

ผลของปริมาณแอมิโลสต่ออัตราการย่อยสลายและค่าดัชนีน้ำตาลของเส้นก๋วยเตี๋ยว
Effects of amylose content on starch digestion rate and glycemc index of rice noodles

กาญจนา ไกรแสง¹ และ คงศักดิ์ ศรีแก้ว¹

Kanchana Kraiseang¹ and Khongsak Srikaeo¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณแอมิโลสต่ออัตราการย่อยสลายและค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้แป้งดัดแปรแอมิโลสสูงเติมลงไปในแป้งสำหรับผลิตก๋วยเตี๋ยวทั่วไป (แป้งสูตรควบคุมซึ่งประกอบด้วยแป้งข้าวและแป้งมันสำปะหลัง) โดยให้มีปริมาณแอมิโลสเพิ่มสูงขึ้นกว่าสูตรควบคุมจากเดิมร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 ตามลำดับ จากนั้นนำไปผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำการวิเคราะห์หาอัตราการย่อยสลายและค่าดัชนีน้ำตาล การทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอมิโลสทำให้อัตราการย่อยสลายของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลให้ค่าดัชนีน้ำตาลในภาพรวมลดลง จาก 79.0 (สูตรควบคุม) เป็น 73.2, 74.6, 69.6, 66.6 และ 71.7 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณแอมิโลสส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยค่าความต้านทานต่อแรงดึง (tensile strength) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลงเมื่อปริมาณแอมิโลสในส่วนผสมเพิ่มขึ้น และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเพิ่มปริมาณแอมิโลสให้สูงขึ้นจากเดิมร้อยละ 15 มากที่สุด

คำสำคัญ : แอมิโลส เส้นก๋วยเตี๋ยว การย่อยสลาย ค่าดัชนีน้ำตาล

Abstract

The effects of amylose content on starch digestion rate and glycemc index (GI) of dried rice noodles were investigated. The levels of amylose in the mixed flours for rice noodle production (rice flours mixed with tapioca starch) were manipulated by adding high amylose-modified starch 5, 10, 15, 20 and 25% respectively. The noodles were produced from the mixed flours. It was found that starch digestion rate and consequently GI values of the products decreased as amylose contents increased. The GI values reduced from 79.0 (control sample) to 73.2, 74.6, 69.6, 66.6 and 71.7 respectively. However, amylose also affected on the texture of rice noodles as it reduced the tensile strength of the noodles. Sensory evaluation found that panelists gave the highest overall acceptance for the sample with 15% increase of amylose.

Keywords : Amylose, Rice noodle, Starch digestion, Glycemc index

Email address : Kanchanavy@hotmail.com

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹ Food Science and technology Faculty of Food and Agricultural Technology Pibulsongkram Rajabhat University

คำนำ

โดยทั่วไปแล้วข้าวจัดเป็นอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลหรือค่า GI สูง มีอัตราการย่อยสลายเร็ว ซึ่งไม่เหมาะต่อผู้บริโภคบางกลุ่ม โดยเฉพาะผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน (Hu et al., 2004; Jaisut et al., 2008; Jenkins et al., 1981; Miller et al., 1992)

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายและค่าดัชนีน้ำตาล มีหลากหลายปัจจัย โดยปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดอัตราการย่อยสลายที่ผู้ผลิตอาหารสามารถทำให้เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีอัตราการย่อยสลายตามที่ต้องการ คือปริมาณใยอาหาร โดยเฉพาะใยอาหารในกลุ่ม resistant starch (RS) และปริมาณแอมิโลส (Jaisut et al., 2008; 2009; Rashmi & Urooj, 2003; Srikaeo & Sopade, 2010) ซึ่งจากผลการวิจัยทั่วไป พบว่าหากปริมาณแอมิโลสสูง ข้าวจะมีอัตราการย่อยสลายช้าและมีค่าดัชนีน้ำตาลลดลง (Behall et al., 1988; 1989; Frei et al., 2003; Hu et al., 2004) โดยทั่วไปข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยว เนื่องจากจะทำให้เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวดีกว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ นั่นก็คือมีความร่วนและเหนียวน้อยกว่า ดังนั้นหากทราบผลของปริมาณแอมิโลสต่อคุณภาพด้านการย่อยสลายในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้สายพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมที่มีปริมาณแอมิโลสสูงพอเหมาะหรือใช้กระบวนการอื่นๆ ร่วมด้วย เช่นการเสริมด้วย RS (จากผลการวิจัยในปี 2554) ให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณแอมิโลสต่ออัตราการย่อยสลายและค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว เพื่อให้ได้สูตรการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีอัตราการย่อยสลายลดลงหรือมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ โดยใช้วิธีการผันแปรปริมาณแอมิโลสในวัตถุดิบ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบและอุปกรณ์

แป้งผสมสูตรควบคุมซึ่งเป็นแป้งผสมที่ใช้ผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยทั่วไป ประกอบด้วยแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังในสัดส่วน 70:30 โดยน้ำหนัก (ตามสูตรมาตรฐานของโรงงาน) ได้จากการผสมแป้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ส่วนแป้งดัดแปรแอมิโลสสูงได้จาก National Starch (Thailand) Co., Ltd.

2. วิธีการ

2.1 ทดสอบหาปริมาณแอมิโลสในตัวอย่างแป้งผสมสูตรควบคุมและแป้งดัดแปรแอมิโลสสูง โดยใช้วิธีทำให้เกิดสีกับไอโอดีน (Juliano, 1971) จากนั้นทำการเติมแป้งดัดแปรแอมิโลสสูงลงไปในแป้งผสมสูตรควบคุม โดยคำนวณให้มีปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้นจากเดิมอีกร้อยละ 5, 10, 15, 20 และ 25 ตามลำดับ

2.2 นำแป้งผสมสูตรควบคุมและสูตรที่มีการปรับปริมาณแอมิโลสที่ระดับต่าง ๆ มาทำการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวในห้องปฏิบัติการ โดยนำแป้งมาผสมกับน้ำกลั่นให้แป้งมีความถ่วงจำเพาะ 1.50 Baume เท่ากันในทุก ๆ สูตร แล้วนำไปแผ่ให้เป็นแผ่นบาง ๆ บนถาดเคลือบเทฟลอน จากนั้นนำไปนึ่งให้สุก ลอกแผ่นแล้วทิ้งไว้ให้เกิดการคืนตัวเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปตัดเส้นด้วยเครื่องตัดเส้นแบบมือหมุน ให้เส้นมีความกว้างขนาด 7 มิลลิเมตร นำเส้นที่ได้ไปอบให้แห้งจนมีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13 โดยใช้ตู้อบลมร้อน ใช้อุณหภูมิในการอบ 50 องศาเซลเซียส

2.3 วิเคราะห์หาปริมาณสตาร์ชทั้งหมดในตัวอย่างโดยใช้วิธี Amyloglucosidase/ α -amylase Method ตามวิธีมาตรฐาน AOAC 996.11 (2000) โดยใช้ชุดทดสอบจาก Megzyme International (Ireland)

2.4 วิเคราะห์อัตราการย่อยสตาร์ชและจลนพลศาสตร์การย่อยสตาร์ชใช้วิธี rapid in-vitro enzymatic digestion assay (Sopade and Gidley,2009) โดยใช้สมการในการทำนายจลนพลศาสตร์ดังสมการที่ 1 (Mahasukhonthachart et al., 2010)

$$D_t = D_0 + D_{\infty-0}(1 - \exp[-Kt]) \quad \dots[1]$$

โดย D_t คือปริมาณสตาร์ชที่ถูกย่อยที่เวลา t , D_0 คือปริมาณสตาร์ชที่ถูกย่อยที่ $t = 0$, D_{∞} คือปริมาณสตาร์ชที่ถูกย่อยที่เวลาสุดท้าย ($D_0 + D_{\infty-0}$) และ K เป็นค่าคงที่ (min^{-1}) คำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟอัตราการย่อย (AUC_{exp}) โดยใช้สมการที่ 2 และค่า GI สามารถประมาณได้จากสมการที่ 3

$$AUC_{exp} = \left[D_{\infty}t + \frac{D_{\infty-0}}{K} \exp(-Kt) \right]_{t_1}^{t_2} \quad \dots[2]$$

$$GI = \left[\frac{((39.21 + 0.803H_{90}) + (40.03 + 0.558HI))}{2} \right] \quad \dots[3]$$

โดย HI (Hydrolysis index) คำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่างหารด้วยพื้นที่ใต้กราฟของอาหารอ้างอิงซึ่งในที่นี้ใช้นมปังขาว, H_{90} เป็นสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟที่เวลา 90 นาที

2.5 ตรวจสอบเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยหาค่าความต้านทานต่อแรงดึง (tensile strength) โดยใช้เครื่อง texture analyzer (TA-XT₂ plus, TA Instrument England) ตามวิธีของ Seib et al. (2000)

2.6 ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้การทดสอบแบบ 9-hedonic point scaling method ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน จากตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการคั่วและลวกให้สุก

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบปริมาณแอมิโลสในตัวอย่างแป้งผสมสูตรควบคุมมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 31.63 และแป้งดัดแปรแอมิโลสสูงมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 88.26
2. พารามิเตอร์ของจลนพลศาสตร์การย่อยและค่า GI ของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรควบคุมและสูตรที่มีการปรับเพิ่มปริมาณแอมิโลสแสดงในตารางที่ 1 จากตารางจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งดัดแปรแอมิโลส ปริมาณของสตาร์ชที่ถูกย่อย (D_0) และค่าดัชนีน้ำตาล (GI) มีแนวโน้มลดลงจากแป้งผสมสูตรควบคุมแต่ไม่มีความสม่ำเสมอมากนัก ส่วนค่าคงที่ของการย่อย (K) ไม่มีความสม่ำเสมอ Srikao et al. (2011) ได้ศึกษาค่าดัชนีน้ำตาลของแป้งข้าวและสตาร์ชด้วยการเพิ่มปริมาณแอมิโลสร่วมกับ resistant starch พบว่าค่าดัชนีน้ำตาลมีแนวโน้มที่ลดลงด้วยเช่นเดียวกัน

Table 1 Parameter of kinetics digestion and glycemic index (GI)

Samples	D _o (g/100 g dry starch)	K×10 ⁻³ (min ⁻¹)	GI _{H90}	GI _{HI}	AVG,GI
control	10.30±0.10 ^a	4.55±0.01 ^b	71.66±0.001 ^b	86.39±0.004 ^a	79.03±0.002 ^a
5%	8.04±0.25 ^b	4.68±0.02 ^b	71.05±0.20 ^c	75.41±0.19 ^c	73.23±0.20 ^c
10%	5.20±0.12 ^c	6.84±0.16 ^a	72.90±0.10 ^a	76.33±0.00 ^b	74.62±0.05 ^b
15%	5.75±0.08 ^c	6.32±0.50 ^a	68.07±0.34 ^d	71.22±0.65 ^e	69.65±0.49 ^e
20%	7.39±0.81 ^b	3.36±0.05 ^c	64.52±0.22 ^e	68.70±0.17 ^f	66.61±0.20 ^f
25%	9.70±0.34 ^a	4.17±0.00 ^b	69.60±0.01 ^f	73.85±0.05 ^d	71.72±0.03 ^d

^{a-f} Different superscript letters within column indicate values are significant different at the level of $p \leq 0.05$

3. ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรควบคุมและสูตรที่มีการปรับปริมาณแอมิโลส แสดงในภาพที่ 1 ในภาพรวมเห็นได้ว่าแนวโน้มค่าความต้านทานต่อแรงดึงของก๋วยเตี๋ยวจะลดลงเมื่อปริมาณแอมิโลสเพิ่มขึ้น แม้ว่าผลอาจจะไม่สม่ำเสมอ แต่มีบางตัวอย่างเช่น ตัวอย่างที่มีการปรับปริมาณแอมิโลสให้เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งในงานวิจัยของ Lu et al. (2011; 2009) ได้ทำการเพิ่มปริมาณแอมิโลสลงไปในตัวอย่งเส้นก๋วยเตี๋ยวทำให้ตัวอย่างนั้นมีค่า hardness สูงขึ้น และค่าที่ได้จากตัวอย่างนั้นแปรผกผันกับค่า adhesiveness ซึ่งมีค่าที่ลดลง

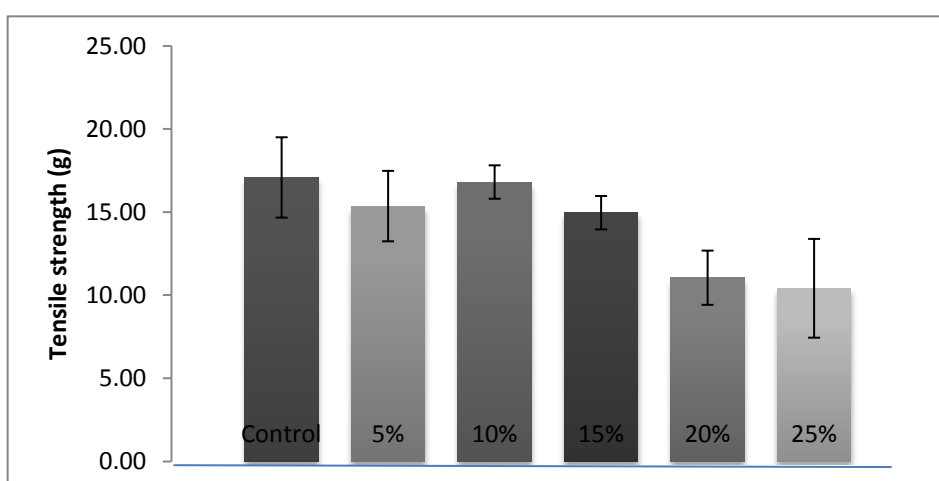


Figure 1 Tensile strength of control noodle and amylose contents as various level

4. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวแสดงในตารางที่ 2 จากตารางแสดงให้เห็นว่าผลของลักษณะปรากฏมีความแตกต่างกันแค่บางสูตร กลิ่นรส และความเหนียวไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนค่าสีของสูตรที่มีการเติมปริมาณแอมิโลสสูงมีความแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และผู้บริโภคให้ความชอบโดยรวมไปที่ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มปริมาณแอมิโลส 15% มากที่สุด ในรายงานของ Srikaeo et al. (2011) เกี่ยวกับการทำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการเพิ่มปริมาณแป้งดัดแปรแอมิโลสสูง ผู้บริโภคมีความชอบรวมของตัวอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลงจากสูตรควบคุมเล็กน้อย

Table 2 Sensory of control noodle and amylose contents as various levels

Treatment	Apparent	Color	Odor ^{ns}	Viscosity ^{ns}	Overall
ct	6.97±1.10 ^a	7.30±0.95 ^a	6.77±1.10	6.33±1.35	7.03±1.25 ^{ab}
5%	6.20±1.49 ^{ab}	6.63±1.10 ^b	6.33±1.21	6.03±1.52	6.47±1.33 ^{ab}
10%	6.10±1.65 ^{ab}	6.23±1.41 ^b	6.33±1.27	5.60±1.85	6.37±1.22 ^b
15%	6.30±1.34 ^{ab}	6.47±1.10 ^b	6.73±0.94	6.47±1.28	7.10±0.76 ^a
20%	6.00±1.55 ^b	6.57±1.35 ^b	6.87±1.01	6.30±1.51	6.70±1.14 ^{ab}
25%	5.93±1.41 ^b	6.30±1.33 ^b	6.37±1.27	6.27±1.53	6.50±1.25 ^{ab}

Data are mean ± sd of 30 replication from panelist

^{a,b,c} Different superscript letters within column indicate values are significant different at the level of $p \leq 0.05$

^{ns} Different superscript letters within column indicate values are non significant different at the level of $p \geq 0.05$

สรุปผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มปริมาณแอมิโลสในแป้งผสมสำหรับนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว ผลพบว่าหากเพิ่มปริมาณแอมิโลสให้สูงขึ้นจะทำให้อัตราการย่อยสลายในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งจะช่วยลดค่าดัชนีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด อย่างไรก็ตามปริมาณแอมิโลสจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) สัญญาเลขที่ MRG545S091

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edn. AOAC International.
- Behall, K.M., Scholfield, D.J., & Canary, J. (1988). Effect of starch structure on glucose and insulin responses in adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, 47, 428-432.
- Behall, K.M., Scholfield, D.J., Yuhaniak, I., & Canary, J. (1989). Diets containing high amylose vs amylopectin starch: effects on metabolic variables in human subjects. **American Journal of Clinical Nutrition**, 49, 337- 344.
- Frei, M., Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Studies on the in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**, 83, 395-402.
- Hu, P., Zhao, H., Duan, Z., Linlin, Z., & Wu, D. (2004). Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**, 40, 231-237.
- Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P., & Soponronnarit, S. (2008). Effects of drying temperature and tempering time on starch digestibility of brown fragrant rice. **Journal of Food Engineering**, 86, 251-258.
- Jaisut, D., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W., Tungtrakul, P., & Soponronn S. (2009). Accelerated aging of Jasmine brown rice by high-temperature fluidization technique. **Food Research International**, 42, 674-681.
- Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., & Taylor, R. H. (1981). Glycemic index of foods: A physiological basis for carbohydrate exchange. **American Journal of Clinical Nutrition**, 34, 362-366.
- Juliano, B.Q.A. (1971). Simplified assay for milled-rice amylase. **Cereal Science Today**, 16, 334-340, 360.
- Lu, S., Chen, J. J., Chen, Y. K., Lii, C. Y., Lai, P., & Chen, H. H. (2011). Water mobility, rheological and Texture properties of rice starch gel. **Journal of Cereal science**, 53, 31-36.
- Lu, Z. H., Sasaki. T., Li, Y. Y., Yoshihashi, T., Li, L. T., & Kohyama, K. (2009). Effect of amylase content and rice type on dynamic viscoelasticity of a composite rice starch gel. **Food Hydrocolloids**, 23, 1712-1719.
- Mahasukhonthachat, K., Sopade, P. A., & Gidley, M. J. (2010). Kinetics of starch digestion in sorghum as affected by particle size. **Journal of Food Engineering**, 96, 18-28.
- Miller, J.B., Pang, E., & Bramall, L. (1992). Rice: a high or low glycemic index food?. **American Journal of Clinical Nutrition**, 56, 1034-1036.
- Rashmi, S., & Urooj, A. (2003). Effect of processing on nutritionally important starch fractions in rice varieties. **International Journal of Food Science and Nutrition**, 54, 27-36.

- Seib, P. A., Liang, X., Guan, F., Liang, Y. T., & Yang, H. C (2000). Comparison of Asian noodles from some hard white and hard red wheat flours. **Cereal Chemistry**, 77, 816-822.
- Sopade, P.A.& Gidley, M.J. (2009). A rapid in-vitro digestibility assay based on glucometry for investigating Kinetics Of starch digestion. **Starch/Stärke**, 61, 245-255.
- Srikaeo, K., Mingyai, S., & 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, 2111-2117.
- Srikaeo, K., & Sopade, P.A. (2010). Functional properties and starch digestibility of instant Jasmine rice porridges. **Carbohydrate Polymers**, 82, 952-957.