



ค่าดัชนีน้ำตาลโดยประมาณของข้าวเมล็ดสีที่ปลูกในประเทศไทย

Predicted glycaemic index of color rice varieties grown in Thailand

คำรบ สมะวรรณนะ¹, พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์¹, ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา¹ และ ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา^{1*}

Khamrop Samavardhana¹, Pimchanok Phrigboonchan¹, Thawatchai Supavititpatana¹ and Piyawan Supavititpatana^{1*}

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

¹ Department of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, 65000

บทคัดย่อ: ปัจจุบันผู้บริโภคดูแลสุขภาพมากขึ้นจึงมีความสนใจรับประทานข้าวเมล็ดสีเนื่องจากมีใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาลโดยประมาณ (pGI) ของข้าวเมล็ดสีค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสตาร์ชทั้งหมดและค่า pGI ของข้าวเมล็ดสีที่ปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวลิ้มม่วง สำหรับเป็นแนวทางในการเลือกบริโภคข้าวเมล็ดสีให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าข้าวเมล็ดสีทุกสายพันธุ์มีค่า pGI ในระดับสูง ข้าวเมล็ดสีกลุ่มข้าวเจ้า ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพและข้าวสังข์หยดพัทลุง มีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดสูงกว่าและมีค่า pGI ต่ำกว่าข้าวลิ้มม่วงซึ่งเป็นข้าวเหนียว และข้าวสังข์หยดพัทลุงมีค่า pGI ต่ำที่สุด (75.74±0.08) ในกลุ่มข้าวเจ้า ดังนั้นการรับประทานข้าวสังข์หยดพัทลุงจึงเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากที่สุดในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

คำสำคัญ: ค่าดัชนีน้ำตาลโดยประมาณ; ข้าวเมล็ดสี

ABSTRACT: Nowadays, consumers are increasingly taking care of their health, so they are interested in eating color rice due to high dietary fiber and antioxidants, but it remains a paucity of information on predicted glycaemic index (pGI) value of color rice varieties. This research aimed to determine the total starch and pGI value of color rice varieties grown in Thailand, including Mali Red Rice, Riceberry, Tabtim Chumpae, Sang Yod Phattalung and Leum Pua as a guideline for consumers to choose color rice variety to the most health benefits. It was found that all color rice varieties classified as high pGI. The color rice varieties in a non-glutinous rice group which were Mali Red Rice, Riceberry, Tabtim chumpae and Sang Yod Phattalung contained higher total starch content and lower pGI value than Leum Pua which is in a glutinous rice group. In addition, Sang Yod Phattalung had the lowest pGI value (75.74±0.08) in a non-glutinous rice group. Therefore, consumption of Sang Yod Phattalung was the most beneficial for health of consumers in term of blood sugar control.

Keywords: predicted glycaemic index; color rice

บทนำ

ข้าวเมล็ดสี (color rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oryza sativa* L. วงศ์ Gramineae หรือ Poaceae เป็นข้าวที่ปลูกสำหรับการบริโภค ซึ่งรวมทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวในรูปของข้าวกล้อง ข้าวเมล็ดสีหมายถึงข้าวที่เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีตามพันธุกรรม เช่น สีแดง สีน้ำตาล สีม่วง สีม่วงดำ เนื่องจากรงควัตถุกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและเมล็ดข้าวยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่ (กระทรวง

* Corresponding author: piyawan.su@psru.ac.th

เกษตรและสหกรณ์, 2560) ปัจจุบันข้าวเมล็ดสีไทยได้รับความนิยมอย่างมากทั้งจากผู้บริโภคในประเทศและต่างประเทศ จากความโดดเด่นในด้านสีสวยงาม ความหอม ความนุ่ม และประโยชน์จากใยอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระของรวงควัฒ์ในข้าว ข้าวเมล็ดสีไทยที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวลิ้มผั่ว

จากสรรพคุณของข้าวเมล็ดสีไทยในแง่ของคาร์โบไฮเดรต สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในแง่สุขภาพแล้วเป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 72-75 ซึ่งมีผลทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นและมีผลต่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Hewson-Hughes et al., 2011) การควบคุมการรับประทานอาหารที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตสูงจึงมีความจำเป็นสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพื่อไม่ให้ปริมาณน้ำตาลในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น ในประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคเบาหวานประมาณ 4.4 ล้านคน มากเป็นอันดับ 4 รองจากจีน อินเดียและญี่ปุ่น (Strategic Planning and Evaluation Group, 2016) สำหรับการควบคุมและรักษาโรคเบาหวานผู้ป่วยมักได้รับการแนะนำให้บริโภคอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) ต่ำ (Chiu et al., 2011) ค่าดัชนีน้ำตาลเป็นหน่วยวัดผลของคาร์โบไฮเดรตต่อระดับน้ำตาลในเลือด คาร์โบไฮเดรตแตกตัวเป็นน้ำตาลอย่างรวดเร็วในระหว่างการย่อยอาหาร หรือจากหลักการคำนวณ ค่า GI หมายถึงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ใต้กราฟระดับน้ำตาลในเลือดของอาสาสมัครที่บริโภคอาหารทดสอบที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 50 กรัม เปรียบเทียบกับอาหารอ้างอิง (กลูโคสหรือขนมปังขาว) ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากัน โดยกำหนดให้อาหารอ้างอิงมีค่าดัชนีน้ำตาลเท่ากับ 100 ดังนั้นการหาค่าดัชนีน้ำตาล คือ การเปรียบเทียบพื้นที่ใต้กราฟระดับน้ำตาลในเลือดเมื่อบริโภคอาหารทดสอบ เปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟระดับน้ำตาลในเลือดเมื่อบริโภคอาหารอ้างอิง (Jenkins et al., 1981) ค่า GI มีค่าตั้งแต่ 0-100 ขึ้นกับว่าอาหารนั้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดมากหรือน้อย หลังการบริโภคอาหารนั้นเป็นเวลา 2 ถึง 3 ชั่วโมง (ธาริณี, 2564) อาหารแบ่งตามค่า GI ได้ 3 ประเภท อาหารที่มีค่า GI ต่ำ คือ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 55 ค่า GI ปานกลาง คือ มีค่ามากกว่า 55 ถึง 70 และค่า GI สูง คือ มีค่ามากกว่า 70 ขึ้นไป (คงศักดิ์, 2563; Mohan et al., 2016) ค่า GI สามารถตรวจสอบจากการทดสอบระดับน้ำตาลในเลือดของอาสาสมัคร (in vivo) ที่มีการบริโภคอาหารแล้ว 2 ชั่วโมง (Gibson et al., 2011) สำหรับการทดสอบค่าดัชนีน้ำตาลโดยประมาณ (predicted glycemic index; pGI) เป็นการทดสอบการย่อยในสภาวะจำลองหรือในหลอดทดสอบ (in vitro digestion method) ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นสำหรับการตรวจสอบในอาหารที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักโดยใช้กระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ค่า GI แบบ in vivo (Lai et al., 2016)

อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับค่า pGI ของข้าวเมล็ดสีที่ปลูกในประเทศไทยมีค่อนข้างน้อย มีการรายงานค่า pGI ของข้าวหอมนิลซึ่งมีค่า 47.87 (Pasakawee et al., 2018) แต่ยังคงขาดข้อมูลค่า pGI ของข้าวเมล็ดสีชนิดอื่นที่ปลูกในประเทศไทยและได้รับความนิยมในการรับประทาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสตาร์ชและค่า pGI ของข้าวเมล็ดสี ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวลิ้มผั่ว เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกบริโภคข้าวเมล็ดสีสำหรับผู้บริโภคกลุ่มดูแลสุขภาพหรือผู้ที่ต้องควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด

วิธีการศึกษา

1. เก็บตัวอย่างข้าวเมล็ดสีที่ปลูกในประเทศไทย จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวลิ้มผั่ว รวบรวมโดยวิสาหกิจชุมชนผลิตข้าวปลอดสารพิษตำบลชอนไพร อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ระหว่าง พฤศจิกายน 2563 ถึง กุมภาพันธ์ 2564 โดยข้าวแต่ละชนิดปลูกในพื้นที่ดังต่อไปนี้ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวลิ้มผั่วปลูกที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ข้าวทับทิมชุมแพปลูกที่อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น และข้าวสังข์หยดพัทลุงปลูกที่อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง
2. การเตรียมตัวอย่าง นำข้าวเมล็ดสีมาหุงให้สุกด้วยการเติมน้ำ 1.5 เท่า ตามวิธีการของวิสาหกิจชุมชนข้าวปลอดสารพิษตำบลชอนไพร แล้วนำไปนึ่งด้วยเครื่องนึ่งไอน้ำ (TEFAL, Steam Cuisine, Ultra Compact, Model: SERIE S04, China) นาน 50 นาที
3. วิเคราะห์ปริมาณสตาร์ชทั้งหมด (total starch) ด้วยการนำตัวอย่างข้าวเมล็ดสีที่หุงสุกแล้วมาวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดโดยใช้ชุดทดสอบของ Megazyme (Total starch (AA/AMG) test kit, Megazyme Ireland, AAA Method 76-13.01, AOAC

Method 996.11) ตามวิธีการของ McCleary et al. (2019) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณสตาร์ชทั้งหมดของข้าวเมล็ดสีด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. วิเคราะห์ค่า pGI ด้วยการนำตัวอย่างข้าวเมล็ดสีที่หุงสุกมาทดสอบในสภาวะจำลองและอาหารอ้างอิงคือขนมปังขาว ตามวิธีการของ Sopade and Gidley (2009) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า pGI ของข้าวเมล็ดสีด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ปริมาณสตาร์ชทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณสตาร์ชทั้งหมดของข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวลิ้มผัว พบว่ามีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวลิ้มผัว ตามลำดับ (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thuengtung and Ogawa (2018) ซึ่งพบว่าข้าวหอมมะลิแดงมีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดมากกว่าข้าวลิ้มผัว (ร้อยละ 73.76 ± 1.25 และ 71.23 ± 2.09 ตามลำดับ) จากการรายงานของ Yang et al. (2016) พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงระหว่างการหุงต้มมีผลให้สตาร์ชถูกชะออกมาจากเนื้อเยื่อของเมล็ดข้าวเนื่องจากการฉีกขาดของผนังเซลล์ที่ผิวของเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการหุงข้าวทับทิมชุมแพเกิดการฉีกขาดของผนังเซลล์ที่ผิวของเมล็ดข้าวน้อยที่สุดจึงสามารถกักเก็บสตาร์ชไว้ในเมล็ดข้าวได้มากที่สุด นอกจากนี้ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นกลุ่มของข้าวเจ้ามีแอมิโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 11-18 ซึ่งมากกว่าข้าวลิ้มผัวที่เป็นข้าวเหนียวมีแอมิโลสเป็นองค์ประกอบเพียงร้อยละ 0-5 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) ทั้งนี้แอมิโลสอาจเกิดการยึดเกาะกับโปรตีน ร่วมกับการเกิดรีโทรเกรเดชัน (starch retrogradation) และการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแอมิโลสกับลิปิด (Guha et al., 2011) จึงส่งผลให้หลังการหุงข้าวเมล็ดสีในกลุ่มข้าวเจ้ามีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดมากกว่าข้าวเมล็ดสีในกลุ่มข้าวเหนียว

Table 1 Total starch content of color rice varieties

Varieties	Type	Total starch (g/100g dry solid)
Mali Red Rice	Non-glutinous rice	76.18 ± 0.49^c
Riceberry	Non-glutinous rice	79.95 ± 0.92^b
Tabtim Chumpae	Non-glutinous rice	85.01 ± 0.15^a
Sang Yod Phattalung	Non-glutinous rice	70.81 ± 0.54^d
Leum Pua	Glutinous rice	66.94 ± 0.75^e

Mean \pm SD values in column with different alphabet superscript are significantly different ($P < 0.05$)

2. ค่า pGI

ข้าวเมล็ดสีที่ทำการวิจัยมีค่า pGI อยู่ในช่วง 75.74 ± 0.08 ถึง 92.86 ± 0.74 (Table 2) จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีค่า pGI สูง (มากกว่า 70) แต่ยังคงมีค่าน้อยกว่าข้าวขาวหอมมะลิซึ่งมีค่า GI อยู่ในช่วง 109 ± 10 (เนตรนภา, 2561) ข้าวเมล็ดสีแต่ละสายพันธุ์มีค่า pGI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าข้าวเมล็ดสีในกลุ่มข้าวเจ้า ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพและข้าวสังข์หยดพัทลุง มีค่า pGI ต่ำกว่าข้าวลิ้มผัวซึ่งเป็นข้าวเหนียว (Table 2) เป็นผลมาจากปริมาณแอมิโลสที่แตกต่างกัน (Yosof et al., 2005) เนื่องจากข้าวเมล็ดสีในกลุ่มข้าวเจ้ามีปริมาณแอมิโลสสูงกว่าข้าวเหนียว ข้าวที่มีแอมิโลสสูงมีอัตราการย่อยช้ากว่าเนื่องจากแอมิโลสเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับลิปิด (Guraya et al., 1997) กลูโคสในแอมิโลสเกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากกว่า

แอมิโลเพกทินทำให้ขัดขวางการย่อยด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้แอมิโลเพกทินมีโมเลกุลใหญ่กว่าแอมิโลสทำให้พื้นที่ผิวสำหรับการยึดเกาะของเอนไซม์มากกว่า ทำให้เกิดการย่อยได้เร็วกว่า เป็นผลให้ข้าวที่มีแอมิโลสเป็นองค์ประกอบมากกว่าเกิดการย่อยช้ากว่าจึงมีค่า pGI ต่ำกว่า (Behall and Hallfrisch, 2002)

ข้าวเมล็ดสีในกลุ่มข้าวเจ้าที่มีค่า pGI ต่ำที่สุดคือ ข้าวสังข์หยดพัทลุง สูงขึ้นมาคือ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวหอมมะลิแดง ตามลำดับ (Table 2) แม้ว่าจะงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสในข้าวเมล็ดสี แต่อย่างไรก็ตามลักษณะข้าวสุกและคุณภาพการรับประทานสามารถทำนายปริมาณแอมิโลสในข้าวได้ (Yusof et al., 2005) โดยข้าวสุกที่มีปริมาณแอมิโลสสูงมีลักษณะแข็งร่วนและต้องใช้เวลาในการหุงนานกว่าข้าวที่มีแอมิโลสต่ำกว่า (Dipti et al., 2004) จากการที่ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีค่า pGI ต่ำที่สุดในกลุ่มข้าวเจ้าอาจเนื่องมาจากข้าวสังข์หยดพัทลุงมีปริมาณแอมิโลสสูงที่สุด รองลงมาคือข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวหอมมะลิแดงตามลำดับ ด้วยเหตุที่ข้าวสังข์หยดพัทลุงเมื่อหุงสุกมีลักษณะแข็งร่วนส่วนข้าวหอมมะลิแดงเมื่อหุงสุกแล้วมีลักษณะนุ่มและเหนียว

Table 2 pGI value of color rice varieties

Varieties	Type	pGI	Category ¹
Mali Red Rice	Non-glutinous rice	86.18±0.15 ^b	High
Riceberry	Non-glutinous rice	80.97±0.04 ^c	High
Tabtim Chumpae	Non-glutinous rice	77.05±0.03 ^d	High
Sang Yod Phattalung	Non-glutinous rice	75.74±0.08 ^e	High
Leum Pua	Glutinous rice	92.86±0.74 ^a	High

Mean ± SD values in column with different alphabet superscript are significantly different (P<0.05)

¹Source: Mohan et al. (2016)

สรุป

ข้าวหอมมะลิแดง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวลิ้มผัวจัดเป็นข้าวที่มีค่า pGI ในระดับสูง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่า pGI ของข้าวเมล็ดสีไทยแต่ละชนิด พบว่าข้าวสังข์หยดพัทลุง ข้าวทับทิมชุมแพ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวหอมมะลิแดงซึ่งเป็นข้าวเมล็ดสีไทยกลุ่มข้าวเจ้ามีค่า pGI ต่ำกว่าและมีปริมาณสตาร์ชทั้งหมดสูงกว่าข้าวลิ้มผัวซึ่งเป็นข้าวเหนียว นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวสังข์หยดพัทลุงมีค่า pGI ต่ำที่สุด การรับประทานข้าวสังข์หยดพัทลุงจึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและผู้บริโภคกลุ่มดูแลสุขภาพที่ต้องการรับประทานข้าวเมล็ดสีไทยในแง่ของการมีใยอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ และต้องการเลือกรับประทานข้าวที่มีอัตราการย่อยสตาร์ชต่ำที่สุดเพื่อให้มีกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดช้าที่สุด

คำขอขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมอาหารและบรรจุภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการมอบงบประมาณสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนผลิตข้าวปลอดสารพิษตำบลขอนแก่น จังหวัดเพชรบูรณ์ สำหรับการสนับสนุนข้าวเมล็ดสีสำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. มาตรฐานสินค้าเกษตร : ข้าวสีไทย มาตรฐานเลขที่ มกษ. 4006 – 2560. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- คงศักดิ์ ศรีแก้ว. 2563. ดัชนีน้ำตาล: หลักการและการประยุกต์ใช้. อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.
- ธาริณี นิลกำแหง. 2564. การประเมินค่าดัชนีน้ำตาลของข้าว กข43 และผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการเลียนแบบการย่อยของน้ำตาล. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 16(1): 59-77.
- เนตรนภา จิตตะระ. 2561. การศึกษาเปรียบเทียบผลของการรับประทานข้าวกล้องหอมนิลกับข้าวขาวหอมมะลิต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร.
- Behall, K.M., and J. Hallfrisch. 2002. Plasma glucose and insulin reduction after consumption of breads varying in amylose. *European Journal of Clinical Nutrition*. 56: 913-920.
- Chiu, C.-J., S. Liu, W.C. Willett, T.M. Wolever, J.C. Brand-Miller, A.W. Barclay, and A. Taylor. 2011. Informing food choices and health outcomes by use of the dietary glycemic index. *Nutrition Reviews*. 69(4): 231-242.
- Dipti, S.S., S.T. Hossain, M.N. Bari, and K.A. Kabir. 2004. Physicochemical and cooking properties of some fine rice varieties. *Pakistan Journal of Nutrition*. 1(4): 188-190.
- Gibson, N., H.C. Schönfeldt, and B. Pretorius. 2011. Development of a rapid assessment method for the prediction of the glycemic index. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24: 750-754.
- Guha, M., S. Shetty Umesh, S.Y. Reddy, and N.G. Malleshi. 2011. Functional properties of slow carbohydrate digestible rice produced adapting hydrothermal treatment. *International Journal of Food Properties*. 14(6): 1305-1317.
- Guraya, H.S., R.S. Kadan, and E.T. Champagne. 1997. Effect of rice starch-lipid complexes on in vitro digestibility, complexes on in vitro digestibility, complexing index, viscosity. *Cereal Chemistry*. 74: 561-565.
- Hewson-Hughes, A.K., M.S. Gilham, S. Upton, A. Colyer, R. Butterwick, and A.T. Miller. 2011. The effect of dietary starch level on postprandial glucose and insulin concentrations in cats and dogs. *British Journal of Nutrition*. 106: S105-S109.
- Jenkins, D.J.A., T.M.S. Wolever, R.H. Taylor, H. Barker, H. Fielden, J.M. Baldwin, A.C. Bowling, H.C. Newman, A.L. Jenkins, and D.V. Goff. 1981. Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 34: 362-366.
- Lai, M.-H., K.-L. Liu, P.-Y. Chen, N.-J. Ke, J.-J. Chen, J.-M. Sung, Y.-L. Wu, and S.-D. Lin. 2016. Predicted glycemic index and glycemic index of rice varieties grown in Taiwan. *Cereal Chemistry*. 93(2): 150-155.
- McCleary, B.V., L.M.J. Charmier, and V.A. McKie. 2019. Measurement of starch: Critical evaluation of current methodology. *Sarch-Stärke*. 71: 1800146(1-13).
- Mohan V., R.M. Anjana, R. Gayathri, M.R. Bai, N. Lakshmi priya, V. Ruchi, K.K. Balasubramaniam, M.M. Jakir, S. Shobana, R. Unnikrishnan, K. Krishnaswamy, J.K. Henry, and V. Sudha. 2016. Glycemic index of a novel high-fiber white rice variety developed in India-A randomized control trial study. *Diabetes Technology and Therapeutics*. 18(3): 164-170.
- Pasakawee, K., T. Laokuldilok, S. Srichairatanakool, and N. Utama-ang. 2018. Relationship among starch digestibility, antioxidant, and physicochemical properties of several rice varieties using principal component analysis. *Current Applied Science and Technology*. 18(3): 133-144.
- Sopade, P.A., and M.J. Gidley. 2009. A rapid in-vitro digestibility assay based on glucometry for investigating kinetics of starch digestion. *Sarch-Stärke*. 61: 245-255.

- Strategic Planning and Evaluation Group. 2016. Annual report, 2016. Bureau of Non-Communicable Diseases (NCDs), Department of Disease Control, Ministry of Public Health, Bangkok: The War Veterans Organization of Thailand Press. (in Thai).
- Thuengtung, S., and Y. Ogawa. 2018. Morphological structure, starch fractions and starch digestibility of three pigmented rice cultivars cooked by microwave cooking. *Journal of Food Science and Agricultural Technology*. 4(Spcl. Iss.): 17-22.
- Yang, L., Y.-H. Sun, Y. Liu, Q. Mao, L.-X. You, J.-M. Hou, and M.A. Ashraf. 2016. Effects of leached amylose and amylopectin in rice cooking liquid on texture and structure of cooked rice. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 59: 1-11.
- Yusof, B.N.M., R.A. Talib, and N.A. Karim. 2005. Glycaemic index of eight types of commercial rice in Malaysia. *Malaysian Journal of Nutrition*. 11(2): 151-163.