การใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้ามาใช้ประโยชน์ เพื่อลดอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาล

The Use of Commercial Modified Tapioca Starch to Reduce the Digestibility and Glycemic Index

สุกัญญา มิ่งใหญ่[1*] และ คงศักดิ์ ศรีแก้ว[2]

Sukanya Mingyai[1*] and Khongsak Srikaeo[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

[2]สาขาวิชาวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

[1]Department of Agricultural Technology and Environment, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

[2]Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok 65000

*Corresponding author: sukanya.mn@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำแป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าที่ขายในประเทศไทย มาใช้ประโยชน์โดยการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิด ได้แก่ ลอดช่องสิงคโปร์ และเม็ดสาคูอบแห้ง โดยนำแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแทนที่แป้งมันสำปะหลังในสูตร 3 ระดับ ต่ำ กลาง และสูง (10, 20, และ 30 เปอร์เซ็นต์) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาลเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่ถูกแทนที่ด้วยแป้งดัดแปร) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ทำการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของสตาร์ช อัตราการย่อยและประมาณค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) ด้วยวิธี In vitro enzymatic method ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในด้านของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด พบว่าปริมาณของ RS เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในสูตร จึงส่งผลให้อัตราการย่อยสตาร์ชช้าและค่าดัชนีน้ำตาลลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรควบคุมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากนั้นเปรียบเทียบกับการแทนที่แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าของต่างประเทศ (Actistar^{TM}, Cargill USA) ในสูตรของผลิตภัณฑ์ในระดับเดียวกันพบว่าแป้งมันสำหลังดัดแปรทางการค้าต่างประเทศมีประสิทธิภาพในการลดอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาลดีกว่าตัวอย่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ผลิตในประเทศไทย

คำสำคัญ: แป้งมันสำปะหลัง, แป้งดัดแปร, แป้งที่ทนต่อการย่อย, อัตราการย่อย, ดัชนีน้ำตาล

ABSTRACT

This study was carried out to utilize one modified commercial tapioca starch available in Thailand to produce two types of food products, namely Lod Chong Singapore and Sago. To compare the efficiency of the modified starch with that of the native tapioca starch in terms of starch digestibility and glycemic index, the modified tapioca starch was utilized as a substitute to native tapioca starch in low (10%), medium (20%) and high (30%) levels. The products were analyzed for starch composition, digestibility rate and

glycemic index (GI) by *in vitro* enzymatic method. The results pertaining to the resistant starch (RS) revealed that the two products showed increase with increasing replacement ratios, thus resulting in a reduction in their digestibility rate and glycemic index as compared with the control products and significantly ($p \leq 0.05$). The efficiency of the two products were also compared with that of the products formulated utilizing the modified starch from USA (Actistar^{TM}, Cargill USA) and it was found that the modified starch from USA was greater in reducing the digestibility and glycemic index.

Keywords: Tapioca starch, modified starch, resistant starch, digestion rate, glycemic index

บทนำ

การแปรรูปมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและมีมูลค่าเพิ่มเป็นประเด็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมมันสำปะหลังของประเทศไทย ในส่วนของการแปรรูปอาหารเพื่อเพิ่มมูลค่าโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการผลิต ร่วมกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การอาหาร โดยการผลิตแป้งดัดแปร โดยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้ง ปัจจุบันมีการใช้แป้งดัดแปรในอุตสาหกรรมอาหารจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่ใช้เพื่อการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหาร แต่ในขณะเดียวกันการดัดแปรแป้งนอกเหนือจากจะดัดแปรเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว ยังสามารถเพิ่มปริมาณสตาร์ชที่ย่อยช้า (slowly digestible starch; SDS) หรือสตาร์ชที่ทนต่อการย่อย (resistant starch; RS) เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้แป้งดัดแปรมีสมบัติในการย่อยสตาร์ชที่ดีขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติการเปลี่ยนจากแป้งให้เป็นน้ำตาลในเลือดช้าลง หรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) ต่ำ ปัจจุบันแป้งที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมีความต้องการสูง เนื่องจากอาหารจากแป้งที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำนอกจากจะเหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำตาลในเลือด ผู้ป่วยเบาหวานแล้ว ยังเหมาะกับผู้บริโภคทั่วไป และนักกีฬา โดยมีงานวิจัยรองรับมากมาย

จากศักยภาพและความเป็นไปได้ดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร (ลอดช่อง และเม็ดสาคู) เพื่อลดอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ การศึกษาการประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรครั้งนี้ ใช้ตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังทางการค้า (Native starch) (ActiStar^{TM}, Cargill Inc., USA) และ แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้า (Modified starch)

ผลิตผลิตภัณฑ์ลอดช่องสิงคโปร์และผลิตภัณฑ์เม็ดสาคู นำแป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้า (ดัดแปรด้วยวิธีทางกายภาพ) แทนที่ในสูตรผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทำการคัดเลือกอาหารต้นแบบ 2 ชนิด (เน้นอาหารที่มีส่วนประกอบหลักเป็นมันสำปะหลัง) ได้แก่ ลอดช่องสิงคโปร์ และ เม็ดสาคู โดยทำการแทนที่ 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (ต่ำ กลาง สูง; M10, M20 และ M30) เทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการแทนที่ด้วยแป้งดัดแปร (Control; C) โดยพิจารณาระดับในการแทนที่จากสูตรและความสามารถในการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์อาหาร การผลิตลอดช่องสิงคโปร์และเม็ดสาคูในห้องปฏิบัติการ วิธีการผลิตลอดช่องสิงคโปร์ คือ นำแป้งมาผสมกับน้ำอัตราส่วน 100 : 20 กรัม นวดให้เข้ากัน รีดเป็นแผ่นบาง ๆ ตัดเส้น นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ในส่วนของเม็ดสาคู คือ นำแป้งมาแช่น้ำ นาน 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำแป้งห่อด้วยผ้าขาวบางแขวนจนไม่มีน้ำหยด เขย่าด้วยผ้าขาวบางจนเกิดเป็นเม็ดสาคู นึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง

ศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ลอดช่องสิงคโปร์และผลิตภัณฑ์เม็ดสาคู โดยศึกษาองค์ประกอบของสตาร์ช (RS, non-RS และ total starch) ใช้วิธีย่อยด้วยเอนไซม์ ตามที่ได้อธิบายไว้โดย Englyst *et al*., (1992) และ RS, Non-RS และ TS โดยวิธีมาตรฐาน AACC method 32 – 40.01 โดยใช้วิธี Amyloglucosidase/α-amylase Method ตามวิธีของRS assay kit (Magazyme International, Wicklow, Ireland) ที่ได้รับการรับรองจาก AACC. ตรวจสอบอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาล (glycaemic index; GI) แบบ in vitro method (Srikaeo and Sopade, 2010; Srikaeo *et al.,* 2011; Lerdluksamee *et al.,* 2013; Srikaeo and Sangkhiaw, 2014)

คัดเลือกสูตรผลิตภัณฑ์อาหารที่มีศักยภาพในการลดอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับแป้งดัดแปรทางการค้าต่างประเทศ (ActiStar^{TM}) โดยทำการทดสอบที่อัตราส่วนการแทนที่ในระดับเดียวกัน

วิเคราะห์ผลทางสถิติ วางแผนการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการตรวจสอบองค์ประกอบของสตาร์ช โดยใช้วิธีย่อยด้วยเอนไซม์

จากผลที่ทำการตรวจสอบองค์ประกอบของสตาร์ช ซึ่งประกอบไปด้วย RS, Non-RS และ total starch พบว่าปริมาณ RS, Non-RS และ total starch ของผลิตภัณฑ์ลอดช่องสิงคโปร์อยู่ในช่วง 0.69 – 1.84, 82.62 – 90.34 และ 83.70 – 92.17 g/100g ตามลำดับ (Table 1) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่า RS, Non-RS และ total starch ของผลิตภัณฑ์เม็ดสาคูอยู่ในช่วง 0.40 – 0.99, 88.57 – 90.07 และ 88.89 – 91.06 g/100g ตามลำดับ (Table 2) แต่ในส่วนของ RS ของผลิตภัณฑ์เม็ดสาคู พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในส่วนของปริมาณ Non-RS และ total starch เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ใช้ในการแทนที่ในสูตร พบว่า สูตรที่ทำการแทนที่ด้วยแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของ RS สูงขึ้น และ สูตรที่ทำการแทนที่ด้วยแป้งมันสำปะหลังที่ระดับต่ำมีปริมาณ RS น้อยที่สุด

2. ผลการตรวสอบอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาล

จากการวัดอัตราการย่อยสตาร์ชและการประเมินค่าดัชนีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด พบว่า ค่า glycemic index (GI) มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยค่า GI ของผลิตภัณฑ์ลอดช่องสิงคโปร์ อยู่ในช่วง 74.57 – 90.96 สำหรับผลิตภัณฑ์เม็ดสาคู พบค่า GI อยู่ในช่วง 74.50 – 87.22 ในขณะเดียวกัน พบว่า สูตรที่แทนที่ด้วยแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในระดับสูง (30 เปอร์เซ็นต์) มีค่า GI ต่ำที่สุด และสามารถคำนวณพารามิเตอร์ของการย่อยและประมาณค่าดัชนีน้ำตาลได้แสดงดัง Table 3 จากการสืบค้นข้อมูลแป้งมันสำปะหลังดัดแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า แป้งมันสำปะหลังดัดแปร ใช้วิธีการดัดแปรแบบครอสลิงค์ (Cross linking) โดยแป้งครอสลิงค์มีประโยชน์ในแง่ทางโภชนาการ โดยใช้เป็นแหล่งของใยอาหาร เนื่องจากพบว่าเอนไซม์ในลำไส้จะย่อยแป้งครอสลิงค์ได้น้อยลง (Singh *et al.,* 2007) จากผลที่ได้นี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณ RS ในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ ตัวอย่างที่มีการแทนที่ด้วยแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในระดับต่ำมีอัตราการย่อย ที่เร็วและมีค่า GI สูงกว่าตัวอย่างที่ทำการแทนที่ด้วยแป้งมันสำปะหลังดัดแปรในระดับสูง จากผลที่ได้นี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chong and Noor (2014); Srikaeo and Sangkhiaw (2014) เนื่องจากปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อยเป็นปัจจัยสำคัญในการทำนายอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาล ดังนั้น แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการ ดัดแปร หากกระบวนการดัดแปรทำให้แป้งมีปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อยสูง ทำให้มีสมบัติในการช่วยลดอัตราการย่อยและค่าดัชนีน้ำตาล

3. ผลการทดสอบอัตราการย่อยและค่าดัชนีน้ำตาลเปรียบเทียบกับแป้งดัดแปรทางการค้าต่างประเทศ

จากผลที่ได้ พบว่า การแทนที่ด้วยแป้งดัดแปรทางการค้าต่างประเทศ (Actistar™, Cargill USA) มีอัตราการย่อยให้ช้าลงและค่าดัชนีน้ำตาลได้ต่ำกว่า แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าที่จำหน่ายในประเทศไทย ถึง 24 – 26 เปอร์เซ็นต์ แสดงดัง Table 4 และผลค่า GI ที่ได้อยู่ในระดับ ค่า GI ระดับกลาง ในขณะที่การแทนที่ด้วยแป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าที่ผลิตในประเทศไทยยังคงอยู่ในระดับ GI สูง ทั้งนี้เนื่องจากว่าแป้งมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าผลิตในประเทศไทยเป็นแป้งมันสำปะหลังดัดแปรไดสตาร์ชฟอสเฟต ที่ได้จากปฏิกิริยาครอสลิงกิงค์มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและเพิ่มความทนทานต่อสภาพกรด-ด่าง และอุณหภูมิ เมื่อนำไปใช้ในอาหารจึงไม่สามารถลดค่า GI ได้

สรุป

จากการนำแป้งดัดแปรมาผลิตผลิตภัณฑ์ลอดช่องสิงคโปร์และสาคูอบแห้ง พบว่า และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณสตาร์ชต้านทานการย่อยสูงขึ้น มีอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาลลดลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรผลิตในประเทศไทย และแป้งดัดแปร ActiStar™ พบว่าตัวอย่างที่ใช้แป้งดัดแปร ActiStar™ มีอัตราการย่อยสตาร์ชและค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าตัวอย่างที่มีการใช้ แป้งมันสำปะหลังดัดแปรผลิตในประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
รหัสโครงการ FDA-CO-2559-2939-TH

เอกสารอ้างอิง

AACC. 2009. AACC International Approved Methods of Analysis (Method 32-40, 61-02), 11th edn. St. Paul MN: AACC International.

Chong, L. C. and Noor, A. A. 2010. Effects of banana flour and β-glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles. Food Chemistry. 119: 34 – 40.

Englyst, H. N., Kingman, S. and Cummings, J. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. European journal of clinical nutrition. 46: 33 – 50.

Lerdluksamee, C., Srikaeo, K., Mir, J.A. and García, J. 2013. Physicochemical properties and starch digestibility of Scirpus grossus flour and starch. Carbohydrate Polymers. 97(2): 482 – 488.

Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O. J. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. Food Hydrocolloids. 21(1): 1 – 22.

Srikaeo, K., Mingyai, S. and Sopade, P. A. 2011. Physicochemical properties, resistant starch content and enzymatic digestibility of unripe banana, edible canna, taro flours and their rice noodle products. International Journal of Food Science & Technology. 46(10): 2111 – 2117.

Srikaeo, K. and Sangkhiaw, J. 2014. Effects of amylose and resistant starch on glycaemic index of rice noodles. LWT - Food Science and Technology. 59(2): 1129 – 1135.

Srikaeo, K. and Sopade, P.A. 2010. Functional properties and starch digestibility of instant Jasmine rice porridges. Carbohydrate Polymers. 82: 952 – 957.

Table 1 The RS, Non-RS and total starch content of Lod Chong Singapore.

Samples	RS (g/100g)	Non-RS (g/100g)	Total starch (g/100g)
C	0.69 ± 0.03^{d}	85.66 ± 4.14^{c}	86.35 ± 4.17^{c}
M10	1.08 ± 0.05^{c}	82.62 ± 0.30^{d}	83.70 ± 0.30^{d}
M20	1.25 ± 0.04^{b}	87.80 ± 1.82^{b}	89.05 ± 1.77^{b}
M30	1.84 ± 0.02^{a}	90.34 ± 0.47^{a}	92.17 ± 0.49^{a}

Means with different letters within a column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 2 The RS, Non-RS and total starch content of Sago.

Samples	RS (g/100g) ^{ns}	Non-RS (g/100g)	Total starch (g/100g)
C	0.40 ± 0.09	89.94 ± 0.48^{b}	90.34 ± 0.08^{b}
M10	0.32 ± 0.03	88.57 ± 0.57^{c}	88.89 ± 0.57^{c}
M20	0.58 ± 0.04	89.40 ± 1.74^{b}	89.98 ± 1.34^{b}
M30	0.99 ± 0.01	90.07 ± 0.21^{a}	91.06 ± 0.21^{a}

Means with different letters within a column are significantly different ($p \leq 0.05$)

ns: Not significant.

Table 3 Glycemic index of Lod Chong Singapore and Sago of Thai commercial modified starches.

Samples	Estimated GI	Estimated GI
	Lod Chong Singapore	Sago
C	90.96 ± 0.15^{a}	87.22 ± 0.19^{a}
M10	76.54 ± 0.33^{b}	74.77 ± 0.36^{b}
M20	76.88 ± 0.32^{b}	74.94 ± 1.13^{b}
M30	74.57 ± 0.18^{c}	74.50 ± 0.88^{b}

Means with different letters within a column are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 4 Comparison of digestibility and glycemic index between Thai and foreign commercial modified starches of Lod Chong Singapore and Sago.

Samples	Estimated GI	Estimated GI
	Lod Chong Singapore	Sago
ActiStar^{TM}	56.37 ± 1.42^{b}	59.90 ± 0.28^{b}
Modified starch	74.57 ± 0.18^{a}	74.50 ± 0.87^{a}

Means with different letters within a column are significantly different ($p \leq 0.05$).