

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเปรียบเทียบดัชนีน้ำตาลของเส้นก๋วยเตี๋ยวและเส้นบะหมี่อบแห้งสูตรโยอาหารสูงกับสูตรมาตรฐาน ในอาสาสมัครสุขภาพดี

ชนากานต์ เข้มทอง⁽¹⁾, เชาวน์ ชูพีรชน⁽¹⁾, ณัฐรา อ่อนน้อม⁽¹⁾, อุทัยวรรณ สุทธิคันสนีย⁽¹⁾, ศิริณา ทังศิริ⁽¹⁾, รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์⁽¹⁾,
นิรมล ม่วงประชา^{(1)*}

วันที่ได้รับต้นฉบับ: 14 มีนาคม 2568

วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 30 เมษายน 2568

* ผู้รับผิดชอบบทความ

(1) สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

ค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic Index: GI) จำเป็นต่อการเลือกบริโภคอาหารโดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวาน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นที่นิยมบริโภคอยู่ในระดับจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic Index, GI), ในผลิตภัณฑ์เส้น ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง และเส้นบะหมี่อบแห้ง สูตรมาตรฐาน และสูตรโยอาหารสูง และฮอโมนอินซูลิน ในอาสาสมัครสุขภาพดี 12 คน (เพศชาย 6 คน และเพศหญิง 6 คน) อายุเฉลี่ย 29.00 ± 3.00 ปี ค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ (21.00 ± 1.50 กก./ม²) ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (85.00 ± 7.00 มก./เดซิลิตร) และ HbA1c ($4.60\% \pm 0.20$) อยู่ในเกณฑ์ปกติ อาสาสมัครได้รับอาหารอ้างอิง ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง แบบสุ่ม ครึ่งละ 1 ชนิด ระยะเวลาห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์ การเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือดและฮอโมนอินซูลิน จะเก็บที่เวลา 0, 15, 30, 45, 60, 90 และ 120 นาที หลังรับประทาน เพื่อดูค่าพื้นที่ใต้กราฟของทั้งสองอย่าง แล้วนำเฉพาะส่วนของพื้นที่ใต้กราฟน้ำตาลไปคำนวณค่าดัชนีน้ำตาล ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยดัชนีน้ำตาลปานกลาง, ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรโยอาหารสูง มีค่าเฉลี่ยดัชนีน้ำตาลต่ำ, ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง สูตรมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยดัชนีน้ำตาลปานกลาง และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง มีค่าเฉลี่ยดัชนีน้ำตาลต่ำ การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอโมนอินซูลิน พบว่าเพิ่มขึ้นไปสูงสุดที่นาที่ที่ 30 และค่อยๆ ลดลง ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นที่เวลา 120 นาที โดยผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง มีค่าพื้นที่ใต้กราฟของการหลั่งอินซูลินน้อยกว่าอาหารอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value}=0.021$) การศึกษานี้สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง สูตรโยอาหารสูง สามารถนำมารับประทานเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดี มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เหมาะสมกับการเป็นทางเลือกในตลาดอาหารสุขภาพ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือโรคอ้วนต่อไป

คำสำคัญ: ค่าน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหาร, แหล่งอาหารจำพวกข้าวแป้ง, โรคเบาหวาน, โรคอ้วน

Original Article

Comparative Study of the Glycemic Index of High Fiber Rice Flour Noodles and Instant (non-fried) Wheat Flour Noodles in Healthy Subjects

Chanakan Khemthong⁽¹⁾, Chaowanee Chupeerach⁽¹⁾, Nattira On-nom⁽¹⁾, Uthaiwan Suttisansanee⁽¹⁾,
Sirinapa Thangsiri⁽¹⁾, Rungrat Chamchan⁽¹⁾, Niramol Muangpracha^{(1)*}

Received Date: March 14, 2025

Accepted Date: April 30, 2025

* Corresponding author

(1) Institute of Nutrition, Mahidol University

Abstract

The glycemic index (GI) is an important consideration in food selection, particularly for individuals with diabetes. However, data on the GI values of commonly consumed noodle products remain limited. This study aimed to analyze the glycemic index (GI) insulin response in twelve healthy subjects, after consumed developed noodle products, including high fiber whole grain rice flour noodle and instant (non-fried) wheat flour noodle. The healthy subjects were both genders (6 males and 6 females) with an average age of 29.00 ± 3.00 years. The body mass index (BMI) was within the normal range (21.00 ± 1.50 kg/m²), the average fasting blood glucose (85.00 ± 7.00 mg/dL), and HbA1c ($4.60\% \pm 0.20$) were within normal limits. Subjects were given randomized meals consisting of reference food (glucose solution), whole grain rice noodles (standard and high fiber formulas), instant (non-fried) wheat flour noodle (standard and high fiber formulas), with approximately one week between each trial. Blood samples were collected to analyze blood glucose and insulin levels at 0, 15, 30, 45, 60, 90, and 120 minutes after consumption. The results showed that the standard whole grain rice flour and instant wheat flour noodles had a medium GI. Interestingly, the developed formulas including high fiber whole grain rice flour and instant wheat flour noodles had low GI. Serum insulin peaked at 30 minutes, then gradually declined to baseline at 120 minutes. High-fiber non-fried whole wheat noodles showed significantly lower insulin AUC than the reference food (p -value = 0.021). This study concluded that both the high fiber whole grain rice flour and instant whole wheat flour noodles could be good carbohydrate sources and offer a healthier food product for patients with diabetes, obesity, or general people.

Keywords: Postprandial Glycemic Response, Carbohydrate Food Source, Diabetes Mellitus, Obesity

บทนำ

ผลิตภัณฑ์เส้น (Noodles) เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็น เส้นหมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยว และเส้นบะหมี่ เนื่องจากเป็นอาหารที่บริโภคง่าย มีราคาไม่แพง และมีขั้นตอนในการปรุงประกอบไม่ซับซ้อน และยังเป็นอาหารหลักของคนทั่วโลก ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์เส้นจะทำมาจากแป้ง เช่น แป้งข้าวหรือแป้งสาลี และน้ำ จึงมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ผู้บริโภค และส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือด (Anderson & Pasupuleti, 2008) ตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตต่อระดับน้ำตาลในเลือดเรียกว่า ดัชนีน้ำตาล (Glycemic index; GI) (Jenkins et al., 2002) อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง จะส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงสู่ระดับต่ำกว่าปกติอย่างรวดเร็ว นำมาสู่การตอบสนองของอินซูลินในปริมาณที่สูง ทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในตับอ่อนทำงานหนักจนอ่อนล้า ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน (Hodge et al., 2004; Hopping et al., 2010) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางสุขภาพ และเป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุข (Nounmusig et al., 2018)

ค่าดัชนีน้ำตาลในอาหารนั้นขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ การปรุง และวิธีการผลิตอาหาร (Cui et al., 2024) ปัจจุบันมีการพัฒนาด้านการผลิตอาหารให้มีใยอาหารสูง โดยการเติมอินูลิน (Inulin) ซึ่งเป็นสารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ ไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหาร มีลักษณะเป็นเส้นใย (dietary fiber) พบได้ตามธรรมชาติในหัวพืช ผัก ผลไม้ และสมุนไพรกว่า 3000 ชนิด (Wichienchot et al., 2011) เป็นสารที่ได้รับการรับรองมาตรฐานยอมรับความปลอดภัยในสหรัฐอเมริกา (Generally recognized as safe; GRAS) และถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปโดยใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาลหรือไขมันที่ให้พลังงานเพียงร้อยละ 25-35 เมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ มีระดับความหวานประมาณร้อยละ 10 ของน้ำตาลซูโครส อินูลินมีทำหน้าที่เป็นใยอาหาร ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก จึงไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก ร้อยละ 90 ของอินูลินสามารถผ่านลงสู่ลำไส้ใหญ่ และเกิดกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์กับร่างกาย (probiotics) ซึ่งอาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่

(Turner & Lupton, 2011) นอกจากนี้อินูลินจะให้พลังงานต่ำแล้ว ยังมีส่วนช่วยควบคุมความอยากอาหาร ปัจจุบัน จึงมีการนำอินูลินมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหาร ได้แก่ ขนมปัง เครื่องดื่ม ทดแทนมาการีน แครกเกอร์ เครื่องปรุง ซอส เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้อาหารที่ดังกล่าวมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Vorasoot & Jogloy, 2006) และจากการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับอินูลินวันละ 10 กรัม ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สามารถลดน้ำตาลในเลือด และตัวชี้วัดสารอักเสบซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อพยาธิสภาพของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเบาหวานได้ เช่น อินเตอร์ลิวคิน-6 (IL-6) และทูเมอร์เนโครซิสแฟกเตอร์-อัลฟา (TNF- α) เป็นต้น (Dehghan et al., 2014)

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาค่าดัชนีน้ำตาลและฮอโมนอินซูลิน ที่เกิดขึ้นหลังรับประทาน ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเส้นจากข้าว ได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้ง และเส้นจากแป้งสาลี ได้แก่ เส้นบะหมี่อบแห้ง ซึ่งเป็นอาหารที่ประชาชนบริโภคโดยทั่วไป ทั้งแบบสูตรเดิม (สูตรมาตรฐาน) และสูตรใหม่ (เติมอินูลิน) ที่เพิ่มเส้นใยอาหาร ให้มีค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งนี้ อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ คือ อาหารที่ไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การรับประทานอาหารกลุ่มดัชนีน้ำตาลต่ำนี้ จะช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดี

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง และเส้นบะหมี่อบแห้ง และผลการตอบสนองของระดับฮอโมนอินซูลิน ในอาสาสมัครสุขภาพดี

วิธีดำเนินการวิจัย

● รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเป็นแบบสุ่มสลับ (cross over study design) ในอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีจำนวน 12 คน จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การศึกษาเกี่ยวกับค่าดัชนีน้ำตาลของอาหาร โดยศึกษาจากผลของระดับน้ำตาลในเลือดในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี มักมีขนาดตัวอย่าง 12 คนขึ้นไป ต่ออาหาร 1 ชนิด (Brouns

et al., 2005; De Joanna et al., 2008; International Organization for Standardization, 2010; Songchitsomboon et al., 2021) และสอดคล้องกับข้อเสนอแนะในการศึกษาของ FAO/WHO (FAO/WHO, 1998) อาสาสมัครทุกคนได้รับประทานผลิตภัณฑ์ทุกสูตรแบบสุ่ม เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานตั้งแต่หน้าที่ 0-120

● กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้รับการเชิญชวนผ่านโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ ติดที่บอร์ดตามจุดต่างๆ ของสถาบันโภชนาการ โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ประโยชน์และความเสี่ยงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบ จากนั้นผู้ที่สนใจเข้าร่วมวิจัยได้รับการติดต่อนัดหมาย สอบถามประวัติสุขภาพ เพื่อคัดกรองตามเกณฑ์การคัดเลือกคือ เพศหญิงและเพศชายที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20-45 ปี, มีค่าดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) 18.5-22.9 กิโลกรัม/เมตร², ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง (Fasting blood glucose) มีค่าระหว่าง 70-100 มิลลิกรัม/เดซิลิตร, ค่า HbA_{1c} ระหว่าง 4.0-5.7 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์, ไม่มีประวัติหรือคนในครอบครัวเป็นโรคเบาหวาน, ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกแล้วไม่น้อยกว่า 6 เดือน, ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา, ไม่รับประทานยาหรืออาหารเสริมที่มีผลต่อกระบวนการเผาผลาญของร่างกาย และไม่มีประวัติการแพ้ส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ ไม่ชอบบริโภคผลิตภัณฑ์เส้นและน้ำซุบ, เพศหญิงที่อยู่ในระหว่างตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร หรือวางแผนจะมีบุตรในช่วง 3 เดือนข้างหน้า

● วิธีการสุ่มตัวอย่าง

ผู้เข้าร่วมการศึกษาค้างแต่ละคนรับประทานอาหารที่ใช้ในการวิจัยโดยการสุ่ม ครั้งละ 1 ชนิด ระยะเวลาห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์ อาหารอ้างอิง (reference food) คือ สารละลายน้ำตาลกลูโคส (25 กรัม) และอาหารทดสอบ 4 ชนิด ได้แก่ 1) ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน (whole grain rice noodles standard, RNSTD), 2) ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรใยอาหารสูง (high fiber whole grain rice noodles, RNHF), 3) ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง สูตรมาตรฐาน (standard non fried noodles, NFNSTD) และ 4) ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรใยอาหาร

สูง (high fiber non fried whole wheat noodles high fiber, NFNHF) ซึ่งอาหารที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 5 ชนิดมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ ปริมาณ 25 กรัมเท่ากัน โดยผลิตภัณฑ์เส้นทั้งหมด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากบริษัทไทยเพอร์ซิเดนทึฟู้ดส์ จำกัด (มหาชน) โดยมีการเติมอินูลินเฉพาะในสูตรใยอาหารสูง

● เครื่องมือที่ใช้และวิธีการวิจัย

ผู้สนใจเข้าร่วมการศึกษาค้างจำนวน 12 คน ได้รับการนัดหมายมาคัดกรองตามเกณฑ์การคัดเลือก ผู้วิจัยอธิบายประโยชน์และความเสี่ยงของการวิจัย ตามเอกสารชี้แจงอาสาสมัคร และผ่านตามเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมด เมื่อผู้เข้าร่วมการศึกษาค้างตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว และลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร ก่อนวันเข้าร่วมทดสอบ 1 วัน ผู้เข้าร่วมการศึกษาค้างทุกคน ได้รับการแนะนำให้งดออกกำลังกาย หรือเล่นกีฬาหนัก และได้รับประทานอาหารมื้อเย็นที่จัดเตรียมให้ โดยสามารถรับประทานที่บ้าน และแนะนำให้รับประทานอาหารเช้าให้เสร็จก่อนเวลา 20.00 น. หลังจากนั้นห้ามรับประทานอาหารใดๆ ยกเว้นน้ำเปล่า เป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง จนถึงเช้าวันที่ทำการศึกษาค้างสำหรับการเตรียมอาหารเส้นเพื่อทดสอบ จะผ่านการทำให้สุกและเสิร์ฟในรูปแบบเส้นพร้อมน้ำซุบ ส่วนอาหารอ้างอิง (สารละลายน้ำตาลกลูโคส) ทำการเตรียมแก้วต่อแก้ว โดยใช้สารละลายน้ำตาลกลูโคส (25 กรัม) ละลายในน้ำอุ่น (60-70 °C) ให้ปริมาณสุดท้ายเท่ากับ 200 มิลลิลิตร ในเช้าวันทดสอบผู้เข้าร่วมการศึกษาค้างได้รับน้ำหนักและวัดความดันโลหิต และมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดของผู้เข้าร่วมการศึกษาค้าง ซึ่งได้รับประทานอาหารทดสอบและถูกเจาะเลือดที่แขนบริเวณข้อพับ ด้วยเข็มสะอาด ปราศจากเชื้อโดยพยาบาลวิชาชีพ เพื่อวิเคราะห์หาระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือด ทำการเก็บเลือดครั้งละ 5 มิลลิลิตร ที่เวลา 0, 15, 30, 45, 60, 90, และ 120 นาที ตามลำดับหลังรับประทานอาหาร การรับประทานอาหารค้างแรกนับเป็นเวลานานที่ 0 โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมการศึกษาค้างทั้งสิ้น 6 ครั้ง (คัดกรองอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยทดสอบอาหาร และทดสอบสารละลายน้ำตาลอ้างอิง) (ภาพที่ 1)

● การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณค่าดัชนีน้ำตาล

ปริมาณน้ำตาลในเลือดแต่ละช่วงเวลาถูกนำมาคำนวณหาค่าดัชนีน้ำตาลในอาหารที่ใช้ในการวิจัยของผู้เข้าร่วมการศึกษาแต่ละคนจากการหาพื้นที่ใต้กราฟ (Incremental area under the curve, IAUC) ระหว่างค่าน้ำตาลในเลือด (แกน Y) กับเวลาที่เจาะเลือด (แกน X) ของอาหารทดสอบเทียบกับอาหารอ้างอิง ดังนั้น ค่า GI ของอาหารทดสอบ คือ ค่าเฉลี่ยของ GI ของผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมดในการวิจัยนี้ ดังสมการ การคำนวณหา

$$\frac{\text{IAUC ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหารทดสอบ}}{\text{IAUC ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหารอ้างอิง}} \times 100$$

● สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS 18.0 (Chicago, USA). ในรูปของค่าเฉลี่ย (means) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviations) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard errors) หลังจากทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลแล้ว ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) ร่วมกับการทดสอบเปรียบเทียบแบบ Bonferroni เพื่อทดสอบความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือดและอินซูลินของอาหารที่ใช้ในงานวิจัย กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p\text{-value} < 0.05$

● จริยธรรมในการวิจัย

งานวิจัยได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหิดล COA No. MU-CIRB 2024/001.0401

ผลการวิจัย

● องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดสอบและอาหารอ้างอิง

ข้อมูลสารอาหารหลักของอาหารทดสอบ ได้แก่ พลังงาน, โปรตีน, ไขมันทั้งหมด และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด แสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับปริมาณใยอาหารทั้งหมด พบว่า ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน (RNSTD), ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรใยอาหารสูง (RNHF), ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งสูตรมาตรฐาน (NFNSTD) และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรใยอาหารสูง (NFNHF) มีปริมาณใย

อาหารทั้งหมดเท่ากับ 6.13, 12.30, 2.52 และ 13.60 กรัม ต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ

● ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 12 คน (เพศชาย 6 คน และเพศหญิง 6 คน) มีลักษณะทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยมีอายุเฉลี่ย 29.00 ± 3.00 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปกติเท่ากับ 21.00 ± 1.50 กก./ม² ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร และ HbA_{1c} อยู่ในเกณฑ์ปกติเท่ากับ 85.00 ± 7.00 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และ $4.60 \pm 0.20\%$ ตามลำดับ มีระดับไขมันในเลือดและการทำงานของตับและไตอยู่ในเกณฑ์ปกติ และไม่มีประวัติแพ้ส่วนประกอบในอาหารที่ใช้ในงานวิจัย

● การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดและค่าดัชนีน้ำตาล

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดของอาสาสมัครหลังรับประทานอาหารอ้างอิง และอาหารทดสอบที่เวลา 0 ถึง 120 นาที แสดงดังภาพที่ 2A และภาพที่ 3A ซึ่งเห็นได้ว่าน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นสูงสุด (postprandial blood glucose peak value) หลังรับประทานอาหารอ้างอิง และอาหารทดสอบที่เวลา 30 นาที โดยค่าการเปลี่ยนแปลงสูงสุดเทียบกับนาที่ 0 หลังรับประทานผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้องสูตรใยอาหารสูง (RNHF) เท่ากับ 30.25 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้องสูตรมาตรฐาน (RNSTD) เท่ากับ 38.83 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ส่วนผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งสูตรมาตรฐาน (NFNSTD) เท่ากับ 32.12 มิลลิกรัม/เดซิลิตร และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีตสูตรใยอาหารสูง (NFNHF) เท่ากับ 24.56 มิลลิกรัม/เดซิลิตร จากนั้นระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำใกล้เคียงระดับน้ำตาลในเลือดก่อนรับประทาน เมื่อสิ้นสุดการศึกษา ระดับน้ำตาลในเลือดกลับเข้าสู่สภาวะปกติที่เวลา 120 นาที ทั้งอาหารอ้างอิงและอาหารทดสอบ การหาพื้นที่ใต้กราฟ (area under curve, AUC) ค่าน้ำตาลในเลือด ดังภาพที่ 2C และ 3C พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรใยอาหารสูง สูตรมาตรฐาน และผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรใยอาหารสูง มีค่า $p\text{-value} = 0.05, 0.041$ และ 0.001 ตามลำดับ) ระหว่างการรับประทานอาหารอ้างอิงและอาหารทดสอบ

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีน้ำตาลของอาหารทดสอบทั้ง 4 ชนิด (ตารางที่ 3) พบว่าผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรโยอาหารสูง (RNHF) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ($GI=55$), สูตรมาตรฐาน (RNSTD) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง ($GI=69$), ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง (NFNHF) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ($GI=40$) และสูตรมาตรฐาน (NFNSTD) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง ($GI=67$)

● การเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนอินซูลิน

การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนอินซูลินของอาสาสมัครหลังรับประทานอาหารอ้างอิง และอาหารทดสอบที่เวลา 0, 15, 30, 45, 60, 90 และ 120 นาที แสดงดังภาพที่ 2B และ 3B พบว่าระดับฮอร์โมนอินซูลินเพิ่มขึ้นไปสูงสุดที่นาที่ที่ 30 และค่อยๆ ลดลง ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นที่เวลา 120 นาที ค่าพื้นที่ใต้กราฟของฮอร์โมนอินซูลินหลังออกมาหลังรับประทานผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ดังภาพที่ 2D และ 3D แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับอาหารอ้างอิง (ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว สูตรโยอาหารสูง (RNHF) $p\text{-value}=0.171$ และสูตรมาตรฐาน (RNSTD) $p\text{-value}=0.854$) แต่ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง (NFNHF) มีค่าพื้นที่ใต้กราฟของการหลั่งอินซูลินน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value}=0.021$)

บทสรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน (RNSTD) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง สูตรโยอาหารสูง (RNHF) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรมาตรฐาน (NFNSTD) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง และสูตรโยอาหารสูง (NFNHF) อยู่ในค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนอินซูลิน หลังรับประทานอาหารอ้างอิง และอาหารทดสอบ พบว่าเพิ่มขึ้นไปสูงสุดที่นาที่ที่ 30 และค่อยๆ ลดลง ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นที่เวลา 120 นาที ค่าพื้นที่ใต้กราฟของฮอร์โมนอินซูลินหลังออกมาหลังรับประทานผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง (NFNHF) มีค่าพื้นที่ใต้กราฟของการหลั่งอินซูลินน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} =$

0.021) ซึ่งคุณสมบัติด้านค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจนถึงปานกลางนี้ เกิดขึ้นจากส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ข้าวกล้อง อินูลิน ตลอดจนแป้งรำข้าว เป็นต้น ที่ส่งผลต่อปริมาณโยอาหารในผลิตภัณฑ์ (Sriprapai et al., 2018) ในผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง (NFNHF) พบว่ามีค่าโยอาหารจากการตรวจวิเคราะห์สูงที่สุด และมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Capriles & Arêas (2013) ที่ได้ศึกษาผลของการเติมอินูลินไทป์ฟรุคแทน (Inulin-Type Fructans, ITFs) ในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน (Gluten-Free Bread, GFB) พบว่า สูตรที่เติม ITFs (12%) มีปริมาณโยอาหารสูง และมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่าอินซูลินมีส่วนช่วยในการลดระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานผลิตภัณฑ์ และการศึกษาของ On-Nom et al. (2022) พบว่า มื้ออาหารที่พัฒนาขึ้นได้แก่ ข้าวผัดกะเพราไก่, พาสต้าโฮลวีตผัดไก่ และข้าวไก่หนึ่งกับเห็ดหอมปรุงรส มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ส่วนข้าวผัดหมู และข้าวหน้าไก่ราดซอส มีค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง อาหารทั้งหมดมีปริมาณโยอาหารสูง โดยเฉพาะโยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ เช่น เบต้ากลูแคน ที่พบจากเห็ดหอม และผักต่างๆ ช่วยชะลอการเคลื่อนตัวของอาหารจากกระเพาะ ทำให้น้ำตาลในอาหารถูกดูดซึมเป็นไปอย่างช้าๆ ลดการเพิ่มของระดับน้ำตาลในเลือด

การรับประทานอาหารที่มีโยอาหารจะทำให้มีอินูลินและลดความหิวในมื้อต่อไป ตลอดจนช่วยรักษาสมดุลลำไส้และการขับถ่าย (Vattanapongpisan, Chongsuwat & Bumrungpert, 2015) โดยแนะนำให้บริโภคโยอาหารประมาณ 25 กรัมต่อวัน ซึ่งในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรโยอาหารสูง และเส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีตสูตรโยอาหารสูงยังเป็นแหล่งที่ดีเยี่ยมของโยอาหาร (กองอาหาร กระทรวงสาธารณสุข, 2566) นอกจากนี้ โยอาหารยังเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณสมบัติด้านค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ โดยอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง จะส่งผลดีต่อสุขภาพ และเป็นอาหารทางเลือกสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เพราะเป็นอาหารที่ย่อยและการดูดซึมช้า โดยเพิ่มโอกาสให้อาหารสัมผัส L-cell ของลำไส้เล็กส่วนปลาย (distal small intestine) กระตุ้นให้เกิดการสร้างฮอร์โมน GLP-1 เพิ่มสูงขึ้น (Jenkins et al.,

2002; Vollmer et al., 2008) และการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้ β -cell ในตับอ่อนมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มสูงขึ้น ช่วยให้อินซูลินทำงานได้ดีขึ้น และมีส่วนในการกระตุ้นให้สมองส่วนควบคุมความหิวอิ่มทำงานมีประสิทธิภาพเกิดภาวะอ้วนขึ้น (Nounmusig et al., 2018) งานวิจัยนี้พบว่าผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้องสูตรโยอาหารสูง (RNHF) และ ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง (NFNHF) ที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำ การเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนอินซูลินน้อย และมีโยอาหารสูง โดยสามารถนำมารับประทานเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดี เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับกลุ่มบุคคลทั่วไป หรือสำหรับป้องกันหรือดูแลผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรพิจารณาการวิจัยในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 หรือกลุ่มผู้สูงอายุ เพื่อเปรียบเทียบผลของค่าดัชนีน้ำตาลและการ

ตอบสนองของฮอร์โมนอินซูลินในแต่ละกลุ่มเป้าหมาย ให้ได้ข้อมูลที่มีความเฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการได้อย่างเหมาะสม อันเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในการเลือกผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่เสียสละเวลาอันมีค่าเข้าร่วมและให้ความร่วมมือกับการศึกษาเป็นอย่างดี ขอขอบคุณบริษัท ไทยเพรซิเดนท์ ฟู้ดส์ จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนทุนวิจัย โดยทางบริษัทฯ ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบ การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกสถานที่ อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กองอาหาร กระทรวงสาธารณสุข. (2566). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 445) ออกความตามในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 เรื่องฉลากโภชนาการ. ค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2568, จาก <https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=583907023645712384&name=P445.pdf>
- Anderson, J. W., & Pasupuleti, V. K. (2008). Nutraceuticals and diabetes prevention and management. In V. K. Pasupuleti & J. W. Anderson (Eds.). *Nutraceuticals, glycemic health and type 2 diabetes*. (pp. 1-9). Singapore: Fabulous Printers.
- Brouns, F., Bjorck, I., Frayn, K., Gibbs, A., Lang, V., Slama, G., & Wolever, T. (2005). Glycaemic index methodology. *Nutrition research reviews*, 18(1), 145-171.
- Capriles, V. D., & Arêas, J. A. (2013). Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads. *Food & function*, 4(1), 104-110.
- Cui, C., Wang, Y., Ying, J., Zhou, W., Li, D., & Wang, L.-j. (2024). Low glycemic index noodle and pasta: Cereal type, ingredient, and processing. *Food Chemistry*, 431, 137188.
- De Joanna, G., De Rosa, A., Salvatore, E., Castaldo, I., De Luca, N., Izzo, R., et al. (2008). Autonomic nervous system abnormalities in spinocerebellar ataxia type 2: a cardiovascular neurophysiologic study. *Journal of the neurological sciences*, 275(1-2), 60-63.
- Dehghan, P., Gargari, B. P., & Jafar-Abadi, M. A. (2014). Oligofructose-enriched inulin improves some inflammatory markers and metabolic endotoxemia in women with type 2 diabetes mellitus: a randomized controlled clinical trial. *Nutrition*, 30(4), 418-423.
- Hodge, A. M., English, D. R., O'Dea, K., & Giles, G. G. (2004). Glycemic index and dietary fiber and the risk of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 27(11), 2701-2706.
- Hopping, B. N., Erber, E., Grandinetti, A., Verheus, M., Kolonel, L. N., & Maskarinec, G. (2010). Dietary fiber, magnesium, and glycemic load alter risk of type 2 diabetes in a multiethnic cohort in Hawaii. *The Journal of Nutrition*, 140(1), 68-74.

- International Organization for Standardization. (2010). Food products — Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification (ISO Standard No. 26642:2010). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jenkins, D. J., Kendall, C. W., Augustin, L. S., Franceschi, S., Hamidi, M., Marchie, A., et al. (2002). Glycemic index: overview of implications in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 266S-273S.
- FAO/WHO. (1998). *Carbohydrates in Human Nutrition*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Nounmusig, J., Kongkachuichai, R., Sirichakwal, P., Wongwichain, C., & Saengkrajang, W. (2018). Glycemic index, glycemic load and serum insulin response of alternative rice noodles from mixed sago palm flour (*Metroxylon* spp.) and Chiang rice flour. *Burapha Science Journal*, 23(2) 839-851.
- On-Nom, N., Chamchan, R., Charoensiri, R., Kongkachuichai, R., & Chupeerach, C. (2022). The developed ready to eat meal affected to blood glucose and insulin in healthy subjects: Glycemic index study. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 10(1), 231-239.
- Sripapai, H., Boonchai, C., & Huadong, Y. (2018). Development of fresh pasta brown rice flour. *Thai Journal of Science and Technology*, 7(1), 58-69.
- Songchitsomboon, S., Pakpo, W., Shantavasinkul, P. C., & Komindr, S. (2021). Glycemic Index and Randomized Study Comparing the Responses of Glucose, Insulin and Lipid Profiles in Blood of NOVICAL-DM with Diabetes-specific Nutrition Formula (Glucerna SR® Triple Care) in Type 2 Diabetic Patients. *Thai JPEN*, 29(1), 1-13.
- Turner, N. D., & Lupton, J. R. (2011). Dietary fiber. *Advances in Nutrition*, 2(2), 151-152.
- Vattanapongpisan, M., Chongsuwat, R., & Bumrungpert, A. (2015). The Effect of Fiber Added Fruit and Vegetable Juice Consumption on Defecation in Subjects with Constipation. *Journal of Public Health*, 45(2), 210-224.
- Vollmer, K., Holst, J. J., Baller, B., Ellrichmann, M., Nauck, M. A., Schmidt, W. E., et al. (2008). Predictors of incretin concentrations in subjects with normal, impaired, and diabetic glucose tolerance. *Diabetes*, 57(3), 678-687.
- Vorasoot, N., & Jogloy, S. (2006). Inulin: Non-digestible carbohydrate as soluble fiber from Kaentawan for human health. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 34(2), 85-91.
- Wichienchot, S., Thammarutwasik, P., Jongjareonrak, A., Chansuwan, W., Hmadhlu, P., Hongpattarakere, T., et al. (2011). Extraction and analysis of prebiotics from selected plants from southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 33(5), 517-523.
- Wolever, T. M., Vorster, H., Björck, I., Brand-Miller, J., Brighenti, F., Mann, J., et al. (2003). Determination of the glycaemic index of foods: interlaboratory study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 475-482.

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารหลักของอาหารผลิตภัณฑ์เส้นทดสอบ 4 ชนิด ต่อน้ำหนัก 100 กรัมแห้ง

สารอาหาร	เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน (RNSTD)	เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรโยอาหารสูง (RNHF)	ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ อบแห้ง สูตรมาตรฐาน (NFNSTD)	ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ อบแห้งโฮลวีต สูตรโยอาหารสูง (NFNHF)
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	362	354	360	371
โปรตีน (กรัม)	9.80	6.31	9.30	17.50
ไขมันทั้งหมด (กรัม)	2.50	0.67	1.90	1.03
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	75.10	80.60	76.50	72.90
ใยอาหารทั้งหมด (กรัม)	6.13	12.30	2.52	13.60
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ได้ (กรัม)	69	68	73	59
ปริมาณที่ใช้ในการศึกษา	36	37	34	42
ค่าดัชนีน้ำตาล (กรัม)				

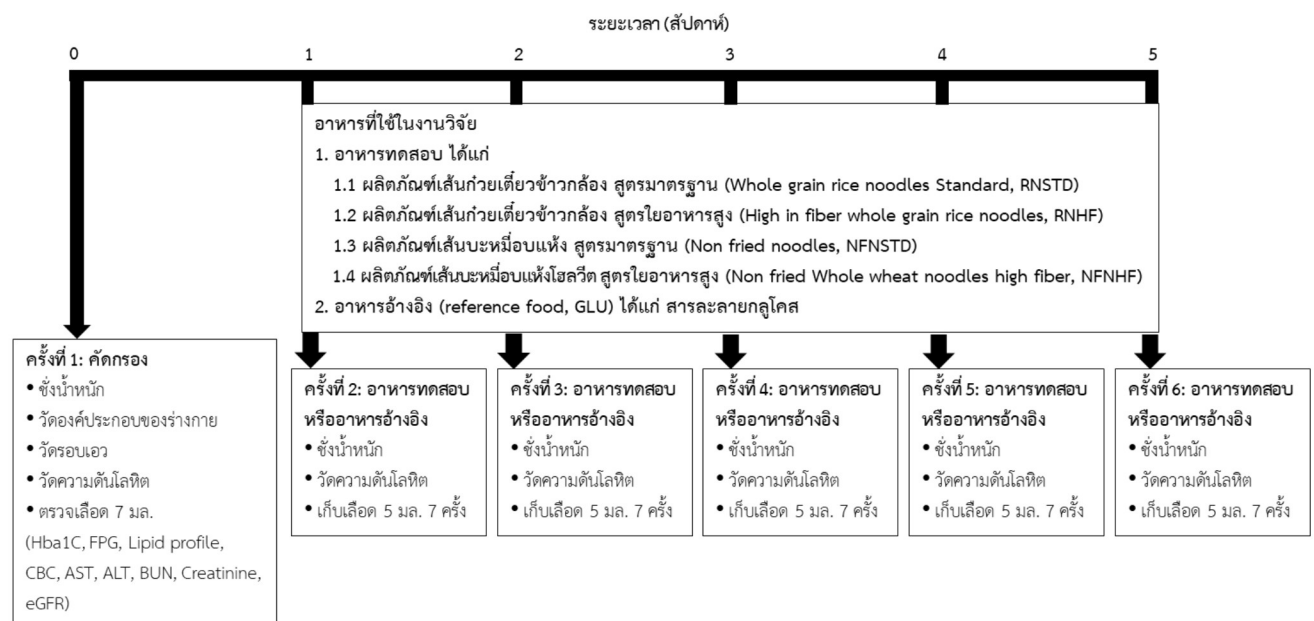
ตารางที่ 2 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครสุขภาพดี (n=12)

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	29.00 ± 3.00
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	165.00 ± 10.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.10 ± 8.80
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	21.00 ± 1.50
เส้นรอบวงเอว (เซนติเมตร)	73.00 ± 8.00
ระดับน้ำตาลสะสม (HbA1c, %)	4.60 ± 0.20
ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	85.00 ± 7.00
ไตรกลีเซอไรด์ (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	82.00 ± 56.00
คอเลสเตอรอลทั้งหมด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	188.00 ± 27.00
คอเลสเตอรอลชนิดดีหรือไขมันดี (HDL, มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	73.00 ± 15.00
คอเลสเตอรอลชนิดไม่ดีหรือไขมันเลว (LDL, มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	102.00 ± 26.00
เอนไซม์แอสพาร์เทต อะมีโนทรานสเฟอเรส (AST, ยูนิต/ลิตร)	17.10 ± 4.10
อาแลนีนแอมินอัส (ALT, ยูนิต/ลิตร)	15.20 ± 15.40
แอลคาไลน์ฟอสฟาเทส (ALP, ยูนิต/ลิตร)	56.50 ± 9.20
ไนโตรเจนยูเรียในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	11.00 ± 2.50
ครีเอตินินในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	0.80 ± 0.13

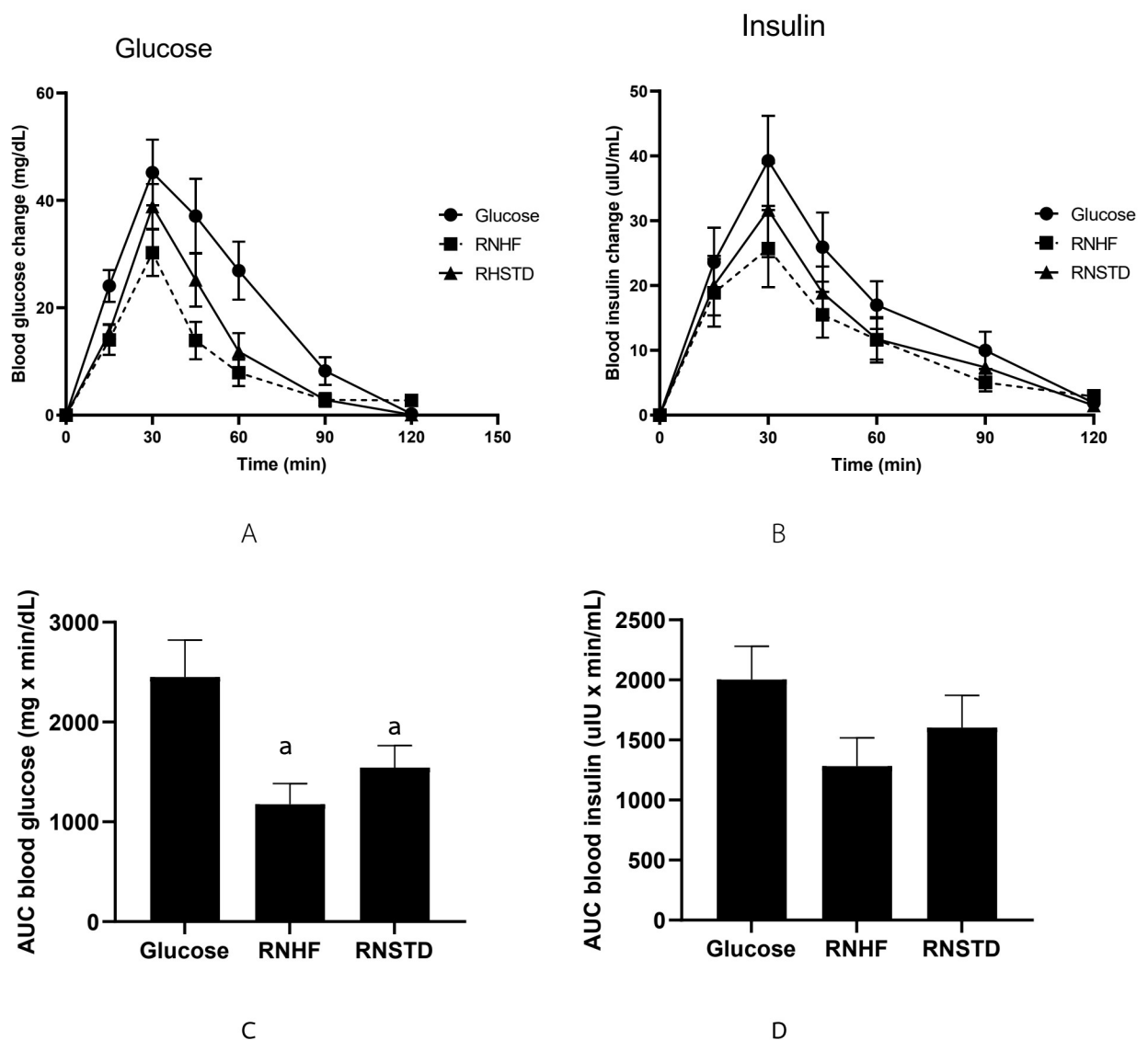
ตารางที่ 3 ค่าดัชนีน้ำตาลในอาสาสมัครสุขภาพดี (In vivo glycemic index) (n=12)

ผลิตภัณฑ์ทดสอบ	ค่าดัชนีน้ำตาล	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	จัดกลุ่มของค่าดัชนีน้ำตาล*
ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน (RNSTD)	69	8	ปานกลาง
ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรใยอาหารสูง (RNHF)	55	9	ต่ำ
ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง สูตรมาตรฐาน (NFNSTD)	67	10	ปานกลาง
ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรใยอาหารสูง (NFNHF)	40	4	ต่ำ

*ค่าดัชนีน้ำตาลสูง คือ 70-100, ค่าดัชนีน้ำตาลปานกลาง คือ 56-69 และค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ คือ 0-55

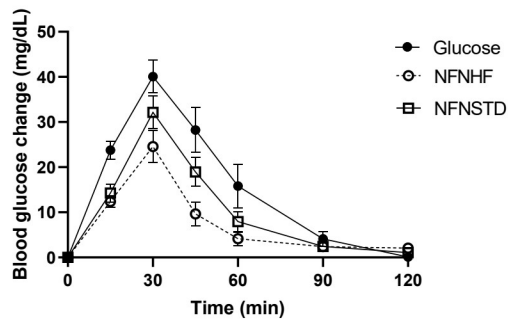


ภาพที่ 1 แผนการทดสอบ

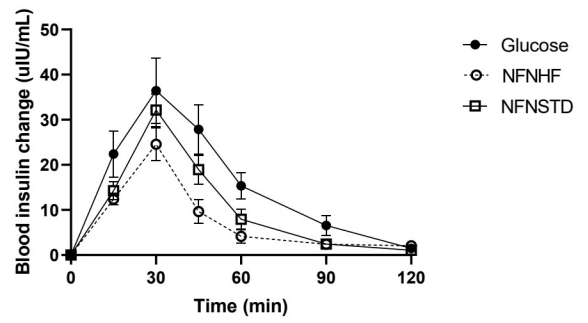


แสดงค่าน้ำตาลและอินซูลิน (A-B) ที่เปลี่ยนแปลงไปและพื้นที่ใต้กราฟ (AUC; area under curve) (C-D) เมื่อเวลา 0-120 นาที เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวกับอาหารอ้างอิง ^aแสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบกับอาหารอ้างอิง RNSTD = ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรมาตรฐาน, RNHF = ผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวข้าวกล้อง สูตรโยอาหารสูง และ Glucose = อาหารอ้างอิง คือ สารละลายน้ำตาลกลูโคส 25 กรัม

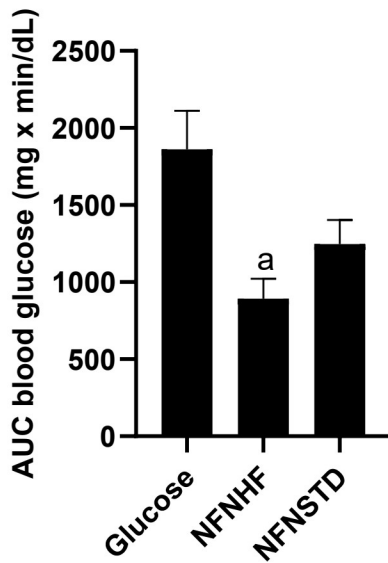
ภาพที่ 2 แสดงค่าน้ำตาลและอินซูลิน (A-B) ที่เปลี่ยนแปลงไปและพื้นที่ใต้กราฟ (AUC; area under curve) (C-D)



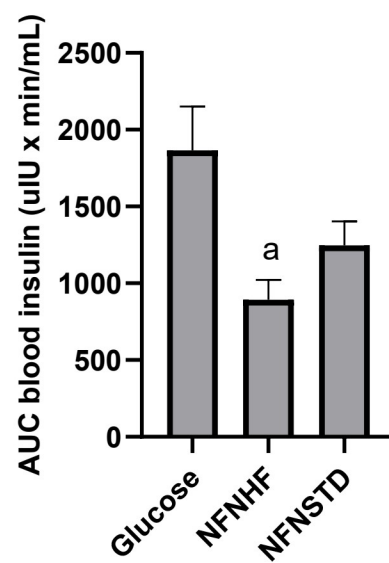
A



B



C



D

แสดงค่าน้ำตาลและอินซูลิน (A-B) ที่เปลี่ยนแปลงไปและพื้นที่ใต้กราฟ (AUC; area under curve) (C-D) เมื่อเวลา 0-120 นาที เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง กับอาหารอ้างอิง^aแสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบกับอาหารอ้างอิง NFNSTD = ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้ง สูตรมาตรฐาน, NFNHF = ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่อบแห้งโฮลวีต สูตรใยอาหารสูง และ Glucose = อาหารอ้างอิง คือ สารละลายน้ำตาลกลูโคส 25 กรัม

ภาพที่ 3 แสดงค่าน้ำตาลและอินซูลิน (A-B) ที่เปลี่ยนแปลงไปและพื้นที่ใต้กราฟ (AUC; area under curve) (C-D)