วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

การประเมินปริมาณแป้งและสารพฤกษเคมีของเนื้อฟักทองเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองสำหรับการแปรรูปผงฟักทอง

Evaluation of starch and phytochemical content of pumpkin flesh to select pumpkin cultivars for pumpkin flour processing

พิมพ์ชนก อิ่มทอง[1], จักรพงศ์ ภิญโญ[2], ธนวินท์ เกิดจงรักษ์[3], ศศิธร นาคทอง[2], ยงยุทธ พลับจะโปะ[4] และ อัญมณี อาวุชานนท์[3]*

Pimchanok Aimthong[1], Jukkrapong Pinyo[2], Tanawin Kerdjongrak[3], Sasitorn Nakthong[2], Yongyut Plubjapoa[4] and Anyamanee Auvuchanon[3]*

[1] *คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม*
[1] *Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Nakhon Pathom*
[2] *โครงการจัดตั้งภาควิชานวัตกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม*
[2] *Food Safety Innovation Establishment Project, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Nakhon Pathom*
[3] *ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม*
[3] *Horticulture Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Nakhon Pathom*
[4] *ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม*
[4] *Food Engineering Department, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Nakhon Pathom*

บทคัดย่อ: ฟักทองเป็นพืชผักเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมของผู้บริโภค แต่ไม่มีการแปรรูปเป็นผงฟักทองในเชิงอุตสาหกรรมในประเทศไทย นอกจากนี้ ยังไม่มีการประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อผลิตผงฟักทอง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองสำหรับผลิตผงฟักทอง โดยใช้ฟักทอง 13 สายพันธุ์ ประเมินเนื้อฟักทองสด และผงฟักทองที่ได้จากการอบแห้งในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส โดย พันธุ์ A02 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงที่สุดคือ ร้อยละ 20.51 แป้งฟักทองจากเนื้อฟักทองสด ร้อยละ 3.69 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ร้อยละ 12.68 องศาบริกซ์ ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองสด 1.220 และในผงฟักทอง 0.409 มก./100 ก. โดยน้ำหนักสด รวมทั้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในฟักทองสดและผงฟักทองที่สูง และ พันธุ์ PA04 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองคือ ร้อยละ 19.99 และเปอร์เซ็นต์แป้งฟักทองสูงที่สุด มีค่า ร้อยละ 4.28 จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เปอร์เซ็นต์ผงฟักทองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแป้งจากเนื้อฟักทองสด (r=0.926**) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของคุณภาพผลฟักทอง 9 ลักษณะ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนใน PC1 และ PC2 เท่ากับ ร้อยละ 51.53 และ 15.54 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ฟักทองที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มา 8 พันธุ์ ให้เปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และสารพฤกษเคมีสูง และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพันธุ์การค้าในอนาคต

คำสำคัญ: ผงฟักทอง; แป้งฟักทอง; สารพฤกษเคมี; คุณภาพผลฟักทอง; ปรับปรุงพันธุ์ฟักทอง

* Corresponding author: agrana@ku.ac.th

Received: date; March 3, 2025 Revised: date; July 17, 2025

Accepted: date; July 17, 2025 Published: date; December 18, 2025

ABSTRACT: Pumpkin is an economic vegetable and popular for consumers but there is no pumpkin flour processing for industrial in Thailand. Moreover, there is no evaluation and selection of pumpkin cultivar for pumpkin flour production. The objective of this study was to select pumpkin cultivars for pumpkin flour processing. Thirteen pumpkin cultivars were evaluated in fresh pumpkin flesh and pumpkin flour produced by drying in a solar dryer at 60-65 °C. The PA02 cultivar had the highest percentage of pumpkin flour at 20.51%, and the highest percentage of pumpkin starch from fresh pumpkin flesh at 3.69%. The total soluble solids content was 12.68 °Brix. The beta-carotene content was 1.220 mg/100 g FW in fresh pumpkin flesh and in pumpkin flour was 0.409 mg/100 g FW. Additionally, both fresh pumpkin flesh and pumpkin flour had high phenolic compounds and antioxidant activity. The PA04 cultivar had a pumpkin flour percentage of 19.99% and the highest percentage of pumpkin starch at 4.28%. This study found a positive correlation between the percentage of pumpkin flour and the percentage of starch from fresh pumpkin flesh (r=0.926**). Principal Component Analysis (PCA) of nine quality characteristics of the pumpkin fruits showed that PC1 and PC2 accounted for 51.35% and 15.54% of the variance, respectively. The results indicated that the eight improved pumpkin cultivars had high percentages of pumpkin flour, soluble solids, and phytochemicals, which have high potential to be developed as future commercial cultivars.
Keywords: pumpkin flour; pumpkin starch; phytochemical; pumpkin fruit quality; pumpkin breeding

บทนำ

ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพเป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพจากการเลือกอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตาม ในสังคมยุคใหม่โดยเฉพาะกลุ่มคนวัยทำงานที่มีเวลาจำกัด ทำให้การประกอบอาหารเพื่อการบริโภคในแต่ละมื้อเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก อาหารที่สะดวกในการบริโภค เช่น อาหารสำเร็จรูป จึงเป็นตัวเลือกที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น มีความสะดวก รวดเร็วในการปรุง และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าวัตถุดิบสด การผลิตอาหารสำเร็จรูปมีความจำเป็นต้องคัดเลือกวัตถุดิบจากพืชที่มีคุณภาพสูง เหมาะสมกับกระบวนการแปรรูป และมีความสม่ำเสมอของสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสม่ำเสมอ มีคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พืชผักที่นิยมนำมาแปรรูปมีหลากหลายชนิด เช่น พริก มะเขือเทศ และฟักทอง ซึ่งในประเทศไทยนั้น การพัฒนาพันธุ์ฟักทองที่เหมาะสมต่อการนำมาแปรรูปยังมีอยู่น้อย โดยฟักทองที่ปลูกในประเทศไทยเป็นกลุ่ม *C. moschata* จัดเป็นพืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) และเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี 2567 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกฟักทองรวมประมาณ 105,721 ไร่ โดยมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3,984 กิโลกรัม/ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) นอกจากนี้ฟักทอง อุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ มีใยอาหาร วิตามินซี และสารต้านอนุมูลอิสระสูง (Kulaitiene et al., 2014) อีกทั้งยังสามารถนำมาแปรรูปได้หลายอย่าง เช่น ฟักทองอบแห้ง และ ผงฟักทอง ซึ่งมีความเหมาะสมใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปและกึ่งสำเร็จรูปหลายชนิด เช่น ซุปสำเร็จรูป ขนมอบ หรือผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดของการใช้ฟักทองในการแปรรูป เช่น ความเหมาะสมของพันธุ์ฟักทองที่ใช้ การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการระหว่างกระบวนการแปรรูป เช่น การสูญเสียเบต้าแคโรทีนและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระเมื่อผ่านการอบแห้ง (Penicaud et al., 2011; Rajendran and Jerald, 2021) ดังนั้น การคัดเลือกพันธุ์ฟักทองที่มีคุณภาพสูง ทนต่อกระบวนการแปรรูป และยังคงคุณค่าทางอาหารไว้ได้ จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาอาหารสุขภาพในรูปแบบสำเร็จรูป เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและสะดวกในการปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาของจำนอง และคณะ (2561) รายงานว่า เชื้อพันธุกรรมฟักทองทั้งหมด 29 พันธุ์ มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนอยู่ระหว่าง 0.012-0.522 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด เป็นปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในช่วงต่ำ ขณะที่ฟักทองที่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงถึง 0.906–0.943 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ภูวไนย และคณะ (2562) รายงานว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนในฟักทอง 10 พันธุ์ มีฟักทอง 6 พันธุ์ ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อสดสูง อยู่ในช่วง 0.779-1.101 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และในเนื้อฟักทองที่แปรรูปด้วยการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ฟักทองพันธุ์ KPS-104 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนลดลงจาก 1.101 ไปเป็น 0.759 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด อุณหภูมิในการแปรรูปส่งผลทำให้ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผงฟักทองลดลง รัชชานนท์ และคณะ (2562) รายงานว่า ฟักทอง 30 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ (breeding lines) จำนวน 26 สายพันธุ์ และสายพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์ พบปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสูงที่สุด 1.98 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ในฟักทองสายพันธุ์ breeding

lines คือ RT1-K/PI 100S-5S-2S-4 Kulaitiene et al. (2014) ศึกษาฟักทอง *C. maxima* พันธุ์ 'Amazonka' มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงถึง 2.44 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด แต่กลับพบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมีเพียงร้อยละ 7.57 ซึ่งน้อยที่สุดใน 3 สายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ เช่นเดียวกับ Zinash et al. (2013) ประเมินคุณภาพผลฟักทองพันธุ์การค้าในตลาดภาคตะวันออกของเอธิโอเปีย 20 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง ร้อยละ 6.00-11.00 ภูวไนย และคณะ (2562) รายงานว่า ฟักทอง 10 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ KAN1/007-14 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ร้อยละ 22.18 และผงฟักทองสูง ร้อยละ 22.47 ในขณะที่ รัชชานนท์ และคณะ (2562) รายงานว่า พันธุ์ RT14-F6T/S 61S-7S-4 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงถึง ร้อยละ 25.27 แสดงให้เห็นว่า คุณภาพผลของฟักทองที่แตกต่างกันมาจากความหลากหลายของสายพันธุ์ และจากการนำเนื้อฟักทองมาแปรรูปเป็นผงฟักทอง เพื่อให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารพฤกษเคมีเปลี่ยนแปลงไป จากรายงานของ Adelerin et al. (2022) พบว่า เมื่อนำเนื้อฟักทองที่ผ่านวิธีการต้ม ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ไปทำผงฟักทองมีปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดสูงที่สุด 2.93 มก./ก. ส่วนเนื้อฟักทองที่ผ่านกระบวนการหมักมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด 18.04 มก./มล. เช่นกัน

ฟักทองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนการที่สูงจึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นแป้งหรือผงฟักทอง แป้งคือองค์ประกอบหนึ่งของพืชผักที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ โดยคุณสมบัติที่สำคัญของแป้งในฟักทองคือ เป็นแป้งทนย่อย (resistant starch) ที่ดีกว่า แป้งกล้วยและแป้งมันฝรั่ง จึงมีศักยภาพในการเป็นอาหารฟังก์ชั่น (Yuan et al., 2022) ซึ่งผงฟักทองเป็นส่วนประกอบหนึ่งในอาหารทางสายให้อาหารชนิดปั่นผสม เป็นอาหารที่มีลักษณะเหลวและไหล กลืนได้ง่าย การใช้ผงฟักทองสามารถลดระยะเวลาในการเตรียมและเพิ่มความสะดวกในการผลิตอาหาร นอกจากนี้ การทำผงฟักทอง ด้วยวิธีการอบแห้ง จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ยาวนานขึ้น และยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตอาหารอื่นๆ ที่มีฟักทองเป็นองค์ประกอบ (มนัญญา และคณะ, 2560) และจากการศึกษา พบว่าแป้งในฟักทองพันธุ์ต่างๆ มีปริมาณแป้งที่แตกต่างกัน โดย Bai et al. (2020) ได้ศึกษาปริมาณแป้งในฟักทองพันธุ์ทางการค้าจำนวน 13 สายพันธุ์ ที่ปลูกในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน ฟักทองในกลุ่มนี้มีปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งในน้ำหนักสด อยู่ในช่วง ร้อยละ 0.22-2.30 Yuan et al. (2022) นำฟักทองพันธุ์ *C. maxima* จำนวน 2 พันธุ์ คือ Yinli และ Heili และพันธุ์ *C. moschata* 1 พันธุ์ คือ Miben มาศึกษาปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่า ฟักทองทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งในน้ำหนักสด ระหว่าง ร้อยละ 1.05-6.47 และ การศึกษาปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งในฟักทองพันธุ์ต่างๆ ทำให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาและการใช้ฟักทองในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหาร และผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการผลิตผงฟักทองและแป้งฟักทองในเชิงอุตสาหกรรม จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลข้างต้น การนำฟักทองสดมาแปรรูปเป็นผงฟักทองนั้นยังไม่มีพันธุ์ฟักทองที่ใช้สำหรับผลิตผงฟักทองโดยเฉพาะ จึงต้องมีการศึกษาและการคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองที่เหมาะสมต่อการผลิตผงฟักทองและแป้งฟักทอง เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศที่มีราคาค่อนข้างสูง งานวิจัยครั้งนี้มีวัตุประสงค์ที่จะศึกษาปริมาณผงฟักทองและปริมาณแป้งที่มีความสัมพันธ์กันกับปริมาณสารพฤกษเคมีที่สำคัญของเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง เพื่อคัดเลือกพันธุ์ฟักทองที่มีปริมาณผงฟักทองที่สูงให้เหมาะสำหรับการแปรรูป

วิธีการศึกษา

พันธุ์ฟักทองที่ใช้ในการศึกษา

ฟักทองที่ใช้ในการศึกษาจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ฟักทอง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และ ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ มูลนิธิชัยพัฒนา จำนวน 15 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์ลูกผสม 8 พันธุ์ ได้แก่ KAN 3/ PI 2014 (PA01), Paka1-1/5 x RT7-9/10 (PA02), CH-SA-1-6-13/3-2/3 x CH-SA-1-3-7S #6 (PA03), CH-SA-1-6-13/5-7/8 x CH-SA-1-3-7S #2 (PA04), CH-SA-1-6-13/3-2/3 x 10 R (PA05), CH-SA-1/3-3/10-8/5 x 10 R (PA06) , Rachalolan x F6CH-SA-1-6-13/3 (PA07) และ 007 -14 x KPS-10R (PA08) พันธุ์ผสมเปิด 5 พันธุ์ ได้แก่ CM-1 (PA09), PI-2014 (PA10), Rachalolan (PA11) , KAN 1 (PA12) และ RT 8 (PA13) พันธุ์ทางการค้า 2 พันธุ์ ได้แก่ SM และ PKT ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยนับจำนวนวันหลังจากดอกบานประมาณ 35 - 40 วัน พร้อมกับสังเกตดัชนีการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ผลขึ้นนวล ขั้วผลไม่มีหนาม และหนวดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

การวัดคุณภาพของผลฟักทอง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid) โดยนำเนื้อฟักทองขูดให้ละเอียด จากนั้นนำฟักทองขูดไปคั้นน้ำและกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อให้ได้เฉพาะน้ำฟักทอง จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ Hand Reflectometer (PAL-1. ATAGO)

ปริมาณเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองโดยการอบในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ นำฟักทองปอกเปลือกและหั่นเป็นแผ่นบาง ชั่งน้ำหนัก 250 กรัม จากนั้นนำไปตากในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิ 60 – 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 ชั่วโมง และนำฟักทองอบแห้งมาปั่นด้วยเครื่องปั่นสำหรับทำผงฟักทอง ชั่งน้ำหนักคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง

เปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง= (น้ำหนักฟักทองอบแห้ง (กรัม) /น้ำหนักเนื้อฟักทองสดทั้งหมด (กรัม)) x 100

ปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งฟักทองจากเนื้อฟักทอง หั่นฟักทองเป็นชิ้นขนาดเล็ก ชั่งน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ในหลอดทดลองเติมน้ำและปั่นให้ได้น้ำฟักทองออกมา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางนำหลอดทดลองที่มีแต่น้ำฟักทองไปไว้ในห้องเย็น ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้แป้งตกตะกอนจากนั้นนำแป้งฟักทอง มาเทรวมกันและนำไปปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงตกตะกอน เพื่อให้แป้งกับน้ำแยกชั้นออกจากกัน จะได้แป้งฟักทองแยกชั้นที่ติดข้างหลอดทดลอง ให้เทน้ำฟักทองออก ล้างแป้งที่ติดหลอดทดลองด้วยเมทานอล ใส่ในจานทดลอง นำจานทดลองที่มีแป้ง ไปอบที่เครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน เมื่อแป้งแห้งแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แป้งฟักทอง (Pinyo et al., 2017)

เปอร์เซ็นต์แป้งฟักทอง (%) = (น้ำหนักแป้งฟักทองที่สกัดได้ / น้ำหนักเนื้อฟักทองที่ใช้สกัด) x 100

การสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocalteu method (Thaipong et al., 2005)

นำตัวอย่างฟักทองสดมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ 0.5 กรัม เติมเมทานอล 10 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ ส่วนตัวอย่างผงฟักทอง ชั่งผงฟักทอง 1 กรัม เติมเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เสร็จแล้วปิดฝาและพักไว้ในตู้เย็น นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองเอาเฉพาะส่วนใสไปปั่นเหวี่ยง 15,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที นำสารสกัดปริมาณ 30 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยา เติมน้ำ 2.4 มิลลิลิตร ในหลอด 5 มิลลิลิตร เติม Folin และ 1.0 N. Sodium carbonate ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมทุกอย่างให้เข้ากันและเก็บไว้ในที่มืด 2 ชั่วโมง ทำการเขย่าทุกๆ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่คลื่น 725 นาโนเมตร

การเตรียมสารมาตรฐาน ทำการชั่ง กรดแกลลิค น้ำหนัก 1 มิลลิกรัม เติมเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิกรัม ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 1 หน่วย จากนั้นเจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นที่ 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125, 0.015626, 0.0072125, 0.00390625 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยนำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นมาทำปฏิกิริยา จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแรงที่คลื่น 725 นาโนเมตร โดยสร้างสมการเส้นตรงมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิค หน่วยเป็น มิลลิกรัม GAE /100 กรัม. โดยน้ำหนักสด) คือ

$$Y = 1.7551x - 0.0974 \quad (R^2 = 0.9956)$$

$$\text{ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด} = Y \times \left(\frac{\text{ปริมาตรเมทานอล} + \text{น้ำหนักตัวอย่างสด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}} \right) \times \left(\frac{\text{ปริมาตรเมทานอลในปฏิกิริยา}}{\text{ปริมาตรสารสกัด}} \right) \times 100$$

การสกัดและการวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) (Thaipong et al., 2005)

นำตัวอย่างฟักทองสดและผงฟักทองที่สกัดด้วยเมทานอล มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH โดยใช้ปริมาตร 150 ไมโครลิตร เติม DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.85 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันเก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่คลื่น 515 นาโนเมตร

การเตรียมสารมาตรฐาน ทำการชั่ง โทรลอกซ์ น้ำหนัก 1 มิลลิกรัมต่อเมทานอล 5 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.8 มิลลิโมลาร์ จากนั้นเจือจางสารละลายจนได้สารละลายที่ความเข้มข้น 0.8, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05 และ 0.025 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ เติม DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ นำสารละลายในแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนที่คลื่น 515 นาโมเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากค่าที่ได้นำไปคำนวณจากสมการดังนี้

สมการที่ใช้ในการหากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (มก. TE /100 ก. โดยน้ำหนักสด)

$$Y = -3.2146x + 1.0395 \ (R^2 = 0.939)$$

การสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารสารเบต้าแคโรทีน

ทำการสกัดสารเบต้าแคโรทีนโดยประยุกต์วิธีการของ Nagata and Yamashita (1992) หั่นฟักทองเป็นชิ้นเล็กและชั่งตัวอย่างฟักทอง 1 กรัม และ ตัวอย่างผงฟักทอง 1 กรัม ใส่ลงในหลอดเซนติฟิว แล้วเติม อะซิโตน : เฮกเซน (4 : 6) ปริมาตร 20 มิลลิตร แล้วนำไปปั่นด้วย เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ เสร็จแล้วปิดฝาและใช้ พักไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน แล้วจึงนำส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสง มาคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนดังสมการ

$$\text{เบต้าแคโรทีน (มก./100 ก. โดยน้ำหนักสด)} = 0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.304A_{505} + 0.452A_{453}$$

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ด้วยโปรแกรม STAR (Statistical Tool for Agricultural Research) ศึกษาความแตกต่างของลักษณะคุณภาพผล ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณภาพผล ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) โดยพื้นฐานเมทริกซ์สหสัมพันธ์ ด้วยโปรแกรม PAST (Paleontological Statistics Version 3.17)

ผลการศึกษา

ฟักทองที่นำมาศึกษาประกอบด้วยฟักทองลูกผสมและฟักทองพันธุ์ผสมเปิดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาและพันธุ์การค้า โดยในการศึกษาครั้งนี้ประเมินคุณภาพเนื้อฟักทองสด ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซ็นต์ผงฟักทองและเปอร์เซ็นต์แป้งในเนื้อฟักทอง โดยรายงานของ Loy (2006) ได้กล่าวไว้ว่า ฟักทองที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคควรมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ตั้งแต่ ร้อยละ 11.0 องศาบริกซ์ เป็นต้นไป จากการศึกษาครั้งนี้ ฟักทองส่วนใหญ่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าร้อยละ 11.0 องศาบริกซ์ มีจำนวน 11 พันธุ์ โดยพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ สูงสุดคือพันธุ์ลูกผสม PA05 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 14.75 องศาบริกซ์ และสูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้าทั้งสองพันธุ์ ฟักทองลูกผสมที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงและไม่แตกต่างจากฟักทองพันธุ์การค้า SM มีจำนวน 4 พันธุ์ คือ PA03, PA04, PA06 และ PA07 มีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ13.35-14.02 องศาบริกซ์ อย่างไรก็ตาม ยังมีฟักทองอีก 5 พันธุ์ ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าร้อยละ 11.0 องศาบริกซ์ คือ PA02, PA08, PA09, PA11 และ PA12 มีค่าในช่วง ร้อยละ11.10-12.77 องศาบริกซ์ สูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKT มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เพียง ร้อยละ 8.15 องศาบริกซ์ ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าค่าที่ผู้บริโภคยอมรับได้ จะเห็นได้ว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ หรือความหวานของฟักทองเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่จะเลือกฟักทองแต่ละพันธุ์ในการรับประทาน **(Table 1)**

ฟักทองพันธุ์ลูกผสม PA02 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงที่สุดคือ ร้อยละ 20.51 โดยฟักทองพันธุ์ลูกผสม และพันธุ์ผสมเปิดจำนวน 9 พันธุ์ คือ PA03, PA04, PA05, PA06, PA07, PA08, PA11, PA12 และ PA13 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองอยู่ระหว่าง ร้อยละ 16.12-19.99 สูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKT และ SM ที่มีเป็นเซ็นต์ผงฟักทอง ร้อยละ 10.95 และ 15.22 สอดคล้องกับการศึกษาของภูวไนย และคณะ (2562) ได้รายงานว่า ฟักทองที่เหมาะสมต่อการผลิตผงฟักทองจะมีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองอยู่ในช่วง ร้อยละ17.19-22.47 โดย พันธุ์ KAN1/007-14 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงที่สุด ร้อยละ 22.47 จากการทดลองครั้งนี้ฟักทองพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงและเหมาะต่อการผลิตผงฟักทอง มีทั้งหมด 5 พันธุ์ คือ PA02, PA04, PA06, PA07 และ PA08 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองอยู่ในช่วง ร้อยละ 17.18-20.51 ซึ่งฟักทองพันธุ์ลูกผสมเหล่านี้ได้รับการพัฒนาให้มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงซึ่งมีศักยภาพเพื่อนำไปผลิตผงฟักทองการค้าในอนาคต **(Table 1)**

ฟักทองพันธุ์ลูกผสมที่นำมาทดสอบมีปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ ร้อยละ 0.65-4.28 โดยฟักทองพันธุ์ลูกผสม PA04 มีปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด และยังมีฟักทองพันธุ์ลูกผสมอีก 2 พันธุ์ คือ PA02 และ PA07 มีปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้ง ร้อยละ 3.69 และ 3.47 และฟักทองพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิด 8 พันธุ์ คือ PA03, PA05, PA06, PA08, PA09, PA11, PA12 และ PA13 มีปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1.44 - 2.65 สูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า SM และ PKT ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้ง ร้อยละ 1.33 และ 1.15 ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ฟักทองพันธุ์ลูกผสม PA02 มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงที่สุดคือ ร้อยละ 20.51 และมีเปอร์เซ็นต์แป้งที่สูง คือ ร้อยละ 3.69 สูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า เหมาะสำหรับนำไปแปรรูปผลิตผงฟักทอง รวมทั้งใช้พันธุ์เหล่านี้ ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองเพื่อคัดเลือกลักษณะคุณภาพผลในประชากรรุ่นต่อไป (**Table 1, Figure 1**)

Table 1 Total soluble solid (TSS), pumpkin flour percentage and pumpkin starch percentage of 15 pumpkin cultivars

Code	Description	%TSS	% Flour	% Starch
F_1 hybrid				
PA01	KAN 3/ PI 2014	9.75	12.46	0.65
PA02	Paka1-1/5 x RT7-9/10	12.68	20.51	3.69
PA03	CH-SA-1-6-13/3-2/3 x CH-SA-1-3-7S #6	13.85	16.69	2.45
PA04	CH-SA-1-6-13/5-7/8 x CH-SA-1-3-7S #2	13.97	19.99	4.28
PA05	CH-SA-1-6-13/3-2/3 x 10 R	14.75	16.19	1.90
PA06	CH-SA-1/3-3/10-8/5 x 10 R	13.35	17.27	2.65
PA07	Rachalolan x F6CH-SA-1-6-13/3	14.02	18.45	3.47
PA08	007 -14 x KPS - 10 R	12.43	17.18	2.02
Open pollination				
PA09	CM 1	11.88	14.18	1.44
PA10	PI 2014	7.92	10.86	0.59
PA11	Rachalolan	12.77	16.41	2.63
PA12	KAN 1	11.10	16.12	1.95
PA13	RT 8	10.10	16.25	2.22
Commercial				
SM	Commercial 1 (F_1 hybrid)	13.88	15.22	1.33
PKT	Commercial 2 (F_1 hybrid)	8.15	10.95	1.15
	Means	12.04	15.91	2.16
	CV. (%)	3.06	2.55	6.29
	LSD	0.5257	0.5791	0.227
	F-test	**	**	**

** Statistically significant at 0.01 level of probability

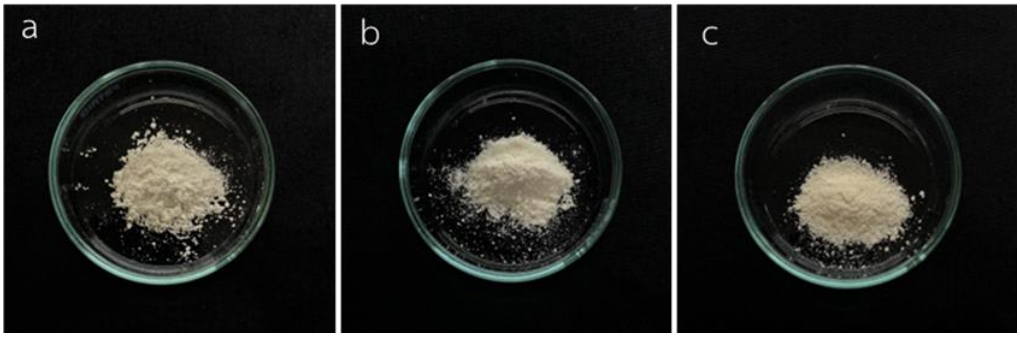

Figure 1 Picture of pumpkin starch (a) Starch for code PA02; (b) Starch for code PA04 and (c) Starch for PKT commercial Hybrid cultivar.

ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง

ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของฟักทองที่นำมาศึกษาอยู่ระหว่าง 0.240-1.400 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า จากฟักทองทั้ง 13 พันธุ์ มีฟักทองจำนวน 9 พันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่า 0.78 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด โดยจากรายงานของ อุทิศ (2555) กล่าวไว้ว่า ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสด สามารถจัดกลุ่มได้ 3 ระดับ คือ ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนระดับต่ำ มีค่าน้อยกว่า 0.63 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ระดับปานกลาง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.63-0.76 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และระดับสูง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.78-1.06 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด โดยฟักทองลูกผสม PA05 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด 1.400 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และอีก 3 พันธุ์ คือ PA02, PA04 และ PA08 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงในช่วง 1.200-1.240 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และสูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKT และ SM ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพียง 0.390 และ 1.120 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และจากการศึกษาครั้งนี้ ฟักทองพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิดที่ได้รับการพัฒนามีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่อยู่ในช่วง 0.83 -1.40 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ซึ่งสูงกว่า 0.78 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ดังรายงานของ อุทิศ (2555) จึงจัดกลุ่มฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนอยู่ในระดับสูง มีฟักทอง 9 พันธุ์ คือ PA01, PA02, PA04, PA05, PA07, PA08, PA10, PA11 และ PA12 **(Table 2)** จากการศึกษางานทดลองของ Kulaitiene et al.(2014) ที่ศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทอง *C. maxima* พันธุ์ Justynka, Karowita และ Amazonka รายงานว่า ฟักทองทั้ง 3 สายพันธุ์ มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 1.86 - 2.44 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด โดยพันธุ์ Amazonka มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงที่สุดคือ 2.44 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด จากผลการทดลองพันธุ์ฟักทองที่นำมาทำการทดลองมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง เมื่อเทียบกับพันธุ์ฟักทองที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองที่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ฟักทองนั้นๆ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะคัดเลือกพันธุ์ฟักทอง ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงมาใช้พัฒนาในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สูงตามความต้องการของผู้บริโภค

ฟักทองลูกผสม พันธุ์ PA04 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผงฟักทองสูงที่สุด คือ 0.669 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์ PA05 และ PA08 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงอยู่ในช่วง 0.513-0.542 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และสูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKT และ SM ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนน้อยมาก คือ 0.042 และ 0.493 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผงฟักทองอยู่ในช่วง 0.004-0.669 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด ซึ่งน้อยกว่าในเนื้อฟักทองสดที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนอยู่ในช่วง 0.240-1.400 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด **(Table 2)** และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Samples T-test) ในฟักทองแต่ละพันธุ์ พบว่า ฟักทองพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิดมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดมากกว่าในผงฟักทอง ยกเว้น ฟักทองพันธุ์ลูกผสม PA03 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทองไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.475-0.720 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และมีเปอร์เซ็นต์การสูญหายน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 34.06 ต่ำกว่าฟักทองพันธุ์การค้า SM และ PKT ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญหายสูง ร้อยละ 55.96 และ ร้อยละ 89.15 ตามลำดับ เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ การเตรียมตัวอย่างผงฟักทองทำโดยนำเนื้อฟักทองไปอบในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 10 ชั่วโมง เมื่อเนื้อฟักทองได้รับความร้อนและออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สารเบต้าแคโรทีนเสื่อมสภาพ (Penicaud et al., 2011) และจากรายงานของ Rajendran and Jerald (2021) กล่าวว่า ผงฟักทองที่ผ่านกระบวนการอบที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผงฟักทองลดลงมาก สอดคล้องกับ ภูวไนยและคณะ (2562) ที่ศึกษาการทำผงฟักทอง โดยนำเนื้อฟักทองที่ไม่มีส่วนของเปลือกและไส้ไปอบในตู้อบรมร้อน ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำผงฟักทอง มาวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าเคโรทีนในผงฟักทองทั้ง 10 พันธุ์ ส่วนใหญ่ พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเบต้าแคโรทีนลดลงในฟักทองแปรรูป แต่มีบางพันธุ์ที่เมื่อถูกนำไปแปรรูปแล้วยังคงมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างจากเนื้อฟักทองสด คือ พันธุ์ KPS-104 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผงฟักทองสูงที่สุด 0.759 มก./100 ก.โดยน้ำหนักสด และมีเปอร์เซ็นต์การสูญหายร้อยละ 31.06 และพันธุ์ KAN1/007-14 มีเปอร์เซ็นต์การสูญหายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 15.28 อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสารเบต้าแคโรทีนยังขึ้นกับวิธีการอบแห้ง ระยะเวลาในการอบ และพันธุ์ฟักทองที่ใช้ว่ามีความทนทานต่อกระบวนการแปรรูปเพียงใด ดังนั้น จึงควรคัดเลือกพันธุ์ฟักทองที่เหมาะสมกับการแปรรูป ศึกษาวิธีการแปรรูป เพื่อยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการไว้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง

ฟักทองลูกผสมพันธุ์ PA03 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในเนื้อฟักทองสดสูงที่สุด 1893.66 มก. GAE / 100 ก. โดยน้ำหนักสด และฟักทองพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิดที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูง 7 พันธุ์ คือ PA05, PA07, PA08, PA10, PA11, PA12 และ PA13 มีค่าระหว่าง 1264.79 -1734.71 มก. GAE / 100 ก. โดยน้ำหนักสด สูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKTและ SM ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค 933.07 และ 1250.96 มก. GAE / 100 ก. โดยน้ำหนักสด ตามลำดับฟักทองลูกผสมที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในผงฟักทองสูงที่สุด คือ พันธุ์ PA07 มีค่าเท่ากับ 345.44 มก. GAE / 100 ก. โดยน้ำหนักสด โดยฟักทองลูกผสมและพันธุ์ผสมเปิด ที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในผงฟักทองสูงกว่าพันธุ์การค้า SM ที่มีค่าเท่ากับ 280.67 มก. GAE / 100 ก. โดยน้ำหนักสด มีจำนวน 6 พันธุ์ คือ พันธุ์ PA02, PA03, PA04, PA08, PA11 และ PA12 มีค่าระหว่าง 281.48-336.20 มก. GAE / 100 ก. โดยน้ำหนักสด ซึ่งฟักทองพันธุ์ PA06 มีเปอร์เซ็นต์การสูญหายของปริมาณสารประกอบฟีนอลิคน้อยที่สุด ร้อยละ 65.72 ต่ำกว่าฟักทองพันธุ์การค้า SM และ PKT ที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญหายระหว่าง ร้อยละ 77.56 และ 82.27 ตามลำดับ **(Table 2)**

กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง

ฟักทองที่มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH ในเนื้อฟักทองสดสูงคือ พันธุ์ PA08 และ PA13 มีค่าเท่ากับ 101.10 และ 111.21 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่ง PA13 มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าพันธุ์การค้า SM ที่มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ 96.28 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด และฟักทองลูกผสมและพันธุ์ 11 พันธุ์ คือ พันธุ์ PA01, PA02, PA03, PA04, PA05, PA06, PA07, PA09, PA10, PA11 และ PA12 ที่มีค่าระหว่าง 64.24-83.37 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKT ที่มีค่าเพียง 45.57 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด ส่วนฟักทองพันธุ์ลูกผสม PA06 มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในผงฟักทองสูงที่สุด คือ 24.73 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด และ ฟักทอง PA11 มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูง 21.82 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด ทั้ง 2 พันธุ์นี้ มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในผงฟักทองสูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้า SM และ PKT ที่มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ 20.04 และ 13.11 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด ซึ่งกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในผงฟักทอง อยู่ในช่วง 11.78 – 24.73 มก. TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด ลดลงจากในเนื้อฟักทองสดที่มีอยู่ระหว่าง 64.24 -111.21 มก.TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด และฟักทองลูกผสม PA06 มีเปอร์เซ็นต์การสูญหาย ร้อยละ 63.02 ต่ำกว่าฟักทองพันธุ์การค้า PKT และ SM ที่เปอร์เซ็นต์การสูญหาย ร้อยละ 71.23 และ 79.19 **(Table 2)** ผลการทดลองในครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kulczynski et al. (2020) ซึ่งได้ศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระแบบ DPPH ใน ผงฟักทอง 2 สปีชีร์ คือ *C. moschata* และ *C. pepo* พบความหลากหลายทางพันธุกรรมในด้านศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระ กล่าวคือ ฟักทอง *C. moschata* จำนวน 7 พันธุ์ พบว่า มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในผงฟักทองอยู่ในช่วง 5.49 – 20.81 มก. TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด ส่วนกลุ่มสายพันธุ์ *C. pepo* จำนวน 12 พันธุ์ มีค่าอยู่ในช่วง 2.65 – 25.73 มก. TE/100 ก. โดยน้ำหนักสด อย่างไรก็ตาม กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในผงฟักทองแตกต่างกันตามพันธุ์ และลดลงจากที่พบในเนื้อฟักทองสด เป็นผลจากการสูญเสียสารทางชีวภาพบางชนิดในระหว่างกระบวนการแปรรูป เช่นการอบแห้งหรือการบดละเอียด อีกทั้งทำให้เห็นถึงความสำคัญ

ของการเลือกพันธุ์ที่มีความเหมาะสมต่อการแปรรูป รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตที่สามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2 Beta-carotene content (mg/100 g FW), Total phenolic contents (mg GAE/100 g FW) and Antioxidant activity based on DPPH method (mg TE/100 g FW) in pumpkin flesh and flour of 15 cultivars

Code	Beta-carotene มก./100 ก. โดยน้ำหนักสด		% Loss	Paired t-test	Phenolic มก.GAE/100 ก. โดยน้ำหนักสด		% Loss	Paired t-test	DPPH มก.TE /100 ก. โดยน้ำหนักสด		% Loss	Paired t-test
	Flesh	Flour			Flesh	Flour			Flesh	Flour		
F_1 hybrid												
PA01	1.090	0.314	71.19	**	781.04	190.71	75.58	**	64.24	14.12	78.02	**
PA02	1.220	0.409	66.48	**	1237.14	292.27	76.38	**	64.24	15.18	76.37	**
PA03	0.720	0.475	34.03	ns	1893.66	281.48	85.14	**	83.37	17.96	78.46	**
PA04	1.200	0.669	44.25	**	1140.39	314.82	72.39	**	73.57	18.38	75.02	**
PA05	1.400	0.513	63.36	**	1264.79	257.4	79.65	**	66.42	16.12	75.73	**
PA06	0.570	0.042	92.63	**	698.11	239.3	65.72	*	66.88	24.73	63.02	**
PA07	0.930	0.46	50.54	**	1382.27	345.44	75.01	**	73.25	16.6	77.34	**
PA08	1.240	0.542	56.29	*	1472.11	285.15	80.63	**	101.1	14.42	85.74	**
Open pollination												
PA09	0.450	0.095	78.89	**	794.86	166.47	79.06	*	67.82	11.78	82.63	**
PA10	0.830	0.038	95.42	**	1389.18	228.32	83.56	**	66.11	13.43	79.69	**
PA11	0.980	0.155	84.18	**	1534.3	302.34	80.29	**	82.44	21.82	73.53	**
PA12	1.040	0.428	58.85	**	1734.71	336.2	80.62	**	79.79	16.55	79.26	**
PA13	0.240	0.004	98.33	**	1271.7	209.45	83.53	*	111.21	10.46	90.59	**
Commercial												
SM	1.120	0.493	55.98	**	1250.96	280.67	77.56	**	96.28	20.04	79.19	**
PKT	0.390	0.042	89.23	**	933.07	165.41	82.27	**	45.57	13.11	71.23	**
Means	0.894	0.312	-		1251.89	259.7	-		79.15	16.31	-	
CV.%	13.65	8.15	-		18.01	12.5	-		10.17	5.18	-	
LSD	0.174	0.036	-		321.135	46.227	-		11.027	1.204	-	
F-Test	**	**			**	**			**	**		

ns and ** : not significant and significant at 0.01 level of probability, respectively

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปริมาณแป้งในเนื้อฟักทองสดและฟักทองที่นำมาอบแห้งเพื่อผลิตผงฟักทอง พบว่า เปอร์เซ็นต์ผงฟักทองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเปอร์เซ็นต์แป้งฟักทองด้วย r=0.926** ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า พันธุ์ฟักทองที่มีผงฟักทองสูงพบว่ามีปริมาณแป้งในเนื้อฟักทองสูงด้วย **(Table 3)** ซึ่งแป้งคือองค์ประกอบหนึ่งของพืชผัก ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัส กลิ่นและรสชาติ โดยคุณสมบัติที่สำคัญของแป้งในฟักทองคือ เป็นแป้งทนย่อย (resistant starch) ที่ดีกว่า แป้งกล้วยและแป้งมันฝรั่ง จึงมีศักยภาพในการเป็นอาหารฟังก์ชั่น (Yuan et al., 2022) นอกเหนือจากผงฟักทองจะมีแป้งทนย่อยแล้ว ยังพบความสัมพันธ์กับสารพฤกษเคมี กล่าวคือ พันธุ์ฟักทองที่มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองสูงเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง (r=0.576*) และสารประกอบฟีนอลิคสูง (r=0.710**) ด้วย หาก

คัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและสารประกอบฟีนอลลิคในเนื้อฟักทองสดสูง เมื่อนำมาแปรรูปเป็นผงฟักทองแล้วจะได้ผงฟักทองที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนและสารประกอบฟีนอลิคที่สูงด้วยเช่นกัน (r=0.799** และ r=0.660** ตามลำดับ) และพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผงฟักทองและปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในผงฟักทอง (r=0.686**) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความสัมพันธ์ของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของเนื้อฟักทองสดกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของเนื้อฟักทองสด พันธุ์ฟักทองที่ทำการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ที่มากกว่าร้อยละ 11 องศาบริกซ์ ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของเนื้อฟักทองสดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแป้งในเนื้อฟักทองสด (r = 0.638*) ยังพบความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง (r = 0.766**) และปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในผงฟักทอง (r=0.659**, r = 0.610* และ r=0.588* ตามลำดับ) **(Table 3)** ซึ่งสอดคล้องกับ ภูวไนย และคณะ (2562) รายงานว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และเปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารเบต้าแคโรทีน คือ ฟักทองมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง ความหวาน และปริมาณผงฟักทองจะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของคุณภาพผลของฟักทอง ลักษณะส่วนใหญ่มีค่าบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันและการคัดเลือก สามารถทำได้โดยอาศัยลักษณะใดลักษณะหนึ่งเหล่านี้ เพื่อใช้คัดเลือกฟักทองที่มีคุณภาพผลตามที่ต้องการในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองต่อไป

Table 3 Correlation of total soluble solid (TSS), pumpkin flour percentage and pumpkin starch percentage, Beta-carotene content, Total phenolic contents and Antioxidant activity based on DPPH method in pumpkin flesh and flour of 15 lines

	% TSS	% Flour	% Starch	Beta flesh	Phenolic flesh	DPPH flesh	Beta flour	Phenolic flour	DPPH flour
%TSS	-	0.766**	0.638*	0.477^{ns}	0.203^{ns}	0.244^{ns}	0.659**	0.610*	0.588*
% Flour		-	0.926**	0.390^{ns}	0.246^{ns}	0.312^{ns}	0.576*	0.710**	0.381^{ns}
% Starch			-	0.232^{ns}	0.187^{ns}	0.108^{ns}	0.447^{ns}	0.655**	0.371^{ns}
Beta flesh				-	0.273^{ns}	0.010^{ns}	0.799**	0.602*	0.270^{ns}
Phenolic flesh					-	0.460^{ns}	0.402^{ns}	0.660**	0.059^{ns}
DPPH flesh						-	0.189^{ns}	0.311^{ns}	-0.009^{ns}
Beta flour							-	0.686**	0.203^{ns}
Phenolic flour								-	0.486^{ns}
DPPH flour									-

ns and ** : not significant and significant at 0.01 level of probability, respectively.

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) บนพื้นฐานความสัมพันธ์ของลักษณะคุณภาพผลของฟักทองทั้ง 9 ลักษณะ พบว่า สามารถอธิบายความแปรปรวนได้ทั้งหมด ร้อยละ 66.89 โดย PC1 มีค่าความแปรปรวน ร้อยละ 51.31 ได้รับอิทธิพลมาจากลักษณะปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง เปอร์เซ็นต์แป้งฟักทอง ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิค และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง ส่วน PC2 มีความแปรปรวนทั้งหมด ร้อยละ 15.54 ได้รับอิทธิพลมาจากลักษณะ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลิอิสระในเนื้อฟักทองสด จากการวิเคราะห์ PCA พบว่า มีสายพันธุ์ฟักทองจำนวน 5 พันธุ์ จากทั้งหมด 15 พันธุ์ คือ PA02, PA04, PA06, PA07 และ PA11 จะอยู่บนแกน X ของเส้นกราฟแยกกลุ่มออกมาจากประชากรอื่นๆ ที่มีคุณภาพผลที่ดี โดยมีลักษณะปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซ็นต์

ผงฟักทอง เปอร์เซ็นต์แป้งฟักทอง ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลต้านอิสระในผงฟักทอง **(Table 4, Figure 2)** โดยจากการวิเคราะห์ PCA สามารถจัดกลุ่มฟักทองด้วยลักษณะคุณภาพได้ดังนี้

บริเวณแกนบวกของ PC1 และ PC2 ในกลุ่มนี้ประกอบด้วย พันธุ์ PA03, PA08, PA12 และพันธุ์ทางการค้า SM ซึ่งฟักทองทั้ง 4 พันธุ์ เป็นฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทอง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเนื้อฟักทองสดสูง **(Table 4, Figure 2)**

บริเวณแกนบวกของ PC1 และ แกนลบของ PC2 เป็นกลุ่มของฟักทองที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในเนื้อฟักทองสดสูง แต่ค่าลักษณะอื่นๆ จะต่ำ ประกอบด้วย พันธุ์ PA10 และ PA13 **(Table 4, Figure 2)**

บริเวณแกนลบของ PC1 และ PC2 เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพที่ต่ำ ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยพันธุ์ PA01, PA06, PA09 และพันธุ์การค้า PKT **(Table 4, Figure 2)**

บริเวณแกนลบของ PC1 และแกนบวกของ PC2 มีฟักทอง 5 พันธุ์ได้แก่ PA11, PA07, PA02, PA05 และ PA04 ซึ่งมี 2 กลุ่มย่อยคือ กลุ่ม PA02 PA04 และ PA07 เป็นพันธุ์ฟักทองที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซ็นต์ผงฟักทอง เปอร์เซ็นต์แป้งฟักทอง ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทองสูง ซึ่งฟักทองอีก 2 พันธุ์ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มย่อยที่สองคือ PA05 และ PA11 เนื่องจากเป็นฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดสูงและมีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองระดับปานกลาง **(Table 4, Figure 2)**

Table 4 Eigenvalue and percentage variance of Principal component analysis (PCA) for 9 characteristics

PC	Eigenvalue	% Variance	Characteristics traits	PC 1	PC 2
1	4.62	51.35	% TSS	0.39	-0.22
2	1.40	15.54	% Flour	0.41	-0.16
3	1.14	12.61	% Starch	0.36	-0.26
4	0.77	8.59	Beta flesh	0.31	0.03
5	0.61	6.80	Phenolic flesh	0.23	0.61
6	0.26	2.87	DPPH flesh	0.16	0.55
7	0.12	1.28	Beta flour	0.38	0.11
8	0.06	0.70	Phenolic flour	0.42	0.15
9	0.02	0.26	DPPH flour	0.25	-0.39

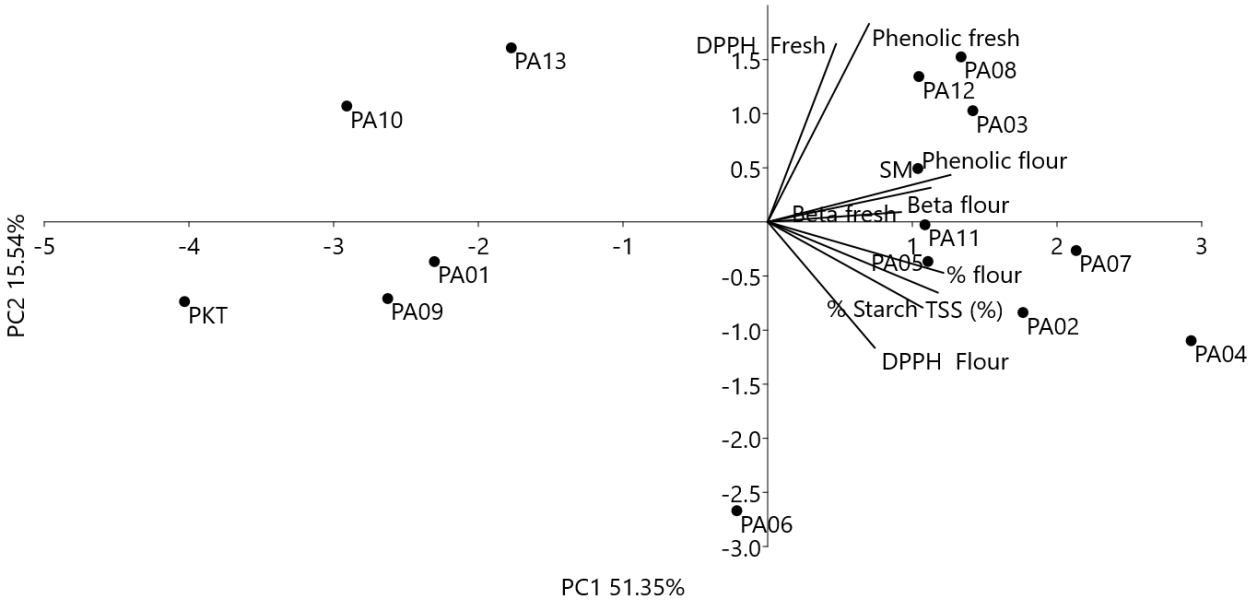

Figure 2 Principal component analysis (PCA) based on correlation matrix of 9 characteristic traits.

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้ คัดเลือกพันธุ์ฟักทองที่มีเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองที่สูงเหมาะสำหรับการแปรรูป คือ PA02 และ PA04 และปริมาณสารพฤกษเคมีทั้งในเนื้อฟักทองสดและผงฟักทองที่สูง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงกว่าพันธุ์การค้าทั่วไป รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ผงฟักทองมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณแป้งในเนื้อฟักทองสด อย่างไรก็ตาม จากการอบแห้งฟักทองในโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิที่สูง 60-65 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้คุณค่าปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญในผงฟักทองสูญหายและลดลงอย่างมาก จึงมีข้อเสนอแนะว่า ควรใช้วิธีการอบแห้งด้วยตู้อบรมร้อนในอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในการศึกษาครั้งต่อไป เพื่อรักษาคุณค่าปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญไว้ นอกจากนี้ ฟักทองทั้งสองพันธุ์ที่ได้รับคัดเลือกยังมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสดสูงกว่าฟักทองพันธุ์การค้าอีกด้วย

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ มูลนิธิชัยพัฒนา และ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการสนับสนุนการศึกษางานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอิงอ้าง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2567. พื้นที่การผลิตพืช แหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจสถิติข้อมูล การปลูกพืชย้อนหลัง. แหล่งข้อมูล: https://production.doae.go.th. ค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2568.

จำนอง โสมกุล, ธนากร ไชยศิล, ธรธ อำพล, ปณาลี ภู่วรกุลชัย, วรลักษณ์ ประยูรมหิศร และอัญมณี อาวุชานนท์. 2561. การประเมินคุณภาพผลและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของเชื้อพันธุกรรมฟักทอง 29 accessions. วารสารแก่นเกษตร. 46: 1424-1430.

ภูวไนย ไชยชุมภู, วชิรญา อิ่มสบาย, วรลักษณ์ ประยูรมหิศร, ยงยุทธ พลบัจะโปะ และอัญมณี อาวุชานนท์. 2562. การประเมินปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของฟักทองพันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่เหมาะสมต่อการแปรรูป. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37: 581-589.

มนัญญา คำวชิระพิทักษ์, สุนิษา สืบสายจันทร์, อำพรพันธุ์ สุขชู และเบญจพรรณ บุรวัฒน์. 2560. คุณสมบัติบางประการของฟักทองผงที่ผ่านการทำแห้งเพื่อใช้ในอาหารทางสายให้อาหารปั่นผสมชนิดดื่ม. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 12: 117-126.

รัชชานนท์ ทองแผ่น, วรลักษณ์ ประยูรมหิศร และอัญมณี อาวุชานนท์. 2562. การประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองเพื่อพัฒนาฟักทองสายพันธุ์แท้สารเบต้าแคโรทีนสูง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 37: 619-626.

อุทิศ สุภาพ. 2555. การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adelerin, R. O., B. O. Ifesan, and O. O. Awolu. 2022. Physicochemical, nutritional, phytoconstituents, and antioxidant properties of three different processing techniques of pumpkin (*Cucurbita pepo*) pulp flour. Ceylon Journal of Science. 51: 119-128.

Bai, Y., M. Zhang, S. C. Atluri, J. Chen, and R. G. Gilbert. 2020. Relations between digestibility and structures of pumpkin starches and pectins. Food Hydrocolloids. 106: 104746.

Kulaitiene, J., E. Jariene, H. Danilcenko, J. Cerniauskiene, A. Wawrzyniak, J. Hamulka, and E. Juknevičienė. 2014. Chemical composition of pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) flesh flours used for food. Journal of Food, Agriculture and Environment. 12: 61-64.

Kulczynski, B., A. Sidor, and A. Gramza-Michalowska. 2020. Antioxidant potential of phytochemicals in pumpkin varieties belonging to *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo* species. CyTA - Journal of Food. 18: 472-484.

Loy, J. B. 2006. Harvest period and storage affect biomass partitioning and attributes of eating quality in acorn squash (*Cucurbita pepo*). p. 568-577. In: G. J. Holmes (ed.), Cucurbitaceae Proceedings 2006. Universal Press, Raleigh, NC.

Nagata, M., and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 39: 925-928.

Penicaud, C., N. Achir, C. Dhuique-Mayer, M. Dornier, and P. Bohuon. 2011. Degradation of β-carotene during fruit and vegetable processing or storage: reaction mechanisms and kinetic aspects: A review. Fruits. 66: 417-440.

Pinyo, J., P. Luangpitaksa, M. Suphantharika, C. Hansawasdi, and R. Wongsagonsup. 2017. Improvement of sago starch extraction process using various pretreatment techniques and their pretreatment combination. Starch/Starke. 69: 1700005.

Rajendran, S., and L. Jerald. 2021. Process optimisation of pumpkin powder and its quality evaluation. The Indian Journal of Nutrition and Dietetics. 58: 32-41.

Thaipong, K., U. Boonprakob, L. Cisneros-Zevallos, and D. H. Byrne. 2005. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of guava fruits. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. 36: 254-257.

Yuan, T., F. Ye, T. Chen, M. Li, and G. Zhao. 2022. Structural characteristics and physicochemical properties of starches from winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). Food Hydrocolloids. 122: 107129.

Zinash, A., T. S. Workneh, and K. Woldetsadik. 2013. Effect of accessions on the chemical quality of fresh pumpkin. African Journal of Biotechnology. 12: 7092-7098.