Research article

Assessment of Adverse Effect of Daily Consumption Amounts of Resistant Starch Type 2 from Maize Fortified in Chocolate-flavored Milk on the GI Tract in Healthy Thai Women of Reproductive Age: a Pilot Study

Kemika Praengam[1], Nattapol Tangsuphoom[1], Pattanee Winichagoon[1], Siriporn Tuntipopipat[1*]

[1]Institute of Nutrition, Mahidol University, Salaya, Phuthamonthon, Nakhon Pathom 73170 THAILAND

ABSTRACT

Resistant starch is a non-digestible carbohydrate that is unabsorbed in the small intestine but has been reported to provide various health benefits. However, high-dose consumption of resistant starch may generate adverse effects on the gastrointestinal tract (GI tract). This pilot study assessed the side effects of daily consumption of resistant starch type 2 (RS) from maize fortified in chocolate-flavored milk on the GI tract. The study was conducted on 30 apparently healthy females. Participants received 30 g/d RS fortified in chocolate-flavored milk for 14 days, and 7 days washed out, and 40 g/d RS fortified in a similar product for another 14 days. Adverse effects on the GI tract were recorded after drinking the RS fortified product for 3, 7, 10, and 14 days. Consumption of 30 g/d RS fortified in chocolate-flavored milk for 2 weeks showed a weaker adverse effect on the GI tract than consumption of 40 g/d RS. The common symptoms were stomach gas, flatulence, belching, and stomach growling. There was no significant effect on weight change and dietary intake after consumption of the RS fortified product relative to baseline. The low water solubility of RS leads to low product sensory acceptability, therefore, the fortification level of resistant starch in food products to minimize the adverse GI symptoms and the undesirable mouthfeel caused by resistant starch has to be optimized. Besides, resistant starch fortified in other food products needs to be explored to increase the number of product choices for investigation of its beneficial effects on human health.

Key words: adverse effect on gastrointestinal tract; resistant starch; resistant starch fortified in chocolate-flavored milk

Received: 7 June 2023 Revised: 15 October 2023 Accepted: 15 October 2023

*Corresponding author's email: siriporn.tun@mahidol.ac.th

บทความวิจัย

การประเมินผลของปริมาณการบริโภคต่อวันของแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยชนิดที่ 2 จากข้าวโพดเสริมในนมรสช็อกโกแลตต่อระบบทางเดินอาหารในหญิงไทยวัยเจริญพันธุ์สุขภาพดี: การศึกษานำร่อง

เกมิกา แพรงาม[1], นัฐพล ตั้งสุภูมิ[1], พัตธนี วินิจจะกูล[1], ศิริพร ตันติโพธิ์พิพัฒน์[1]*

[1]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา พุทธมณฑล นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

แป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (resistant starch; RS) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ย่อยและไม่ดูดซึมในลำไส้เล็ก แต่มีรายงานประโยชน์ต่อสุขภาพที่หลากหลาย การกินปริมาณมากอาจเกิดอาการไม่พึงประสงค์ต่อทางเดินอาหาร การศึกษานำร่องนี้ประเมินผลของปริมาณการกินต่อวันของ RS ชนิดที่ 2 จากข้าวโพดที่เสริมในนมรสช็อกโกแลตต่อทางเดินอาหาร การศึกษานี้ทำในอาสาสมัครหญิงสุขภาพดี 30 คน โดยให้ดื่มนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน 14 วัน และงดผลิตภัณฑ์ 7 วัน และดื่มผลิตภัณฑ์เดียวกันเสริม RS 40 กรัม/วัน 14 วัน บันทึกอาการไม่พึงประสงค์ของทางเดินอาหารหลังดื่มผลิตภัณฑ์ในวันที่ 3, 7,10 และ 14 ผลการศึกษาพบว่าการดื่มนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน ทำให้มีอาการของทางเดินอาหารน้อยกว่าการดื่มผลิตภัณฑ์เดียวกันเสริม RS 40 กรัม/วัน อาการที่พบมากคือ มีลมในกระเพาะอาหาร ท้องอืด เรอ มีเสียงท้องร้อง น้ำหนักตัว อาสาสมัครและปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น RS ชนิดนี้ละลายน้ำได้ไม่ดีทำให้การยอมรับด้านประสาทสัมผัสต่ำ จึงต้องปรับปริมาณ RS ที่จะเสริมในผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมเพื่อให้มีผลเสียต่อทางเดินอาหารน้อยที่สุด และมีลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ นอกจากนี้ ควรทดลองการเสริม RS ในผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมากขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาผลเชิงสุขภาพ

คำสำคัญ: อาการไม่พึงประสงค์ต่อทางเดินอาหาร แป้งอาหารที่ทนต่อการย่อย นมรสช็อกโกแลตเสริมแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์

*Corresponding author's email: siriporn.tun@mahidol.ac.th

บทนำ

การสะสมไขมันส่วนเกินในร่างกายเป็นปัจจัยเสี่ยงปัจจัยหนึ่งของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังซึ่งมีสาเหตุจากภาวะอ้วน เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน เส้นเลือดในสมองแตก มะเร็ง ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง และ ภาวะดื้ออินซูลิน[1, 2] นอกจากนี้ยังพบอีกว่าภาวะการอักเสบเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังดังกล่าว[3] ผู้หญิงร้อยละ 15-20 ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานก่อนตั้งครรภ์มักจะมีน้ำหนักหลังคลอดเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 5 กิโลกรัมของน้ำหนักก่อนตั้งครรภ์เป็นเวลานานถึง 12 เดือนหลังคลอด[4] จำนวนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของการตั้งครรภ์แต่ละครั้งจะมีผลทำให้น้ำหนักสะสมเพิ่มขึ้นอีกในการตั้งครรภ์ครั้งต่อไป และ เป็นตัวบ่งชี้ของการเป็นโรคอ้วนในอนาคต[5] ปัจจุบันโรคอ้วนเป็นปัญหาทางสาธารณสุขทั่วโลก เนื่องจากประชากรทั่วโลกรวมถึงประชากรในไทยมีปัญหาน้ำหนักตัวเกินเกณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้โรคอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังหลายโรค จากการสำรวจประชากรไทย โดยสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข พบว่าคนวัยทำงานที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติเพียง ร้อยละ 36 มีภาวะอ้วน ร้อยละ 37 พบความดันโลหิตสูงร้อยละ 25 โรคเบาหวาน ร้อยละ 8.9 ภาวะไขมันในเลือดสูง ร้อยละ 16 และข้อมูลจากการสำรวจด้านโภชนาการ ปี 2564 พบว่า คนไทยอายุ 18-59 ปี เป็นคนอ้วนระดับ 1 ซึ่งมีค่าดัชนีมวลกาย 25-29.9 กก./ตร.ม. ร้อยละ 20 และอ้วนระดับ 2 มีค่า ดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กก./ตร.ม. ร้อยละ 6.2 ผู้ที่เป็นโรคอ้วนมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในอนาคต อย่างไรก็ตามมีการศึกษาน้อยมากที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว การสะสมของไขมัน และ ระดับตัวชี้วัดการอักเสบ หลังการบริโภคอาหารที่มีพลังงานต่ำในหญิงวัยทำงาน แป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Resistant starch or RS) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีการศึกษาผลต่อสุขภาพในระยะ 10-20 ปีที่ผ่านมา RS มี 5 ชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน[6-8] เนื่องจาก RS ไม่ย่อย และไม่ดูดซึมในลำไส้เล็ก เมื่อผ่านมาถึงลำไส้ใหญ่ จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถหมักแป้งอาหารดังกล่าวได้เป็นกรดไขมันสายสั้น นอกจากนี้ยังมีผลชะลอการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำตาล และ อินซูลินในเลือดหลังรับประทานอาหาร[9] การศึกษาในคนที่มีภาวะ Impaired glucose tolerance (IGT) หรือ Impaired fasting glucose (IFG) หรือ ผู้ที่เริ่มป่วยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า การบริโภคข้าวที่มี RS ปริมาณ 6.5 กรัม/วัน เป็นเวลา 28 วัน ช่วยฟื้นฟูการทำงานของเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดดีกว่ากลุ่มควบคุม และ มีระดับน้ำตาลหลังอาหาร (Post-prandial glucose level) และภาวะออกซิเดทีฟสเตรส (Oxidative stress) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ[10, 11] อีกการศึกษาหนึ่งพบว่าผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 รับประทาน RS 40 กรัม/วัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีระดับน้ำตาลหลังอาหาร ระดับ Non-esterified fatty acid (NEFA) ในเลือด ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ[12] นอกจากมีศักยภาพในการควบคุมระดับน้ำตาลแล้ว RS ยังมีผลในการลดน้ำหนักตัว ลดการสะสมไขมันในช่องท้องหนูทดลองด้วย หนูที่ได้ RS มีแบคทีเรียชนิด Probiotic เพิ่มขึ้น และ มีกรดไขมันสายสั้นในลำไส้ใหญ่มากขึ้น ซึ่งเป็นผลผลิตของการหมัก RS จากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ กรดไขมันสายสั้นเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์ลำไส้ใหญ่มีฤทธิ์ทำให้เซลล์มะเร็งลำไส้ฆ่าตัวตายแบบ Apoptosis นอกจากนี้ยังพบว่าการได้รับ RS ช่วยลดไขมันบริเวณหน้าท้อง และ ทำให้ Gut hormone ชนิด Glucagon-like peptide 1 (GLP-1) และ Peptide YY ในเลือดสูงขึ้น[13] ฮอร์โมน 2 ชนิดนี้มีคุณสมบัติเป็น anti-obesity hormone การแสดงออกของฮอร์โมน 2 ชนิดนี้เป็นผลจาก Colonic fermentation ของ RS[14] ดร.ณัฐพล ตั้งสุภูมิ และคณะ สังกัด สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์นมรสช็อกโกแลตเสริมแป้งอาหารทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์จากข้าวโพดสายพันธุ์ธรรมชาติซึ่งเป็น RS ชนิดที่ 2 มีจำหน่ายในท้องตลาด (Commercially available) มีความปลอดภัย และ มีความคงตัวสูง ทำให้ควบคุม

คุณภาพในแต่ละรอบการผลิตได้ดี นอกจากนี้มีการศึกษาประโยชน์ต่อสุขภาพของแป้งอาหารชนิดนี้มากกว่า 15 ปีทั้งในสัตว์ทดลอง และ ในมนุษย์ เช่น สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ชะลอสภาวะดื้ออินซูลิน[15] ลดไขมันในช่องท้องหนู[13, 16] เพิ่มความไวของอินซูลินในอาสาสมัครโดยมีผลข้างเคียงต่อระบบทางเดินอาหารน้อย[17] จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า RS จากข้าวโพดสายพันธุ์ธรรมชาตินี้น่าจะมีศักยภาพในการควบคุมน้ำหนักตัวโดยเฉพาะในหญิงหลังคลอดที่มีน้ำหนักตัวเกินมาตรฐาน อาจจะช่วยลดไขมันส่วนเกินที่สะสมจากการตั้งครรภ์ โดยคาดว่าการบริโภคแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในปริมาณที่เหมาะสม ในระยะเวลาหนึ่งอาจจะช่วยลดน้ำหนักส่วนเกินได้ อย่างไรก็ตามการบริโภค RS ดังกล่าวในปริมาณมากอาจจะเกิดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ จึงจำเป็นต้องทดสอบหาปริมาณการบริโภคที่ผู้บริโภคสามารถทนได้ (Tolerance) มีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และ การขับถ่ายน้อยที่สุด โดยรสชาติผลิตภัณฑ์ต้องเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค เพื่อสามารถรับประทานได้ต่อเนื่อง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการหาปริมาณการบริโภคต่อวันของแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยชนิดที่ 2 เสริมในนมรสช็อกโกแลตที่มีผลข้างเคียงต่อทางเดินอาหารในผู้หญิงน้อยที่สุด เพื่อนำปริมาณดังกล่าวไปต่อยอดสำหรับใช้ลดน้ำหนักตัว

วิธีทดลอง

การเตรียมเครื่องดื่มนมรสช็อกโกแลตเสริมแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ หรือ RS

การศึกษานี้ใช้เครื่องดื่มนมรสช็อกโกแลตเป็นอาหารตัวพา (Food carrier) เสริมด้วยแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์จากข้าวโพดยี่ห้อ Hi-Maize™ 260 (70% resistant starch type 2; Ingredion, Lane Cove, New South Wales, Australia) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีผงโกโก้เป็นส่วนผสม ทั้งนี้ผงโกโก้เป็นของแข็งที่ไม่สามารถละลายได้ แต่จะกระจายตัวและแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ และให้ความรู้สึกเป็นผงในช่องปากเช่นเดียวกับ RS จึงช่วยพรางความรู้สึกในช่องปากที่เกิดจากแป้งอาหารได้ดีกว่าเครื่องดื่มชนิดอื่น ดังนั้นจึงพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนมพร่องมันเนยรสช็อกโกแลต ชนิดพาสเจอไรซ์เสริม RS ปริมาณ10 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร และใช้โซเดียมอัลจิเนต เป็นสารเพิ่มความคงตัว เพื่อช่วยเพิ่มความหนืดให้สามารถพยุงผงโกโก้ และ RS ให้กระจายตัวแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้โดยไม่ตกตะกอนแยกชั้น ตามสูตรที่ แสดงใน **ตารางที่ 1** เครื่องดื่มที่ใช้ในการศึกษานี้ เตรียมที่โรงงานทดลองผลิตอาหาร สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยผสมส่วนผสมของแห้ง ได้แก่ Hi-Maize™ 260 ผงโกโก้ [ไขมัน 10-12%; ตรา ทิวลิป, บริษัท ซีโน-แปซิฟิคเทรดดิ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด]]น้ำตาลทราย (ตรา มิตรผล, บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด) และโซเดียมอัลจิเนต (Algogel™ 6021, Cargill Texturizing Solutions, Wayzata, Minnesota, U.S.A.) ลงในนมพร่องมันเนยพาสเจอไรซ์ (ตราดัชมิลล์ ซีเล็คเต็ด, บริษัท ดัชมิลล์ จำกัด) กวนผสมให้ละลายเข้ากัน และให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นฮอโมจีไนซ์ด้วยเครื่อง Double stage valve homogenizer (APV 2000, SPX Flow Technology, Søborg, Denmark) ที่ความดัน 200/20 บาร์ บรรจุขณะร้อนลงในขวดพลาสติกชนิดทนร้อน high-density polyethylene ขนาด 150 หรือ 200 มิลลิลิตร ทำให้เย็นทันที แล้วเก็บรักษาไว้ในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมีความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และมีอายุการเก็บประมาณ 2 สัปดาห์ในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวผ่านการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมเป็นหญิงวัยเจริญพันธุ์ อายุตั้งแต่ 22-40 ปี จำนวน 20 คน โดยได้คะแนนระดับความชอบ ด้านลักษณะทั่วไป สี กลิ่น ความข้นหนืด ความรู้สึกในช่องปาก รสชาติ และ ความชอบโดยรวม ระหว่าง “เฉยๆ” และ “ชอบปานกลาง” บนสเกลความชอบ 9 ระดับ คุณค่าทางโภชนาการ ต่อ

100 มิลลิลิตร ได้แก่ พลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และปริมาณ RS ในนมรสช็อกโกแลตเสริม RS แสดงใน **ตารางที่ 2** ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์ ขนาด 150 หรือ 200 มิลลิลิตร วันละ 2 ขวด จะได้รับ RS ปริมาณ 30 และ 40 กรัม/วัน ตามลำดับ

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชาสัมพันธ์เชิญชวนอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัยผ่านโปสเตอร์ที่ชั้น 1 สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขต ศาลายา อาสาสมัครผ่านการคัดเลือกกรองโดยการทำแบบสอบถาม และ ซักประวัติ ตามเกณฑ์คัดเข้า และคัดออก อาสาสมัครได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ ประโยชน์ รายละเอียดขั้นตอนการทดลองอย่างละเอียดก่อนเริ่มงานวิจัย และ ลงนามก่อนเข้าร่วมโครงการเพื่อยินยอมเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครของโครงการอย่างเต็มใจ (Inform consent) การวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมในคนมหาวิทยาลัยมหิดล รหัสโครงการ MU-CIRB 2015/160.2610

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัคร (Inclusion criteria)

ผู้หญิงไทยสุขภาพแข็งแรง อายุ 18-40 ปี ไม่มีอาการแพ้นม และสามารถดื่มนมรสช็อกโกแลตครั้งละ 200 มิลลิลิตร

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

ป่วยเป็นโรคทางเดินอาหาร มีภาวะท้องผูก ท้องเสีย เรื้อรัง มีอาการอาหารไม่ย่อย ท้องอืด ท้องเฟ้อ ป่วยเป็นโรคเรื้อรัง เช่น ไต ตับ หัวใจ ปอด นิ่ว ถุงน้ำดี ได้รับการผ่าตัด 2 เดือนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ความดันที่ไม่ได้ควบคุม เป็นมะเร็ง อยู่ระหว่างการตั้งครรภ์ อยู่ระหว่างการให้นมบุตร ได้รับยาที่อาจมีผลต่อระบบการย่อยอาหารภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ ได้รับยาที่มีผลต่อการย่อยและการดูดซึมสารอาหารต่างๆ ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์หรือคาเฟอีน ภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ ได้รับยาปฏิชีวนะ บริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูงมาก หรือ อาหารที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำมาก 4 หน่วยบริโภค/วัน มีอาการแพ้น้ำตาลแล็กโทส (Lactose intolerance)

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

คำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (G*Power) ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Pedersen และคณะ[18] ที่มีการให้อาหารที่ผสมอินูลิน 14 กรัม/วัน เทียบกับกลุ่มอาหารที่ไม่มีอินูลิน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ คำนวณจากอาการปวดท้องหลังรับประทานอาหารทดลอง ใช้ค่า alpha = 0.05 ค่า power ร้อยละ 90 และเผื่อ drop out ร้อยละ 30 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่อง โดยอาสาสมัครรับประทานเครื่องดื่มนมรสช็อกโกแลตทั้ง 2 สูตร (มี RS เป็นส่วนประกอบ 30 และ 40 กรัม/วัน) สูตรละ 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยเลือกทดสอบปริมาณ RS ที่ 30 และ 40 กรัมต่อวัน เนื่องจากมีการศึกษาพบว่าการบริโภค RS 30 กรัม/วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ช่วยเพิ่มความไวของอินซูลินในคนปกติโดยเปลี่ยนแปลงการเผาผลาญของเนื้อเยื่อไขมัน กล้ามเนื้อ และ ไม่มีผลข้างเคียงต่อระบบทางเดินอาหาร[17] อีกการศึกษาหนึ่งพบว่าการบริโภค RS 40 กรัม/วัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ช่วยเพิ่มความไวของอินซูลินในอาสาสมัครที่มีภาวะดื้ออินซูลิน โดยความไวต่ออินซูลินที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการลดลงของเส้นรอบเอว[19] ก่อนทำการวิจัย 7 วัน (Run in period) อาสาสมัครงดรับประทานอาหารเสริมที่มีปริมาณใยอาหารสูงก่อนเริ่มโครงการ หลังจากนั้นอาสาสมัครเริ่มดื่มผลิตภัณฑ์นมรสช็อกโกแลต เสริม

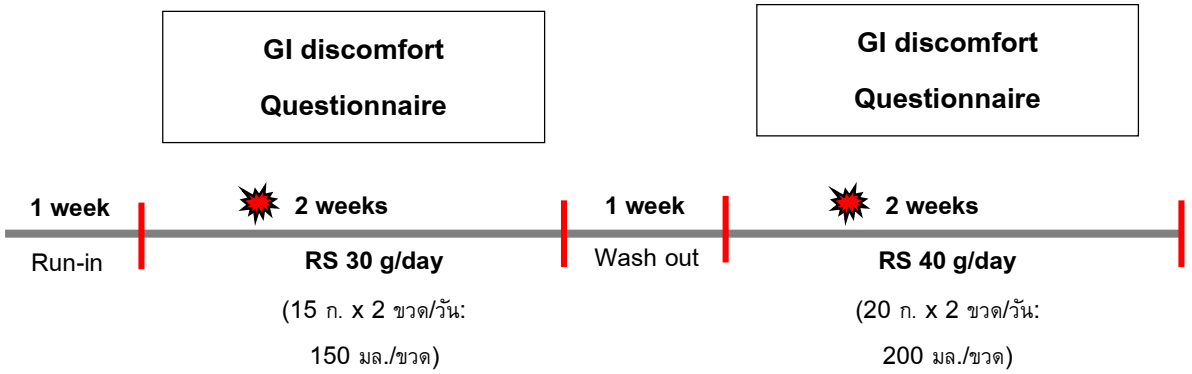
ตารางที่ 1 สูตรเครื่องดื่มนมรสช็อกโกแลตเสริมแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (RS)

วัตถุดิบ	ปริมาณ (ร้อยละ น้ำหนักโดยปริมาตร)
นมพร่องมันเนยพาสเจอไรซ์ (ไขมัน 2%)	81.12
Hi-Maize™ 260	14.30
แป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์	10.01
น้ำตาลทราย	3.00
ผงโกโก้	1.50
โซเดียมอัลจิเนต	0.08

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการโดยประมาณของนมรสช็อกโกแลตเสริมแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์

ปริมาตร (มิลลิลิตร)	คุณค่าทางโภชนาการ[2]				ปริมาณแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์[2] (กรัม/ขวด)
	พลังงาน (กิโลแคลอรี/ขวด)	ไขมัน (กรัม/ขวด)	โปรตีน (กรัม/ขวด)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม/ขวด)	
150	99.4	1.72	4.10	18.37	15
200	134.5	2.29	5.41	25.02	20

[2] ค่าประมาณจากการคำนวณ



ภาพที่ 1 แผนการศึกษา

ตารางที่ 3 ข้อมูลอายุ น้ำหนัก ดัชนีมวลกายอาสาสมัครที่บริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 และ 40 กรัม/วัน

ข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย	30 กรัม/วัน (n =30)	40 กรัม/วัน (n =18)
อายุ (ปี)	21 - 40	24 - 39
	30 ± 5	30 ± 5
น้ำหนัก (กก.)	44.3 - 97.9	44.7 - 100.5
	57.2 ± 12.0	58.4 ± 14.7
ดัชนีมวลกาย (กก./ม.^{2})	18.2 - 41.8	18.8 - 42.9
	23.4 ± 5.1	24.2 ± 6.2

แสดงเป็นค่าสูงสุด-ต่ำสุด และ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

RS 15 กรัมต่อหน่วยบริโภค (150 มิลลิลิตร) ในมื้อเช้า 1 ขวด และ ดื่มระหว่างวัน 1 ขวด รวมได้ RS 30 กรัม/วัน ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ บันทึกอาการที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหาร 9 อาการ ดังนี้ 1) เสียงท้องร้อง 2) เรอ 3) คลื่นไส้ 4) ปวด / เกร็งท้อง 5) ท้องอืด 6) เรอเปรี้ยว 7) มีลมในกระเพาะอาหาร 8) ท้องเสีย 9) อาเจียน โดยแบ่งความรุนแรงเป็น 4 ระดับ (0=ไม่มีอาการ, 1=มีอาการเล็กน้อย, 2=มีอาการมาก, 3=มีอาการรุนแรงมาก)[20] โดยบันทึกอาการในระบบทางเดินอาหารหลังดื่มผลิตภัณฑ์ ไปแล้ว 3 วัน 7 วัน 10 วัน และ 14 วัน หลังจากนั้นงดรับประทานผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 7 วัน (Washout period) จากนั้นอาสาสมัครกลับมาดื่มนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 20 กรัมต่อหน่วยบริโภค (200 มิลลิลิตร) ในมื้อเช้า 1 ขวด และ ดื่มระหว่างวัน 1 ขวด รวมได้รับ RS 40 กรัม/วัน ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ บันทึกอาการในระบบทางเดินอาหารหลังดื่มผลิตภัณฑ์ไปแล้ว 3 วัน 7 วัน 10 วัน และ 14 วัน นำข้อมูลแต่ละอาการดังกล่าวมาแยกระดับความรุนแรง และ หาความถี่ที่เกิดขึ้นของแต่ละอาการ และระดับความรุนแรง และ นำร้อยละคนที่มีอาการมาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ดื่มนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 40 กรัม/วัน ในขณะเข้าร่วมโครงการ อาสาสมัครบันทึกการบริโภคอาหารโดยบันทึกวันธรรมดา 2 วัน วันหยุด 1 วัน รวมเป็นเวลา 3 วัน บันทึกเป็น 3 ช่วงคือ 1) ก่อนเข้าร่วมโครงการ 2) ระหว่างที่บริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 3) ในระหว่างที่บริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 40 กรัม/วัน อาสาสมัครงดรับประทานอาหารที่มีใยอาหารสูงในระหว่างเข้าร่วมโครงการ

สถิติที่ใช้ในการศึกษา

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS version 19.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) การเปรียบเทียบร้อยละของคนที่มีและไม่มีอาการในทางเดินอาหารหลังการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เสริม RS 30 และ40 กรัม/วัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Chi-Square Test เนื่องจากข้อมูลน้ำหนักตัว และ การบริโภคอาหาร มีการกระจายแบบไม่ปกติ (Not normal distribution) ใช้ Nonparametric test ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบน้ำหนักตัวก่อนและหลังบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS ใช้ Wilcoxon Signed Ranks Test ค่าเฉลี่ยปริมาณการบริโภคอาหาร 3 นำข้อมูลมาเปรียบเทียบ 3 ช่วงเวลา ก่อนบริโภคผลิตภัณฑ์ ช่วงบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 40 กรัม/วัน ใช้ Friedman test ที่ความเชื่อมั่น 95% ในการทดสอบ และ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ $p < 0.05$

ผลการทดลอง

อาสาสมัครเข้าร่วมวิจัยเพศหญิงสุขภาพดี อายุระหว่าง 21-40 ปี กลุ่มที่รับประทานนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน มีจำนวน 30 คน และ กลุ่มที่รับประทานนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 40 กรัม/วัน เหลือจำนวน 18 คน ใน**ตารางที่ 3** แสดงข้อมูลอายุ น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย แสดงเป็นค่าสูงสุด-ต่ำสุด และ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการประเมินการบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS ต่อระบบทางเดินอาหาร (GI symptom score)

ใน**ตารางที่ 4** หลังบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน พบว่าอาการที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือมีลมในกระเพาะอาหาร คิดเป็นร้อยละ 50 โดยมีอาการเล็กน้อย (คะแนนความรุนแรง=1) 13 คน และมีอาการมาก 2 คน (คะแนนความรุนแรง=2) ตั้งแต่ 3 วันแรกของการบริโภค ในวันที่ 7 จำนวนคนที่มีอาการเล็กน้อยลดลงเหลือ 9 คน และคนที่มีอาการมาก มีจำนวน 2 คนเท่าเดิม ในวันที่ 10 คนที่มีอาการมากเพิ่มขึ้น 2 คนเป็นจำนวนรวม 4 คน และในขณะที่วันที่ 14 คนที่มีอาการมากลดเหลือ 3 คน อาการที่พบรองลงมาคืออาการท้องอืด คิดเป็นร้อยละ 30 พบอาสาสมัครแสดงอาการเล็กน้อย (คะแนนความรุนแรง=1) 8-9 คน และ มีอาการมาก (คะแนนความรุนแรง=2) 1-3 คน โดยแสดงอาการมาก 3 คน

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนคนที่มีอาการข้างเคียงและระดับความรุนแรงในทางเดินอาหารหลังบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน ในวันที่ 3, 7, 10 และ 14 (n=30)

อาการของระบบทางเดินอาหาร	ระดับความรุนแรงหลังบริโภคผลิตภัณฑ์ 30 กรัมต่อวัน (n=30)											
	วันที่ 3			วันที่ 7			วันที่ 10			วันที่ 14		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1. เสียงท้องร้อง	28	2	0	28	2	0	28	1	1	28	2	0
2. เรอ	21	8	1	22	7	1	22	8	0	24	6	0
3. คลื่นไส้	30	0	0	29	1	0	29	1	0	30	0	0
4. ปวด / เกร็งท้อง	30	0	0	28	2	0	28	2	0	28	2	0
5. ท้องอืด	21	9	0	21	9	0	19	8	3	21	8	1
6. เรอเปรี้ยว	30	0	0	30	0	0	30	0	0	30	0	0
7. มีลมในกระเพาะอาหาร	15	13	2	19	9	2	19	7	4	18	9	3
8. ท้องเสีย	28	2	0	28	1	1	28	2	0	27	3	0
9. อาเจียน	30	0	0	30	0	0	30	0	0	30	0	0

ระดับความรุนแรงของอาการ (0=ไม่มีอาการ, 1=มีอาการเล็กน้อย, 2=มีอาการมาก)

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนคนที่มีอาการข้างเคียงและระดับความรุนแรงในทางเดินอาหารหลังบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 40 กรัม/วัน ในวันที่ 3, 7,10 และ 14 (n=18)

อาการของระบบทางเดินอาหาร	ระดับความรุนแรงหลังบริโภคผลิตภัณฑ์ 40 กรัมต่อวัน (n=18)											
	วันที่ 3			วันที่ 7			วันที่ 10			วันที่ 14		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1. เสียงท้องร้อง	16	2	0	15	3	0	16	2	0	17	1	0
2. เรอ	14	4	0	15	3	0	15	2	1	15	2	1
3. คลื่นไส้	18	0	0	18	0	0	18	0	0	18	0	0
4. ปวด / เกร็งท้อง	17	1	0	16	2	0	17	1	0	18	0	0
5. ท้องอืด	14	3	1	13	3	2	12	6	0	14	3	1
6. เรอเปรี้ยว	18	0	0	18	0	0	18	0	0	18	0	0
7. มีลมในกระเพาะอาหาร	10	7	1	8	9	1	10	7	1	11	6	1
8. ท้องเสีย	18	0	0	18	0	0	17	1	0	18	0	0
9. อาเจียน	18	0	0	18	0	0	18	0	0	18	0	0

ระดับความรุนแรงของอาการ (0=ไม่มีอาการ, 1=มีอาการเล็กน้อย, 2=มีอาการมาก)

ในวันที่ 10 หลังการบริโภค และ อาสาสมัครมีอาการเรอคิดเป็นร้อยละ 30 อาการเล็กน้อย (=1) 6-8 คน และ มีอาการมาก (=2) เพียงแค่ 1 คน นอกจากนั้นยังพบอาการอื่นๆ เช่น เสียงท้องร้องหลังบริโภค คลื่นไส้ ปวด / เกร็งท้อง และ ท้องเสีย โดยพบจำนวนคนที่แสดงอาการเล็กน้อย (=1) เพียง 1-3 คน ไม่พบคนที่มีอาการคลื่นไส้ และ อาเจียน ในขณะที่การบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 40 กรัม/วัน มีอาสาสมัครเพียง 18 คนเท่านั้นที่ร่วมการศึกษาจนจบ ดังแสดงใน**ตารางที่ 5** เนื่องจากอาสาสมัคร 12 คน เก็บข้อมูลไม่ครบด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้ 1 คน เป็นนักศึกษาที่เรียบจบกลับไปอยู่ต่างจังหวัด 3 คน เป็นเจ้าหน้าที่ลาออก หรือ นักศึกษาฝึกงาน ตามตัวไม่ได้ 3 คนอยู่ในช่วงเทศกาลกินเจไม่กินผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม และ 3 คนไม่สามารถบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เสริม RS 40 กรัม/วันได้ เพราะรู้สึกอิ่มมากเกินไป กินไม่ไหว และ 2 คนเข้าร่วมโครงการเพียง 7 วัน แต่ขอออกจากโครงการ เนื่องจากมีอาการท้องอืด ปวดท้องรุนแรง ไม่สามารถรับประทานผลิตภัณฑ์ต่อจนจบ ร้อยละของอาการที่พบคล้ายกับช่วงที่บริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน คือมีลมในกระเพาะอาหารเกิดขึ้นมากที่สุดพบจำนวนคนที่มีอาการรวมกัน (รวมอาการเล็กน้อย และ มาก) 10 คน ในวันที่ 7 คิดเป็นร้อยละ 56 อาการที่พบรองลงมาคืออาการท้องอืดมีจำนวน 6 คน พบในวันที่ 10 คิดเป็นร้อยละ 33 ตามด้วยอาการเรอมีจำนวน 4 คน พบในวันที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 22 พบอาการเสียงท้องร้อง 3 คน มีอาการในวันที่ 7 คิดเป็นร้อยละ17 พบผู้มีอาการปวด/เกร็งท้อง 2 คนในวันที่ 7 คิดเป็นร้อยละ 11 และ มีอาการท้องเสีย 1 คนในวันที่ 10 เป็นร้อยละ 5 ไม่พบผู้มีอาการ คลื่นไส้ เรอเปรี้ยว และอาเจียน เมื่อนำข้อมูลร้อยละของคนที่มีอาการ (รวมอาการเล็กน้อย และ มาก) เช่น มีลมในกระเพาะอาหาร ท้องอืด เรอ และ เสียงท้องร้อง ที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหารหลังจากบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน (n=30) และ 40 กรัม/วัน (n=18) มาเปรียบเทียบร้อยละของคนที่มีอาการหลังการบริโภค ในวันที่3, 7, 10 และ 14 วัน ไม่พบความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน **ตารางที่ 6**

น้ำหนักตัวและข้อมูลการบริโภคอาหาร

น้ำหนักตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนและหลังบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 40 กรัม/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงใน**ตารางที่ 7** ข้อมูลการบริโภคอาหารใช้โปรแกรม INMUCAL คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของ 3 วัน **ตารางที่ 8** มีข้อมูลเฉพาะ 18 คนเท่านั้น เปรียบเทียบปริมาณการบริโภค ก่อนเริ่มโครงการระหว่างบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ ระหว่างบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่เสริม RS 40 กรัม/วัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการได้รับพลังงาน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน กากอาหาร และ เส้นใยอาหาร ของทั้ง 3 ช่วงเวลา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามในการบันทึกปริมาณอาหารที่กินอาสาสมัครไม่ได้บันทึกคุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional value) ของผลิตภัณฑ์ลงในแบบบันทึก

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในเชิงโภชนาการแป้งอาหาร (Nutritional starch) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามอัตราและระยะเวลาในการย่อย ได้แก่ สตาร์ช/แป้งอาหารที่สามารถย่อยได้อย่างรวดเร็ว (Rapidly digestible starch, RDS) สตาร์ช/แป้งอาหารที่สามารถย่อยได้อย่างช้าๆ (Slowly digestible starch, SDS) และสตาร์ช/แป้งอาหารทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (Resistant starch, RS)[21, 22] กลุ่มสมาคมนักวิทยาศาสตร์แห่งสหภาพยุโรปที่รู้จักในนามของ EURESTA (European FLAIR Concerted Action no. 11 Physiological Implications of the Consumption of Resistant Starch in Man)[23] ได้ให้คำจำกัดความของแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (RS) คือ แป้งและผลิตภัณฑ์ของแป้งที่ไม่สามารถย่อยด้วยเอนไซม์และไม่ดูดซึมในลำไส้เล็กของมนุษย์ สามารถผ่านเข้าไปถึงลำไส้ใหญ่และ

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบร้อยละของคนที่มีและไม่มีอาการในทางเดินอาหารหลังการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เสริม RS 30 และ 40 กรัม/วัน

อาการในระบบทางเดินอาหาร	30 กรัม/วัน (n=30)	40 กรัม/วัน (n=18)	p value*
	จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย (%)		
มีลมในกระเพาะอาหาร (Flatulence)			
หลังบริโภควันที่ 3			
ไม่มีอาการ	15 (50%)	10 (55%)	0.93
มีอาการ	15 (50%)	8 (45%)	
หลังบริโภควันที่ 7			
ไม่มีอาการ	19 (63%)	8 (44%)	0.38
มีอาการ	11 (37%)	10 (56%)	
หลังบริโภควันที่ 10			
ไม่มีอาการ	19 (63%)	10 (55%)	0.43
มีอาการ	11 (37%)	8 (45%)	
หลังบริโภควันที่ 14			
ไม่มีอาการ	18 (60%)	11 (61%)	0.86
มีอาการ	12 (40%)	7 (39%)	
ท้องอืด (Bloating)			
หลังบริโภควันที่ 3			
ไม่มีอาการ	21 (70%)	14 (77%)	0.28
มีอาการ	9 (30%)	4 (13%)	
หลังบริโภควันที่ 7			
ไม่มีอาการ	21 (70%)	13 (72%)	0.13
มีอาการ	9 (30%)	5 (28%)	
หลังบริโภควันที่ 10			
ไม่มีอาการ	19 (63%)	12 (67%)	0.37
มีอาการ	11 (37%)	6 (33%)	
หลังบริโภควันที่ 14			
ไม่มีอาการ	21 (70%)	14 (77%)	0.86
มีอาการเล็กน้อย	9 (30%)	4 (23%)	

* p values เปรียบเทียบร้อยละคนที่มี และไม่มีอาการระหว่างบริโภค RS 30 และ 40 กรัม/วัน โดยใช้ Pearson Chi-Square Test ที่ความเชื่อมั่น 95% ผลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ p <0.05

ตารางที่ 6 (ต่อ)

อาการในระบบทางเดินอาหาร	30 กรัม/วัน (n=30)	40 กรัม/วัน (n=18)	p value*
	จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย (%)		
เรอ (Belching)			
หลังบริโภควันที่ 3			
ไม่มีอาการ	21 (70%)	14 (78%)	0.67
มีอาการ	9 (30%)	4 (22%)	
หลังบริโภควันที่ 7			
ไม่มีอาการ	22 (73%)	15 (83%)	0.61
มีอาการ	8 (27%)	3 (17%)	
หลังบริโภควันที่ 10			
ไม่มีอาการ	22 (73%)	15 (83%)	0.21
มีอาการ	8 (27%)	3 (17%)	
หลังบริโภควันที่ 14			
ไม่มีอาการ	24 (80%)	15 (83%)	0.33
มีอาการ	6 (20%)	3 (17%)	
เสียงท้องร้อง (GI Rumbling)			
หลังบริโภควันที่ 3			
ไม่มีอาการ	28 (93%)	16 (89%)	0.62
มีอาการ	2 (7%)	2 (11%)	
หลังบริโภควันที่ 7			
ไม่มีอาการ	28 (93%)	15 (83%)	0.35
มีอาการ	2 (7%)	3 (17%)	
หลังบริโภควันที่ 10			
ไม่มีอาการ	28 (93%)	16 (89%)	0.42
มีอาการ	2 (7%)	2 (11%)	
หลังบริโภควันที่ 14			
ไม่มีอาการ	28 (93%)	17 (94%)	1.00
มีอาการเล็กน้อย	2 (7%)	1 (6%)	

* p values เปรียบเทียบร้อยละคนที่มี และไม่มีอาการระหว่างบริโภค RS 30 และ 40 กรัม/วัน โดยใช้ Pearson Chi-Square Test ที่ความเชื่อมั่น 95% ผลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ $p < 0.05$

ตารางที่ 7 น้ำหนักตัวอาสาสมัคร ก่อนและหลังการบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 40 กรัม/วัน

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	30 กรัม/วัน (n=30)	30 กรัม/วัน (n=18)	40 กรัม/วัน (n=18)
ก่อนบริโภค	55 (*48; 62*)	54 (*48; 64*)	53 (*48; 63*)
หลังบริโภค	54 (*48; 62*)	54 (*48; 63*)	53 (*48; 64*)

แสดงค่ามัธยฐาน (*เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25; เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75*) เปรียบเทียบน้ำหนักตัวก่อนและหลังบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS โดยใช้ Wilcoxon Signed Ranks Test

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณการบริโภค พลังงาน สารอาหารหลัก กากอาหาร และ ใยอาหาร ของอาสาสมัครช่วงก่อนบริโภคผลิตภัณฑ์ ช่วงบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 40 กรัม/วัน (n=18)

การได้รับ	ก่อนบริโภค	ช่วงบริโภค 30 กรัม/วัน	ช่วงบริโภค 40 กรัม/วัน	p value
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี)	1,186 (1,033; 1,340)	1,133 (970; 1,314)	1122 (911; 1,220)	0.311
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	138 (117; 174)	142 (115; 167)	124 (107; 149)	0.311
โปรตีน (กรัม)	52 (47; 62)	45 (35; 53)	48 (35; 53)	0.223
ไขมัน (กรัม)	42 (36; 53)	41 (33; 55)	41 (30; 52)	0.411
กากอาหาร (กรัม)	0.41 (0.15; 0.58)	0.29 (0.13; 0.56)	0.19 (0.08; 0.62)	0.486
เส้นใยอาหาร (กรัม)	5.9 (5.0; 9.1)	5.8 (3.5; 8.1)	6.8 (3.1; 9.0)	0.846

แสดงค่ามัธยฐาน (เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25; เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75) เปรียบเทียบ ช่วงก่อนบริโภค ช่วงบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 กรัม/วัน และ 40 กรัม/วัน ทดสอบโดยใช้ Friedman test

จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อย RS ได้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายประเภทก๊าซ ได้แก่ ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และ มีเทน นอกจากนั้นยังได้กรดไขมันสายสั้น (Short chain fatty acids; SCFA) ที่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อลำไส้[21,24] จากการสำรวจข้อมูลการบริโภค พบว่าประชากรในอินเดียบริโภคแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยประมาณ 10 กรัม/วัน[25] จากการสำรวจอาหารในประเทศจีนบริโภคแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยประมาณ 14.9 ถึง 18 กรัม/วัน[26, 27] ประเทศทางสหภาพยุโรปบริโภคประมาณ 10 ถึง 18 กรัม/วัน[25, 28] สหราชอาณาจักร ได้รับประมาณ 2.7 กรัมต่อวัน[29] ออสเตรเลียบริโภคประมาณ 5 ถึง 7 กรัม/วัน[30] ในประเทศสวีเดนบริโภคประมาณ 1.2 ถึง 3.2 กรัม/วัน[31] นิวซีแลนด์ เพศชายบริโภค บริโภคประมาณ 29 ถึง 35 กรัม/วัน ในขณะที่เพศหญิงบริโภค 23 กรัม/วัน[32] จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าปริมาณการบริโภคแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยประมาณ มีความแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค ประเทศ และ เพศ จากการศึกษาในปี ค.ศ. 2010 Stewart และคณะ[33] พบว่าใยอาหารโดยเฉพาะกลุ่มใยอาหารที่ถูกหมักได้ (Fermentable fibers) สามารถทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ในระบบทางเดินอาหารได้ (Gastrointestinal symptoms) อาการดังกล่าวเช่น มีลมในกระเพาะอาหารและปวดท้อง โดยความรุนแรงของอาการขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (Physicochemical properties) ของใยอาหารแต่ละชนิด และ ปริมาณการบริโภค ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่เสริมแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อย (ซึ่งจัดเป็นใยอาหารชนิดหนึ่ง) พร้อม

ทั้งประเมินปริมาณที่เหมาะสมหลังจากบริโภคแล้วไม่เกิดอาการข้างเคียงไม่พึงประสงค์ และรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคส่วนใหญ่ ผลจากการศึกษานี้พบว่า อาสาสมัครเพศหญิงอายุ 21-40 ปี ได้รับแป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ ชนิดที่ 2 ปริมาณ 30 และ 40 กรัม/วัน พบอาการมีลมในกระเพาะอาหาร ท้องอืด และ เรอ โดยเฉพาะกลุ่มที่บริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 40 กรัม/วัน ซึ่งมีอาสาสมัคร 7 คน ออกจากโครงการด้วยเหตุผลส่วนตัวที่ไม่เกี่ยวข้องกับการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในผลการทดลอง ในขณะที่ 5 คน ขอออกจากโครงการก่อนครบกำหนดการศึกษา เนื่องจากมีลมในท้องมาก อุจจาระแข็ง ท้องอืด หลังดื่มผลิตภัณฑ์ ซึ่งสันนิษฐานว่าการบริโภค RS 40 กรัม/วัน มีผลต่อระบบทางเดินอาหาร และ การขับถ่ายรุนแรงมาก ถึงแม้การเปรียบเทียบอาการในระบบทางเดินอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 และ 40 กรัม/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (**ตารางที่ 6**) ผลจากการศึกษานี้ต่างจากการศึกษาในปี ค.ศ. 2004 Heuvel และคณะ[34] ที่ศึกษาในเพศชายสุขภาพแข็งแรง อายุ 20-44 ปี มี ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย24.5 ± 2.9 กก./ม^2 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับ placebo และ NUTRIOSE®FB (Soluble fiber) ขนาด 10, 30 หรือ 60 กรัม/วัน ศึกษาแบบ crossover และอีกกลุ่มหนึ่งได้รับ Placebo และ NUTRIOSE®FB 15, 45 หรือ 80 กรัมต่อวัน ศึกษาแบบ Crossover โดยได้รับแต่ละ dose เป็นเวลา 7 วัน ผลการศึกษาพบว่า เมื่อได้รับ NUTRIOSE®FB ในปริมาณ 10, 15, 30 หรือ 45 กรัม/วัน ไม่ส่งผลทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ต่อระบบทางเดินอาหาร เช่น อาการเกิดลมในกระเพาะอาหาร ท้องอืด เรอ การขับถ่าย และลักษณะของอุจจาระ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 60 หรือ 80 กรัม/วัน ทำให้เกิดลมในกระเพาะอาหาร ท้องอืด เรอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ได้รับ 80 กรัม/วัน ทำให้เกิดอาการรุนแรงมาก ในขณะที่ปริมาณอื่นๆไม่พบอาการท้องเสีย เพียงแค่มีอาการถ่ายเหลวและจำนวนครั้งในการขับถ่ายมากกว่า 3 ครั้ง/วัน อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้พบว่าการบริโภคนมรสช็อกโกแลตเสริม RS 40 กรัม/วัน เกิดอาการไม่พึงประสงค์ต่อระบบทางเดินอาหารมาก และรุนแรง อาจจะมาจาก NUTRIOSE®FB และ Hi-Maize™ 260 ซึ่งเป็น RS2 มีโครงสร้างทางเคมีต่างกัน ทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ในทางเดินอาหารต่างกันคือ การบริโภคผลิตภัณฑ์เสริม RS2 ในการศึกษานี้เพียง 30 หรือ 40 กรัม/วัน ทำให้มีลมในท้อง อุจจาระแข็งเหมือนท้องผูก ในขณะที่การบริโภค NUTRIOSE®FB ซึ่งเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำ (Soluble fiber) ในปริมาณที่น้อยกว่า 45 กรัม/วัน จะมีผลทำให้อุจจาระเหลว และ ถ่ายอุจจาระถี่กว่าปกติ นอกจากนี้คุณลักษณะเฉพาะบุคคลของผู้บริโภคที่มีความแตกต่างกัน (อายุ เพศ น้ำหนักตัว พันธุกรรม บุคลิกภาพ โรคประจำตัว และลักษณะการใช้ชีวิตประจำวัน) ส่งผลทำให้เกิดอาการข้างเคียงของระบบทางเดินอาหารที่แตกต่างกันออกไป โดยจะไปส่งผลต่อการเคลื่อนไหลของระบบทางเดินอาหาร เวลาในการเคลื่อนที่ของอาหาร การทำงานของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ชนิดและจำนวนของแบคทีเรียในลำไส้ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ส่งผลต่อการย่อย การดูดซึม และขบวนการหมัก นำไปสู่การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอาการข้างเคียงในระบบทางเดินอาหารได้ [35] อาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหารส่วนใหญ่คือมีลมในกระเพาะอาหาร ท้องอืด เรอ มีเสียงท้องร้อง โดยอาการดังกล่าวอาจเกิดจากการมีก๊าซในระบบทางเดินอาหารมากกว่าปกติ ปี ค.ศ. 2019 Wang และคณะ[36] ได้อธิบายขบวนการหมักของใยอาหารที่เกิดขึ้นในลำไส้ใหญ่ดังนี้ พอลิแซ็กคาไรด์เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน ไม่สามารถผ่านเข้าสู่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ แบคทีเรียจึงปล่อยเอนไซม์บริเวณผนังเซลล์หรือภายในเซลล์ออกมาย่อยเพื่อทำลายพันธะจนได้โมเลกุลเดี่ยว จากนั้นแบคทีเรียจะนำน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเข้าสู่ขบวนการเมแทบอลิซึมโดยผ่านทาง Embden-Meyerhoff pathway ทำให้เกิดไพรูเวทโดยทั่วไปมักไม่พบไพรูเวทบริเวณลำไส้ใหญ่เพราะไพรูเวทจะเปลี่ยนไปเป็น กรดไขมันสายสั้นๆ ส่วนใหญ่เป็นอะซิเตท (Acetate) โพรพิโอเนต

(Propionate) และบิวไทเรต (Butyrate) และ เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และ มีเทน แป้งอาหารที่ทนต่อการย่อยจากเอนไซม์ สามารถเกิดขบวนการหมักในลำไส้ใหญ่ถึงร้อยละ 100 ซึ่งมากกว่าใยอาหารชนิดอื่น จากการศึกษาในปี ค.ศ. 2004 Heuvel และคณะ[34] และ ปี ค.ศ. 2006 Pasman และคณะ[37] พบว่าเมื่อร่างกายได้รับ NUTRIOSE®FB ไปแล้วจะเกิดขบวนการย่อยและขบวนการหมักได้ถึงร้อยละ 97 จากการวิเคราะห์ในอุจจาระ และจากการทดสอบทางลมหายใจพบมีการขับก๊าซไฮโดรเจนออกมามากขึ้นในกลุ่มทดลองน้ำหนักตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริม RS 30 และ 40 กรัม/วัน เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ต้องการหาปริมาณ RS ที่มีผลข้างเคียงต่อระบบทางเดินอาหารเท่านั้นมิได้คาดหวังว่าน้ำหนักตัวของอาสาสมัครจะมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากระยะเวลาในการบริโภคผลิตภัณฑ์เสริม RS ค่อนข้างสั้นเพียง 2 สัปดาห์ และ อาสาสมัครมีสุขภาพในเกณฑ์ปกติ ถ้าเพิ่มระยะเวลาในการศึกษายาวขึ้น และคัดเฉพาะคนอ้วน หรือ มีน้ำหนักเกินอาจเห็นความเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวได้ จากข้อมูลการบริโภคอาหาร การบริโภค พลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต กากใยอาหาร และ เส้นใยอาหาร ทั้ง 3 ช่วงเวลา สูตรที่เสริม RS 40 กรัม/วัน มีพลังงานมากกว่าสูตรที่เสริม RS 30 กรัม/วัน ประมาณ 70 กิโลแคลอรี่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ช่วงที่ดื่มผลิตภัณฑ์เสริม RS 40 กรัม/วัน อาสาสมัครอาจกินอาหารได้น้อยลง แต่เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการบริโภคอาหาร ในช่วงที่รับประทานผลิตภัณฑ์เสริม RS 30 และ 40 กรัม/วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาปี ค.ศ.2020 White และคณะ[38] พบว่าอาสาสมัครที่มีภาวะก่อนเบาหวาน (Prediabetes) ดัชนีมวลกาย ≥ 27 กก./ตร.ม. อายุ 35-75 ปี บริโภค RS2 45 กรัม/วัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ การบริโภค พลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างจาก ค่าเริ่มต้น และ กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้มีจุดอ่อนที่อาจมีผลต่อการแปลผลการทดลอง คือ ไม่ได้คำนึงถึงระยะ Menstrual cycle ซึ่งอาจจะมีผลต่อปริมาณอาหารที่บริโภคต่อวัน ดังที่พบในการศึกษา ปี ค.ศ.1994 Martini และคณะ[39] พบว่าระยะ Midluteal phase มีการบริโภคโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน มากกว่าระยะ Midfollicular phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้อาสาสมัครในการศึกษานี้ มีน้ำหนักตัวและดัชนีมวลกายค่อนข้างกว้างทำให้อาจจะแปลผลยาก การศึกษาในอนาคตควรคำนึงถึง Menstrual cycle กำหนด Inclusion criteria ให้ชัดเจนขึ้น เช่น เลือกอาสาสมัครที่มีน้ำหนักตัว และ ดัชนีมวลกายแคบลง ไม่เลือกอาสาสมัครที่มีภาวะน้ำหนักเกิน

สรุปผลการวิจัย

การบริโภคผลิตภัณฑ์นมรสช็อกโกแลตเสริม RS 30 และ 40 กรัม/วัน ติดต่อกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์ มีผลข้างเคียงไม่พึงประสงค์ในระบบทางเดินอาหารทั้ง 2 ระดับ ถึงแม้ว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่เสริม RS 30 กรัม/วัน พบอาการข้างเคียงไม่พึงประสงค์ในระบบทางเดินอาหารไม่รุนแรง แต่ก็ยังพบผู้มีอาการมีลมในกระเพาะอาหารมากถึงร้อยละ 50 ดังนั้นปริมาณ RS2 ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในระยะยาวควรจะต่ำกว่า 30 กรัม/วัน โดยเฉพาะถ้าเพิ่มระยะเวลาการทดสอบเพื่อให้เห็นผลในการลดน้ำหนัก

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มรสช็อกโกแลตเสริม RS2 และติดตามผลข้างเคียงของการบริโภคในระบบทางเดินอาหารและการขับถ่าย อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเท่าที่ควรเมื่อรับประทานระยะยาว โดยเฉพาะการตกตะกอนแยกชั้นของผลิตภัณฑ์เมื่อตั้งทิ้งไว้ และความรู้สึกสากเป็นเม็ดในช่องปาก ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของ RS2 ที่มีความสามารถในการละลายน้ำค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการศึกษาในอนาคตจำเป็นต้อง

มีการปรับสูตรเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม ซึ่งอาจทำโดยเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัวที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังต้องมีการพัฒนาการเสริม RS ในผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการศึกษาผลเชิงสุขภาพในมนุษย์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นส่วนผสมหลัก เช่น ขนมอบ ขนมกรุบกรอบ และ ข้าวเกรียบ เป็นต้น โดยทดแทนแป้งบางส่วนในสูตรด้วย RS รวมถึงผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มในรูปแบบอื่นๆ เช่น ผงชงสำเร็จรูป อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาปริมาณที่เหมาะสม และผลของ RS ที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ด้วย เมื่อสามารถเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่เสริม RS และทดสอบคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์จนเป็นที่ยอมรับแล้ว ควรมีการศึกษาการบริโภคในมนุษย์แบบระยะยาวอีกครั้ง โดยติดตามผลกระทบต่อระบบทางเดินอาหาร และการขับถ่ายน้อยที่สุด ติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว สัดส่วนร่างกาย โดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง ก่อนนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปต่อยอด เพื่อควบคุมน้ำหนักคงค้างหลังคลอด ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

เอกสารอ้างอิง

1. Peters R, Ee N, Peters J, Beckett N, Booth A, Rockwood K, et al. Common risk factors for major noncommunicable disease, a systematic overview of reviews and commentary: the implied potential for targeted risk reduction. Ther Adv Chronic Dis. 2019; 10:2040622319880392.
2. Budreviciute A, Damiati S, Sabir DK, Onder K, Schuller-Goetzburg P, Plakys G, et al. Management and Prevention Strategies for Non-communicable Diseases (NCDs) and Their Risk Factors. Front Public Health. 2020;8:574111.
3. Nediani C, Dinu M. Oxidative Stress and Inflammation as Targets for Novel Preventive and Therapeutic Approaches in Non-Communicable Diseases II. Antioxidants (Basel). 2022;11(5).
4. Rastogi S, Rastogi D. The Epidemiology and Mechanisms of Lifetime Cardiopulmonary Morbidities Associated with Pre-Pregnancy Obesity and Excessive Gestational Weight Gain. Front Cardiovasc Med. 2022;9:844905.
5. Al-Ani Z, Al-Dulaimy W, Al-Dulaimy K, Al-Haj S, Abdulraheem Y, Al-Maraie A, et al. Postpartum Weight: A Guide for Calculation of the Expected Prepregnancy Weight to Study the Risk of Maternal Overweight and Obesity on Congenital Anomalies. J Obes Weight Loss Ther. 2016;6:1-12.
6. Birt D, Boylston T, Hendrich S, Jane J-L, Hollis J, Li L, et al. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. Advances in nutrition (Bethesda, Md). 2013;4:587-601.
7. Drake AM, Coughlan MT, Christophersen CT, Snelson M. Resistant Starch as a Dietary Intervention to Limit the Progression of Diabetic Kidney Disease. Nutrients. 2022;14(21).
8. Raigond P, Dutt S, Singh B. Resistant Starch in Food. In: Mérillon J-M, Ramawat KG, editors. Bioactive Molecules in Food. Cham: Springer International Publishing; 2019. 815-46.
9. Hasjim J, Lee S-O, Hendrich S, Setiawan S, Ai Y, Jane J-l. Characterization of a Novel Resistant-Starch and Its Effects on Postprandial Plasma-Glucose and Insulin

Responses. Cereal Chem. 2010;87(4):257-62.

10. Kwak JH, Paik JK, Kim HI, Kim OY, Shin DY, Kim HJ, et al. Dietary treatment with rice containing resistant starch improves markers of endothelial function with reduction of postprandial blood glucose and oxidative stress in patients with prediabetes or newly diagnosed type 2 diabetes. Atherosclerosis. 2012;224(2):457-64.
11. Tan L-l, Duan W-q, Chen M-x, Mei Y, Qi X-y, Zhang Y. Naturally cultured high resistant starch rice improved postprandial glucose levels in patients with type 2 diabetes: A randomized, double-blinded, controlled trial. Front Nutr. 2022;9:1-7.
12. Bodinham CL, Smith L, Thomas EL, Bell JD, Swann JR, Costabile A, et al. Efficacy of increased resistant starch consumption in human type 2 diabetes. Endocr Connect. 2014;3(2):75-84.
13. Keenan MJ, Zhou J, Hegsted M, Pelkman C, Durham HA, Coulon DB, et al. Role of resistant starch in improving gut health, adiposity, and insulin resistance. Adv Nutr. 2015;6(2):198-205.
14. Dainty SA, Klingel SL, Pilkey SE, McDonald E, McKeown B, Emes MJ, et al. Resistant Starch Bagels Reduce Fasting and Postprandial Insulin in Adults at Risk of Type 2 Diabetes123.J Nutr. 2016;146(11):2252-9.
15. Karimi P, Abbasalizad Farhangi M, Sarmadi B, Pourghassem Gargari B, Javid A, Pouraghaei M, et al. The Therapeutic Potential of Resistant Starch in Modulation of Insulin Resistance, Endotoxemia, Oxidative Stress and Antioxidant Biomarkers in Women with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Clinical Trial. Ann Nutr Metab. 2015;68:85-93.
16. Vidrine K, Ye J, Martin RJ, McCutcheon KL, Raggio AM, Pelkman C, et al. Resistant starch from high amylose maize (HAM-RS2) and dietary butyrate reduce abdominal fat by a different apparent mechanism. Obesity (Silver Spring). 2014;22(2):344-8.
17. Robertson MD, Bickerton AS, Dennis AL, Vidal H, Frayn KN. Insulin-sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. Am J Clin Nutr. 2005;82(3):559-67.
18. Pedersen A, Sandström B, Van Amelsvoort JM. The effect of ingestion of inulin on blood lipids and gastrointestinal symptoms in healthy females. Br J Nutr. 1997;78(2):215-22.
19. Johnston KL, Thomas EL, Bell JD, Frost GS, Robertson MD. Resistant starch improves insulin sensitivity in metabolic syndrome. Diabet Med. 2010;27(4):391-7.
20. Mysonhimer AR, Holscher HD. Gastrointestinal Effects and Tolerance of Nondigestible Carbohydrate Consumption. Adv Nutr. 2022;13(6):2237-76.
21. Englyst HN, Hudson GJ. The classification and measurement of dietary carbohydrates. Food Chem. 1996;57(1):15-21.
22. Magallanes-Cruz PA, Flores-Silva PC, Bello-Perez LA. Starch Structure Influences Its Digestibility: A Review. J Food Sci. 2017;82(9):2016-23.
23. Asp NG, EURESTA., Starch EF-CAoR, Research F-LA-I, Commission of the European Communities. Directorate General XII: Science R, Development. Resistant

Starch: Proceedings from the 2nd Plenary Meeting of EURESTA: European FLAIR Concerted Action No. 11 (COST 911): Physiological Implications of the Consumption of Resistant Starch in Man: Macmillan; 1992.

24. Portincasa P, Bonfrate L, Vacca M, De Angelis M, Farella I, Lanza E, et al. Gut Microbiota and Short Chain Fatty Acids: Implications in Glucose Homeostasis. Int J Mol Sci. 2022;23(3).
25. Platel K, Shurpalekar KS. Resistant starch content of Indian foods. Plant Foods Hum Nutr. 1994;45(1):91-5.
26. Chen L, Liu R, Qin C, Meng Y, Zhang J, Wang Y, et al. Sources and intake of resistant starch in the Chinese diet. Asia Pac J Clin Nutr. 2010;19:274-82.
27. Muir JG, Walker KZ, Kaimakamis MA, Cameron MA, Govers MJ, Lu ZX, et al. Modulation of fecal markers relevant to colon cancer risk: a high-starch Chinese diet did not generate expected beneficial changes relative to a Western-type diet. Am J Clin Nutr. 1998;68(2):372-9.
28. Brighenti F, Casiraghi MC, Baggio C. Resistant starch in the Italian diet. Br J Nutr. 1998;80(4):333-41.
29. Tomlin J, Read NW. The effect of resistant starch on colon function in humans. Br J Nutr. 1990;64(2):589-95.
30. Baghurst KI, Baghurst PA, Record SJ. Dietary fiber, nonstarch polysaccharide, and resistant starch intakes in Australia. In Spiller, G.A. (Ed.). CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition (3rd ed.). CRC Press: 2001. p. 583-91.
31. Liljeberg Elmståhl H. Resistant starch content in a selection of starchy foods on the Swedish market. Eur J Clin Nutr. 2002;56(6):500-5.
32. Landon S, Colyer C, Salman H. The resistant starch report: an Australian update on health benefits, measurement and dietary intakes 2013 [Available from: https://www.scribd.com/document/3 7 4 7 2 6 3 2 4 / Resistant-Starch-Report#.
33. Stewart ML, Nikhanj SD, Timm DA, Thomas W, Slavin JL. Evaluation of the effect of four fibers on laxation, gastrointestinal tolerance and serum markers in healthy humans. Ann Nutr Metab. 2010;56(2):91-8.
34. van den Heuvel EG, Wils D, Pasman WJ, Bakker M, Saniez MH, Kardinaal AF. Short-term digestive tolerance of different doses of NUTRIOSE FB, a food dextrin, in adult men. Eur J Clin Nutr. 2004;58(7):1046-55.
35. Grabitske HA, Slavin JL. Gastrointestinal effects of low-digestible carbohydrates. Crit Rev Food Sci Nutr. 2009;49(4):327-60.
36. Wang M, Wichienchot S, He X, Fu X, Huang Q, Zhang B. In vitro colonic fermentation of dietary fibers: Fermentation rate, short-chain fatty acid production and changes in microbiota. Trends Food Sci Technol. 2019;88:1-9.
37. Pasman W, Wils D, Saniez MH, Kardinaal A. Long-term gastrointestinal tolerance of NUTRIOSE FB in healthy men. Eur J Clin Nutr. 2006;60(8):1024-34.
38. White U, Peterson CM, Beyl RA, Martin CK, Ravussin E. Resistant Starch Has No Effect on Appetite and Food Intake in Individuals with Prediabetes. J Acad Nutr Diet. 2020;120(6):1034-41.

39. Martini MC, Lampe JW, Slavin JL, Kurzer MS. Effect of the menstrual cycle on energy and nutrient intake. Am J Clin Nutr. 1994;60(6):895-9.