองโดยมี trolox เป็นตัวควบคุมเชิงบวก (positive control)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ตัวอย่างพืช 1 ก. สกัดด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มล. และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดตามวิธีของ Dubois *et al*. (1956) โดยใช้ glucose เป็นสารมาตรฐาน

คำนวณหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน โดยแสดงในหน่วย มก./ก. น้ำหนักสด

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ตัวอย่างพืช 1 ก. สกัดด้วย potassium phosphate buffer ปริมาตร 10 มล. และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 15,000 รอบ/นาที ที่ 4 ºC นาน 20 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน จากนั้นนำสารละลายส่วนใสมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ Bradford (1976) โดยใช้ bovine serum albumin เป็นสารมาตรฐาน

การวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส

วิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสดัดแปลงมาจากวิธีของ Kazeem *et al*. (2013) นำต้นอ่อน 1 ก. มาบด กรองเอาน้ำคั้นปริมาตร 50 ไมโครลิตรผสมกับเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสความเข้มข้น 1 ยูนิต/มล. ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 ºC นาน 10 นาที เติมสารตั้งต้น p-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร ที่เวลา 0 และ 3 นาที คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส (%) จาก $[(\Delta A_0-\Delta A_1)/\Delta A_0]\times100$ เมื่อ ΔA_0 คือค่าการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุมที่เวลา 0 และ 3 นาที และ ΔA_1 คือค่าการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างพืชที่เวลา 0 และ 3 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2015) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับ $p<0.05$

ผล

จากการศึกษาสารพฤกษเคมีของต้นอ่อน 5 ชนิด ได้แก่ ทานตะวัน ข้าวสาลี ไควาเระ โต้วเหมี่ยว และผักบุ้ง พบว่า ต้นอ่อนข้าวสาลีปริมาณคลอโรฟิลล์ ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์เอ (0.03 มก./ก. น้ำหนักสด) คลอโรฟิลล์ บี (0.02 มก./ก. น้ำหนักสด) และคลอโรฟิลล์รวม (0.05 มก./ก. น้ำหนักสด) มากที่สุด (Figure 1) ปริมาณโปรตีนของต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิดอยู่ในช่วง 0.018–0.022% โดยพบปริมาณมากในต้นอ่อนข้าวสาลี ไควาเระ โต้วเหมี่ยว และผักบุ้ง และพบน้อยที่สุดในต้นอ่อนทานตะวัน (Figure 2A) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่ามากที่สุดในต้นอ่อนโต้วเหมี่ยว (15.04 มก./ก. น้ำหนักสด) รองลงมาคือผักบุ้ง (14.85 มก./ก. น้ำหนักสด) ส่วนต้นอ่อนอีก 3 ชนิดพบปริมาณน้อยและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2B) ปริมาณสารประกอบฟีนอลพบมากที่สุดในต้นอ่อนข้าวสาลี (81.30 มก. สมมูลของกรดแกลลิค/ก. น้ำหนักสด) รองลงมาคือ ทานตะวัน และไควาเระ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2C) ปริมาณฟลาโวนอยด์ พบมากที่สุดในต้นอ่อนข้าวสาลี (391.92 มก. สมมูลของเควอซิติน/ก.น้ำหนักสด) และพบน้อยที่สุดในต้นอ่อนผักบุ้ง (Figure 2D)

ต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงมากกว่า 40% และ 90% สำหรับวิธี DPPH และวิธี ABTS ตามลำดับ วิธี DPPH มีค่ามากที่สุดในต้นอ่อนทานตะวัน (70.24%) และผักบุ้ง (68.64%) วิธี ABTS พบว่าต้นอ่อนไควาเระและผักบุ้ง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด (97.69% และ 97.26% ตามลำดับ) รองลงมาคือทานตะวันและโต้วเหมี่ยว (Figure 3A) ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิด พบว่าต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิด สามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสได้ โดยมีค่าการยับยั้งมากกว่า 50% โดยต้นอ่อนไควาเระสามารถยับยั้งเอนไซม์กลูโคซิเดสได้ดีที่สุด คือ306.94% รองลงมาคือต้นอ่อนโต้วเหมี่ยว (141.68%) (Figure 3B)

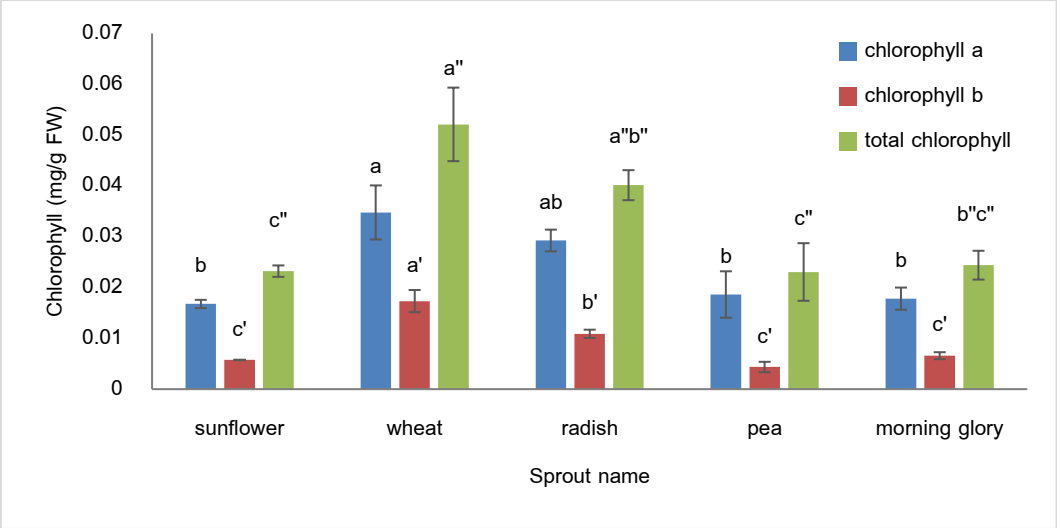

Figure 1 Chlorophyll content of five sprout species. Data are expressed as the mean ± SE. Bars with different lowercase letters are significantly ($p<0.05$) different using DMRT.

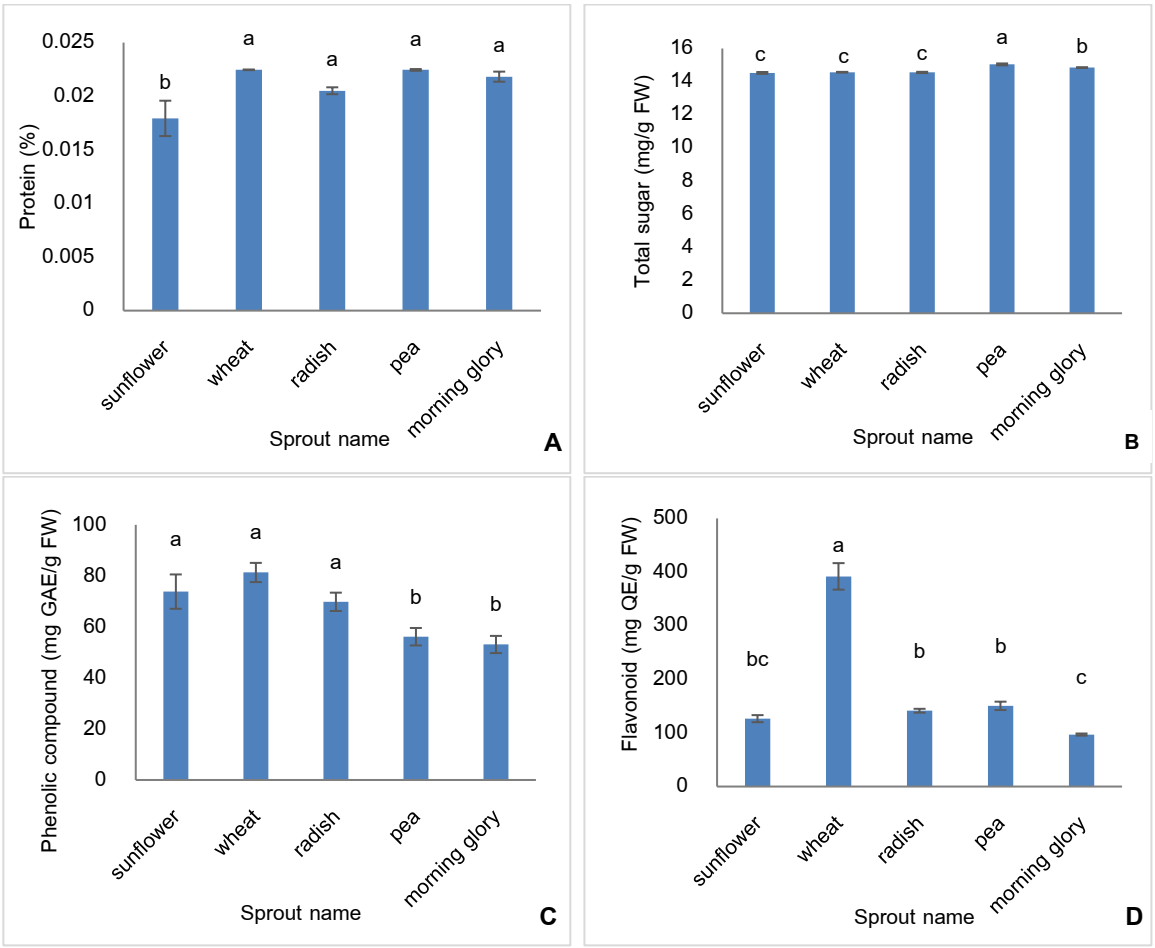

Figure 2 Protein (A), total sugar (B), phenolic compound (C) and flavonoid (D) contents of five sprout species. Data are expressed as the mean ± SE. Bars with different lowercase letters aresignificantly ($p<0.05$) different using DMRT.

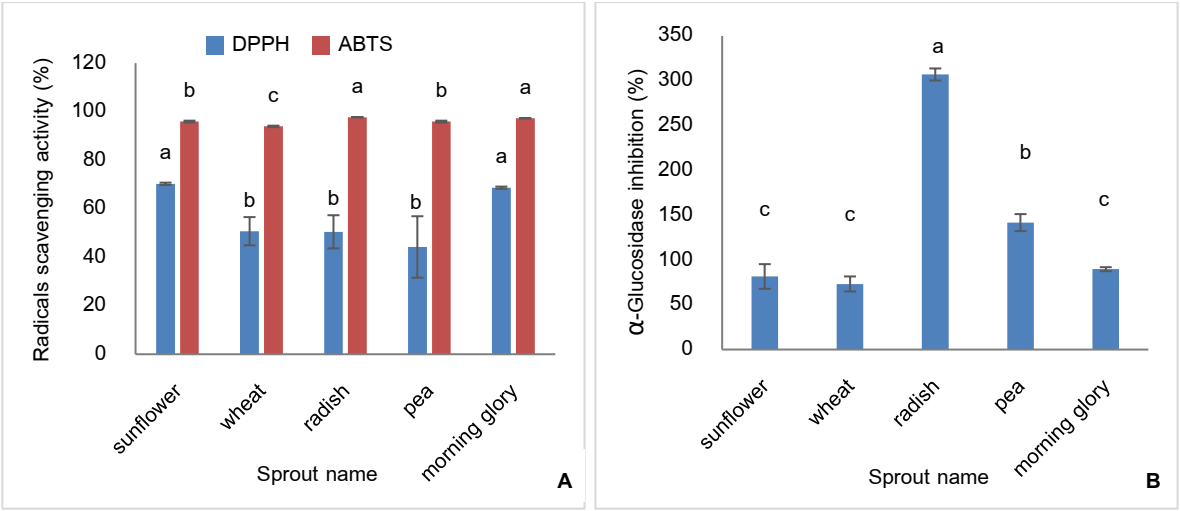

Figure 3 Radical scavenging activities by DPPH and ABTS methods (A) and α–glucosidase inhibition (B) of five sprout species. Data are expressed as the mean ± SE. Bars with different lowercase letters are significantly ($p<0.05$) different using DMRT. Radical scavenging percentage of trolox (25 µg/mL) = 42.26% and 50.13% by DPPH and ABTS assay, respectively.

วิจารณ์

จากผลการศึกษาสารพฤกษเคมีของต้นอ่อนพืช 5 ชนิด ได้แก่ ทานตะวัน ข้าวสาลี ไควาเระ โต้วเหมี่ยว และผักบุ้ง พบว่าต้นอ่อนข้าวสาลีมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Padalia *et al*. (2010) พบว่าการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในต้นอ่อนข้าวสาลี ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ถึงร้อยละ 70 จากสารอาหารทั้งหมด และผลการศึกษานี้พบว่าต้นอ่อนข้าวสาลีมีปริมาณสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และโปรตีนสูงที่สุด ต้นอ่อนทานตะวันพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลที่สูงไม่แตกต่างทางสถิติกับต้นอ่อนข้าวสาลี และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง สอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าต้นอ่อนทานตะวันประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลสูง ส่งผลให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นกัน (Pajak *et al*., 2014) ต้นอ่อนไควาเระมีปริมาณสารประกอบฟีนอล และปริมาณโปรตีนสูงเช่นเดียวกับต้นอ่อนข้าวสาลี ต้นอ่อนโต้วเหมี่ยวพบว่ามีปริมาณน้ำตาลสูงที่สุดและปริมาณโปรตีนที่สูง ซึ่งมีรายงานว่าต้นอ่อนโต้วเหมี่ยวจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนชั้นดี รวมถึงมีวิตามินบีและวิตามินซีสูง (Hajare *et al*., 2007) และการศึกษานี้พบว่าต้นอ่อนผักบุ้งมีปริมาณโปรตีน และน้ำตาลสูงเช่นกัน เนื่องจากต้นอ่อนนับเป็นระยะแรกของการเจริญเติบโต งอกออกมาจากเมล็ดซึ่งเป็นแหล่งเก็บสะสมอาหาร จึงอุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ (Oswald and Oswald, 2002) จากผลการศึกษาจะเห็นว่าต้นอ่อนพืชทั้ง 5 ชนิดเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ และจากผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิด จะเห็นว่าต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง โดยมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS มากกว่า 40% และ 90% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน trolox ความเข้มข้น 25 ไมโครกรัม/มล. มีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS เท่ากับ 42.26% และ 50.13% ตามลำดับ แสดงว่าต้นอ่อนพืชทั้ง 5 ชนิดเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ซึ่งพืชอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคเบาหวานได้ (Arun *et al*., 2017)

จากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของต้นอ่อน 5 ชนิด ได้แก่ ทานตะวัน ข้าวสาลี ไควาเระ โต้วเหมี่ยว และผักบุ้ง พบว่าต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิดสามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสได้โดยต้นอ่อนไควาเระสามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสได้สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากต้นอ่อนไควาเระมีปริมาณสารประกอบฟีนอล และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สูง ซึ่ง Lordan *et al*. (2013) และ Hemalatha *et al*. (2016) รายงานว่าสารประกอบฟีนอลเป็นสารสำคัญในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสและแอลฟาอะไมเลส ลดการย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก ป้องกันการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง และยังรายงานว่าสารสกัดจากพืชที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสและแอลฟาอะไมเลส นอกจากนี้ ต้นอ่อนพืชที่ศึกษามีปริมาณน้ำตาลที่ต่ำ (น้อยกว่า 15.05 มก./ก.) ทำให้มีผลกระทบน้อยต่อระดับน้ำตาลในเลือด โดยองค์การอนามัยโลกแนะนำให้บริโภคน้ำตาลไม่ควรเกินร้อยละ 5 ของพลังงานที่แนะนำต่อวัน หรือประมาณ 24 กรัม (World Health Organization, 2015)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าต้นอ่อนทั้ง 5 ชนิด มีสารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ ซึ่งปริมาณสารขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง และสามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสได้ โดยต้นอ่อนไควาเระสามารถยับยั้งเอนไซม์กลูโคซิเดสได้ดีที่สุด และมีสารพฤกษเคมีที่สูงจึงน่าจะมีศักยภาพนำมาใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

เอกสารอ้างอิง

Arun, K. B., Thomas, S., Reshmitha, T. R., Akhil, G. C., & Nisha, P. (2017). Dietary fibre and phenolic-rich extracts from *Musa paradisiaca* inflorescenc ameliorates type 2 diabetes and associated cardiovascular risks. *Journal of Functional Foods*, *31*, 198–207.

Barnes, J. D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S., & Davision, A. W. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll a and chlorophyll b in lichens and higher plants. *Environmental and Experimental Botany*, *32*(2), 85–100.

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

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Science and Technology*, *28*(1), 25–30.

Deutschlander, M. S., Venter van de, M., Roux, S., Louw, J., & Lall, N. (2009). Hypoglycemic activity of four plant extracts traditionally used in South Africa for diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*, *124*(3), 619–624.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, *28*(3), 350–356.

Gerich, J. E., Meyer, C., Woerle, H. J., & Stumvoll,M.(2001). Renal gluconeogenesis: its importance in human glucose homeostasis. *Diabetes Care*,*24*(2),382–391.

Guariguata, L., Whiting, D. R., Hambleton, I., Beagley, J., Linnenkamp, U., & Shaw, J. E. (2014). Global estimates of diabetes prevalence for 2013 and projections for 2035. *Diabetes Research Clinical Practice*, *103*(2), 137–149.

Hajare, S. N., Saroj, S. D., Dhokane, V. S., Shasidhar, R., & Banddekar, J. R. (2007). Effect of radiation processing on nutritional and sensory quality of minimally processed green gum and garden pea sprouts. *Radiation Physics and Chemistry*,*76*, 1642–1649.

Hemalatha, P., Bomzan, D. P., Rao, B. V. S., & Sreerama, Y. N. (2016). Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on α-amylase and α-glucosidase activities. *Food Chemistry*, *199*,330–338.

Kazeem, M. I., Adamson, J. O., & Ogunwande I. A., (2013). Modes of inhibition of α-amylase and α-glucosidase by aqueous extract of *Morinda lucida* Benth leaf. *BioMed Research International*,*2013*, 1–6.

Lordan, S., Smyth, T. J., Soler-Vila, A., Stanton, C., & Ross, R. P., (2013). The α-amylase and α-glucosidase inhibitory effects of Irish seaweed extracts. *Food Chemistry*, *141*(3),2170–2176.

Oswald, J., & Oswald, D. (2002). Sprout for survival. *Plant Base Nutrition*, *5*, 1-16.

Padalia, S., Drabu, S., Raheja, I., Gupta, A., & Dhamija, M. (2010). Multitude potential of wheatgrass juice (Green Blood): An overview. *Chronicles of Young Scientists*,*2*, 23–28.

Pajak, P., Socha, R., Galkowska, D., Roznowsk, J., & Fortuna, T. (2014). Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chemistry*,*143*, 300–306.

Pantidos, N., Boath, A., Lund, V., Conner, S., & McDougall, G. J. (2014). Phenolic-rich extracts from the edible seaweed, *Ascophyllum nodosum*, inhibit α-amylase and α-glucosidase: potential anti-hyperglycemic effects. *Journal of Functional Foods*,*10*, 201–209.

R Core Team. (2015), *R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. Retrieved March,15 2015, from http://www.R-project.org/.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, *26*, 1231–1237.

Sangronis, E., & Machado, C. J. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT-Food Science and Technology*,*40*, 116–120.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Ravenros, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*,*299*, 152–178.

Tunna, T. S., Zaidul, I. S. M., Ahmed, Q. U., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Addin, M. S., Hasan, M., & Ferdous, S. (2015). Analyses and profiling of extract and fractions of neglected weed *Mimosa pudica* Linn. Traditionally used in Southeast Asia to treat diabetes. *South African Journal of Botany*, *99*, 144–152.

Winkelman, M. (1989). Ethnobotanical treatments of diabetes in Baja California Norte. *Medical Anthropology*, *11*(3), 255–268.

World Health Organization. (2015). *Guideline: sugars intake for adults and children*. Geneva, World Health Organization Editors.