

การเปรียบเทียบผลการย่อยสลาย 4 ชนิดด้วยกรด

Comparison of Acid Hydrolyses of 4 Kinds of Starch

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม¹

Sukoncheun Sringam

ABSTRACT

Hydrochloric acid hydrolyses of rice starch, waxy rice starch, corn starch and cassava starch were compared at acid concentration 0.7, 0.8, 0.9 and 1.0% for the first 2 starches and 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5% for the last 2 starches. Hydrolysis conditions were starch 35%, temperature at 121°C, reaction time 15, 20, 25 and 30 min. Waxy rice starch was hydrolysed more than rice starch, and corn starch was hydrolysed more than cassava starch at the same acid concentration. Resulting in higher reducing agent and dextrose equivalent (DE) from waxy rice starch than from rice starch and higher from corn starch than from cassava starch at the same conditions. The maximum liquefied starch from rice starch and waxy rice starch was 91%, from corn starch and cassava starch was 98%. Compositions of small molecular weight saccharides (SMWS) (1-7 glucose units) from hydrolysis of 4 kinds of starch were the same, DP1 the highest, and the others were decreasing with the increasing glucose units. SMWS contents changed with DE, DP1 increased continually, while the others increased at first and decreased at high DE. At the same DE, waxy rice starch and corn starch and corn starch yielded the highest SMWS content, which then gave the highest sweetness.

Key words : acid, hydrolysis starch

บทคัดย่อ

ทดลองเปรียบเทียบการย่อยสลายของแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง ด้วยกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 สำหรับแป้ง 2 ชนิดแรกและร้อยละ 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 สำหรับแป้ง 2 ชนิดหลัง น้ำแป้งร้อยละ 35 (น้ำหนักแห้ง) อุณหภูมิ 121°C เวลา 15, 20, 25

และ 30 นาที สตาร์ชแป้งข้าวเหนียวถูกย่อยได้มากกว่า สตาร์ชแป้งข้าวเจ้า กรดย่อยสลายแป้งข้าวโพดได้มากกว่าสตาร์ชมันสำปะหลังที่ทุกระดับความเข้มข้นของกรด มีผลให้ปริมาณสารรีดิวซ์ และ dextrose equivalent (DE) จากสตาร์ชแป้งข้าวเหนียวสูงกว่าจากสตาร์ชแป้งข้าวเจ้า และจากสตาร์ชแป้งข้าวโพดสูงกว่าสตาร์ชแป้งมันที่สภาวะการย่อยเหมือนกัน ปริมาณสตาร์ชเหลือสูงที่สุดจากสตาร์ชแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเป็น 91%

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University. Bangkok 10900, Thailand.

จากสตาร์ชแป้งข้าวโพดและแป้งมันเป็น 98% องค์ประกอบแซ็กคาไรโดมโมเลกุลเล็ก (กลูโคส 1-7 หน่วย) จากการย่อยสตาร์ชแป้งทั้ง 4 ชนิดมีลักษณะอย่างเดียวกัน คือมี DP1 มากสุด และ DP อื่นๆ น้อยลงตามลำดับตามความยาวของโมเลกุล ปริมาณแซ็กคาไรโดมโมเลกุลเล็กเปลี่ยนแปลงตามค่า DE คือ DP1 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอด ขณะที่ DP อื่นๆ เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงเมื่อ DE สูงขึ้น ที่ค่า DE เท่ากันสตาร์ชแป้งข้าวเหนียวและสตาร์ชแป้งข้าวโพดให้แซ็กคาไรโดมโมเลกุลเล็กซึ่งให้ความหวานในปริมาณมากที่สุด

คำนำ

การผลิตกลูโคสไซรัปคือการย่อยโมเลกุลของสตาร์ชให้เล็กลงด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้โดยการใช้กรดหรือเอนไซม์ การย่อยสตาร์ชด้วยกรดจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความเข้มข้นของสตาร์ช ความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิ เมื่อความเข้มข้นของสตาร์ชเพิ่มขึ้นการย่อยเกิดได้น้อยลง การเพิ่มความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิจะมีผลทำให้อัตราการย่อยเร็วขึ้น แต่การย่อยที่อุณหภูมิสูงมีแนวโน้มให้เกิดสีดำ (Mermelstein, 1975) การผลิตกลูโคสไซรัประดับอุตสาหกรรมนิยมใช้สตาร์ช 30-40% กรดเกลือ 0.1-1.0% หรือกรดซัลฟิวริก 0.05-1.25% อุณหภูมิ 100-150°C การใช้กรดจะได้ปริมาณกลูโคสจำกัด เพราะกลูโคสรวมตัวกันด้วยปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มอัลดีไฮด์กับกลุ่มไฮดรอกซิล (Fleche, 1985)

การย่อยสตาร์ชด้วยกรดเป็นการย่อยอย่างไม่จำเพาะ และสามารถย่อยได้ทั้งพันธะแอลฟา 1-4 กลูโคซิดิกและพันธะแอลฟา 1-6 กลูโคซิดิก แต่ย่อยพันธะแบบแรกได้เร็วกว่า MacAllister et al. (1975) ย่อยสตาร์ชข้าวโพดจนได้กลูโคสไซรัปที่มีค่า DE 10-67 และมีน้ำตาลกลูโคสและมอลโทส 2.3-45.1% และ 2.8-2.4% ตามลำดับ กลูโคสไซรัปที่ระดับ DE15 ที่ได้จากการย่อยด้วยกรดประกอบด้วยแซ็กคาไรโดมโมเลกุล

เล็ก (ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส 1-7 หน่วย) 24.6% น้อยกว่าที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ซึ่งมี 34.1% (Lloyd and Nelson, 1984) Warthesen (1984) วิเคราะห์น้ำตาลด้วย HPLC พบว่ากลูโคสไซรัปที่ได้จากการย่อยด้วยกรดมีน้ำตาลกลูโคส (DP1) มากสุด และลดหลั่นลงไปจนถึงน้ำตาลที่มีกลูโคส 10 หน่วย (DP10)

กลูโคสไซรัปทั่วไปผลิตจากสตาร์ชข้าวโพด ขณะที่ประเทศไทยมีผลผลิตการเกษตรประเภทแป้ง ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบได้ และการย่อยด้วยกรดเป็นกรรมวิธีที่ง่ายไม่เจาะจง น่าที่จะใช้วัตถุดิบสตาร์ชอื่นๆ แทนข้าวโพดได้ งานวิจัยในครั้งนี้จึงศึกษาผลของการย่อยสตาร์ชจากแป้งทั้ง 4 ชนิดนี้ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ในแง่ผลผลิต อัตราเร็วในการย่อย และปริมาณแซ็กคาไรโดมโมเลกุลเล็กที่เกิดขึ้นตามสภาวะการย่อย เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัตถุดิบในประเทศ และควบคุมสภาวะการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีคุณสมบัติตรงตามต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมสารละลายแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง ให้มีความเข้มข้นของสตาร์ชเป็น 35% เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0% สำหรับตัวอย่างแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว และความเข้มข้น 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5% สำหรับแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง จากนั้นนำตัวอย่างเข้าหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15, 20, 25 และ 30 นาที

เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว ทำให้ตัวอย่างเย็นลงอย่างรวดเร็ว ปรับค่า pH เป็น 4-5 ด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเจือจาง ปรับปริมาตรให้เท่ากัน หมุนเหวี่ยงแยกตะกอนที่ 3000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนใสไปวิเคราะห์สตาร์ชเหลว (liquefied starch) ตามวิธีของ Brooks et al. (1986) ปริมาณสารรีดิวซ์ตามวิธีของ Aurand et al. (1987) และปริมาณแซ็กคาไรด์

(saccharide) โมเลกุลขนาดเล็กที่มีกลูโคส 1-7 หน่วย (DP1-DP7) ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography ตามวิธีของ Conrad and Palmer (1976)

ผลและวิจารณ์

ในการทดลองนี้จำเป็นต้องใช้กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้นอย่างน้อย 0.7% ในการย่อยสสารจากแป้ง ข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ทั้งนี้เพราะจากการทดลอง ก่อนหน้านี้ พบว่า เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริก 0.2% ย่อย นาน 15-30 นาที การย่อยสสารจากแป้งข้าวเจ้าและ แป้งข้าวเหนียวเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย สารละลายจับตัว เป็นเจลเมื่อทิ้งให้เย็น และเมื่อตรวจสอบค่า pH ของสารละลายแป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวโพด และ แป้งมันสำปะหลัง ได้ค่า 4.23, 4.08, 1.40 และ 1.48 ตามลำดับ แสดงว่ามีปริมาณกรดที่ใช้ในการย่อยสสาร จากแป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวน้อยกว่าแป้งอีก 2 ชนิด ทั้งนี้เพราะแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวมีโปรตีน 7.29 และ 6.46% ซึ่งโปรตีนมีคุณสมบัติเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่างได้ (Sackheim and Schutz, 1973) จึงทำปฏิกิริยากับกรดที่เติมลงไปบางส่วน และเหลือกรดในการย่อยสสารน้อยลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดเป็น 0.7% ทำให้ pH ของสารละลายแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเปลี่ยนเป็น 1.80 และ 1.55 และเกิดการย่อยสสารในระดับใกล้เคียงกับการย่อยสสารจากแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง ด้วยกรด 0.2%

เมื่อหยุดปฏิกิริยาการย่อยสสาร ปรับค่า pH แล้วหมุนเหวี่ยงได้ตะกอนและส่วนของเหลว ตะกอนคือ ส่วนโปรตีนและสสารโมเลกุลใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ ตะกอนจากสารละลายแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวจะมี ปริมาณมากกว่าจากสารละลายแป้งข้าวโพดและแป้ง มันสำปะหลังเนื่องจากมีโปรตีนสูงกว่า เมื่อเริ่มต้นจากแป้ง ปริมาณเท่ากัน แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังจึงให้ ผลผลิตในรูปสสารเหลวสูงกว่า ส่วนของเหลวคือสาร

ละลายสสารเหลวที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสสารให้ มีขนาดเล็กลง และประกอบด้วยโมเลกุลขนาดต่างๆ ที่ สามารถละลายน้ำได้ ปริมาณสสารเหลวเพิ่มขึ้นตาม ความเข้มข้นของกรดและเพิ่มตามเวลาในช่วงความเข้มข้นกรดต่ำเมื่อย่อยสารละลายแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวด้วยกรด 1.0% นาน 30 นาที และย่อยสารละลายแป้งข้าวโพดด้วยกรด 0.4% นาน 20 นาที ได้ สสารเหลวสีคล้ำซึ่งอาจเป็นผลจากปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาล แบบเมลลาร์ด หรือการเกิดสารไฮดรอกซีเมธีลเฟอรฟ์วรัล จากปฏิกิริยาการรวมตัวกันของกลูโคส (Lee, 1983) สสารเหลวจากแป้งมันสำปะหลังมีสีแดงอ่อนทุกสภาวะ การย่อย และความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้นเมื่อใช้กรดเข้มข้นขึ้น หรือย่อยนานขึ้น

จากปริมาณสสารเหลว (Table 1) พบว่า สสารข้าวเหนียวถูกย่อยลดขนาดได้ดีกว่าสสารข้าวเจ้า ที่ความเข้มข้นของกรด 0.7-0.8% เม็ดสสารจากแป้ง ข้าวเหนียวไม่แข็งแรงเนื่องจากมีอะไมโลเพกติน 99.55% (อรรถธรณ, 2529) แตกกระจายได้ง่ายโมเลกุลกระจาย กระจายจึงถูกย่อยได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นกรดต่ำ ผล การย่อยใกล้เคียงกันเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น ปริมาณสสาร เหลวเมื่อย่อยด้วยกรด 1.0% ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่ม เวลาการย่อย แสดงว่าสสารที่ถูกลดขนาดจนละลายได้หมดแล้ว ปริมาณสูงสุดของสสารเหลวจากแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว 91% ใกล้เคียงกับปริมาณสสารใน แป้งทั้งสองชนิด 90.8 และ 90.3% (น้ำหนักแห้ง) (Wuleung et al., 1972)

สสารจากแป้งข้าวโพดถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง จนละลายน้ำ ได้ดีกว่าสสารจากแป้งมันสำปะหลังในช่วงความเข้มข้นต่ำ และใกล้เคียงกันในช่วงความเข้มข้น สูง จนได้ปริมาณสสารเหลวสูงสุดเป็น 98% ใกล้เคียง กับปริมาณสสารในแป้งทั้งสองคือ 98.4 และ 97.6% (น้ำหนักแห้ง) (Wuleung et al., 1972) สสารทั้ง สองชนิดประกอบด้วยโมเลกุลอะไมโลส และอะไมโลเพกติน แต่สารละลายสสารมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนจะ มีความข้นเหนียวมากกว่า การเคลื่อนที่ของกรดถูกจำกัด

มากกว่าจึงย่อยได้น้อยกว่าโดยเฉพาะในกรณีที่มีกรดปริมาณน้อย

ปริมาณสารรีดิวซ์เพิ่มตามความเข้มข้นและเวลาในการย่อยตลอดช่วงการทดลอง (Table 2) หลังจากได้ starch เหลวสูงสุดในช่วงความเข้มข้นกรด 0.9% สำหรับ starch ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว และความเข้มข้นกรด 0.4% สำหรับ starch ข้าวโพดและ starch มันสำปะหลังแล้ว การย่อยเกิดขึ้นกับโมเลกุล starch เหลวทำให้ได้สารรีดิวซ์เพิ่มขึ้นแต่ starch เหลวคงเดิม ที่สภาวะการย่อยสุดท้ายได้สารรีดิวซ์จาก starch ข้าวเหนียวสูงกว่าจาก starch ข้าวเจ้าเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าโมเลกุล starch ข้าวเหนียวจะจัดกระจายพร้อมที่จะถูกย่อยมากกว่า แต่ก็มีพันธะ

แอลฟา 1-6 จำนวนมาก และกรดย่อยพันธะแอลฟา 1-6 ได้ยากกว่าแอลฟา 1-4 ที่สภาวะสุดท้ายได้สารรีดิวซ์จาก starch ข้าวโพดสูงกว่าจาก starch มันสำปะหลังมาก นอกจากความเหนียวหนืดของสารละลาย starch มันสำปะหลังแล้วอาจเป็นเพราะ starch ข้าวโพดมีอะไมโลส ซึ่งมีเฉพาะพันธะแอลฟา 1-4 ถึง 28% มากกว่าอะไมโลสใน starch มันสำปะหลัง ซึ่งมี 17% (Swinkels, 1985)

จากปริมาณสารรีดิวซ์และ starch เหลวเมื่อคำนวณเป็นค่า dextrose equivalent (DE) (Table 3) กลูโคสที่รับจาก starch ข้าวเหนียวยังคงให้ DE สูงกว่าจาก starch ข้าวเจ้าและจาก starch แป้งข้าวโพดสูงกว่าจาก starch แป้งมันสำปะหลังที่ทุกระดับความเข้มข้นของ

Table 1 Liquefied starch from acid hydrolysis of 4 kinds of starch.

Acid (%)	Time (min)	Liquefied starch (%) ^(b)			
		Rice	Waxy rice	Corn	Cassava
0.7/0.2 ^(a)	15	79.77	86.85	87.46	80.75
	20	80.39	89.48	92.40	91.17
	25	87.18	90.61	96.62	91.30
	30	89.93	90.86	97.97	91.51
0.8/0.3	15	80.49	89.14	95.91	82.08
	20	82.14	89.58	97.25	96.72
	25	88.71	89.90	98.10	97.76
	30	90.15	90.25	98.36	98.32
0.9/0.4	15	89.85	89.78	96.72	96.06
	20	90.07	90.34	97.90	98.23
	25	90.28	90.57	98.15	98.38
	30	90.59	90.83	98.35	98.44
1.0/0.5	15	90.04	90.32	96.94	96.82
	20	90.62	90.41	98.06	98.43
	25	90.97	90.71	98.60	98.64
	30	91.21	91.49	98.79	98.67

(a) acid concentration for rice and waxy rice/for corn and cassava

(b) % based on dry sample weight

Table 2 Reducing agents from acid hydrolysis of 4 kinds of starch.

Acid (%)	Time (min)	Reducing agent (%) ^(b)			
		Rice	Waxy rice	Corn	Cassava
0.7/0.2 ^(a)	15	15.05	20.35	25.83	21.92
	20	21.01	26.46	30.81	27.00
	25	25.30	27.10	38.04	28.77
	30	29.00	29.03	43.37	32.94
0.8/0.3	15	20.82	21.38	39.61	24.77
	20	22.36	28.58	48.40	31.35
	25	29.21	33.14	55.07	40.88
	30	34.40	38.42	59.94	51.38
0.9/0.4	15	41.63	41.89	50.24	39.02
	20	44.31	44.44	62.56	47.24
	25	47.97	51.41	66.04	48.56
	30	55.97	59.60	71.35	59.44
1.0/0.5	15	51.15	47.76	56.63	49.03
	20	52.69	52.35	66.91	55.62
	25	54.87	59.77	76.21	62.80
	30	61.70	63.25	80.65	68.10

(a) acid concentration for rice and waxy rice/for corn and cassava

(b) calculated as glucose

กรด ในการผลิตที่ต้องการค่า DE เท่ากัน การย่อยสตาร์ชข้าวเจ้าจะต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าหรือเวลานานกว่าการย่อยสตาร์ชข้าวเหนียว และการย่อยสตาร์ชมันสำปะหลังจะต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่าหรือเวลานานกว่าการย่อยสตาร์ชข้าวโพด กลูโคสไซรัปที่เตรียมโดยการย่อยสตาร์ชแป้งข้าวเจ้าและสตาร์ชแป้งข้าวเหนียวด้วยกรด 1.0% นาน 30 นาที มีค่า DE 67.65 และ 69.13 ใกล้เคียงกับค่า 69.02 ของกลูโคสไซรัปที่ได้จากการย่อยสตาร์ชมันสำปะหลังด้วยกรด 0.5% นาน 30 นาที แต่ผลผลิตจากแป้ง 2 ชนิดแรกจะต่ำกว่า เพราะได้สตาร์ชเหลือเพียง 91% เทียบกับ 98% จากแป้งมันสำปะหลัง

การวิเคราะห์แซ็กคาไรด์โมเลกุลเล็กด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่โมเลกุลที่ประกอบด้วยกลูโคส 1 หน่วยถึง 7 หน่วย (DP1-DP7) องค์ประกอบแซ็กคาไรด์โมเลกุลเล็กที่ย่อยได้จากสตาร์ชของแป้งทั้ง 4 ชนิดมีลักษณะเหมือนกัน คือมีปริมาณ DP1 มากสุดและลดน้อยลงตามลำดับตามความยาวของโมเลกุล แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ของปริมาณแซ็กคาไรด์โมเลกุลเล็กกับค่า dextrose equivalent (DE) ของการย่อยสตาร์ชข้าวโพด (Figure 1) เห็นได้ว่าปริมาณ DP1 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะช่วง DE มากกว่า 60 สาร DP2 เพิ่ม

ขึ้นช้ากว่าและช้าลงเมื่อ DE เป็น 60 และมีแนวโน้มคงที่เมื่อ DE เป็น 80 ปริมาณ DP3 และ DP4 มีค่าน้อยกว่า 5% เพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงเมื่อ DE เป็น 65 และ 55 ตามลำดับ ส่วน DP5, DP6 และ DP7 มีค่าน้อยกว่า 1.25% และยิ่งน้อยลงเมื่อ DE สูงขึ้น

ลักษณะองค์ประกอบแซ็กคาไรด์โมเลกุลเล็ก เช่นนี้ แสดงว่าการย่อยในช่วงแรกจะเป็นการย่อยลดโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลง แต่ส่วนใหญ่มีขนาดยาวกว่ากลูโคส 7 หน่วย จากนั้นมีการย่อยเกิดขึ้นมากตอนปลายของโมเลกุลที่ตำแหน่ง 1 และ 2 ทำให้เกิด DP1 และ DP2 มาก DP3 และ DP4 น่าจะเกิดจากการย่อยที่เกิดขึ้นตอนปลายของสารโมเลกุลใหญ่เช่นเดียวกัน มากกว่าเกิดจากการ

ย่อยแบ่ง DP5, DP6 และ DP7 เพราะสารโมเลกุล 3 ขนาดนี้มีปริมาณน้อยตลอดช่วงการทดลอง เมื่อ DE สูงขึ้นกว่า 60 สาร DP1 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอด ขณะที่ DP อื่นๆ มีแนวโน้มคงที่หรือลดลงแสดงว่าในช่วงหลังนี้เกิดการย่อยตอนปลายกับโมเลกุลทุกขนาดได้เป็น DP1

จากความสัมพันธ์ของค่า DE กับปริมาณแซ็กคาไรด์โมเลกุลเล็กของสตาร์ชที่ถูกย่อยทั้ง 4 ชนิด ทำให้สามารถหาปริมาณสารโมเลกุลเล็กเมื่อทราบค่า DE

เมื่อ dextrose equivalent มีค่า 30 สตาร์ชข้าวโพดและสตาร์ชข้าวเหนียวให้ปริมาณสารแซ็กคาไรด์โมเลกุล 1-7 หน่วยกลูโคสมากสุด สตาร์ชข้าวเจ้าให้น้อยสุดและสตาร์ชมันสำปะหลังให้ในระดับกลาง ที่

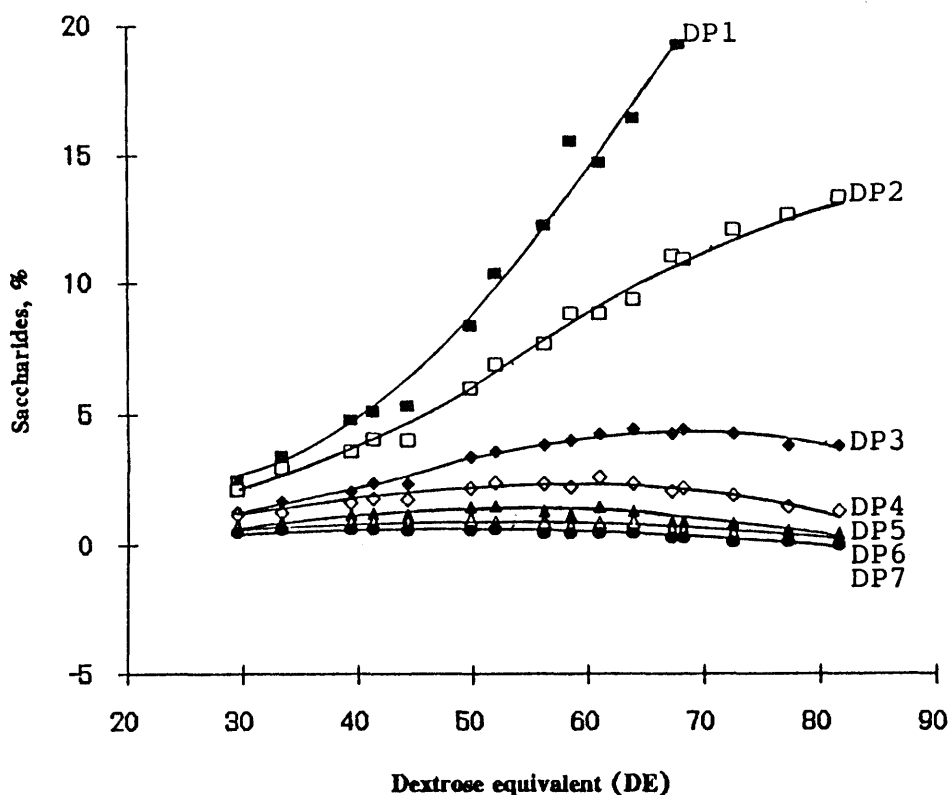


Figure 1 Relationships of dextrose equivalent and low molecular weight saccharch form acid hydrolyses of corn starch.

Table 3. Dextrose equivalent (DE) from acid hydrolysis of 4 kinds of starch.

Acid (%)	Time (min)	Dextrose equivalent (%)			
		Rice	Waxyrice	Corn	Cassava
0.7/0.2 ^(a)	15	18.87	23.43	29.53	27.14
	20	26.14	29.57	33.34	29.62
	25	29.02	29.91	39.37	31.51
	30	32.25	31.95	44.27	36.00
0.8/0.3	15	25.87	23.98	41.30	30.18
	20	27.22	31.90	49.77	32.41
	25	32.93	36.86	56.14	41.82
	30	38.16	42.57	60.94	52.26
0.9/0.4	15	46.33	46.66	51.94	40.62
	20	49.20	49.19	63.90	48.09
	25	53.13	56.76	67.28	49.36
	30	61.78	65.62	72.55	60.38
1.0/0.5	15	56.81	52.88	58.42	50.64
	20	58.14	59.90	68.23	56.51
	25	60.32	65.89	77.29	63.66
	30	67.65	69.13	81.64	69.02

(a) acid concentration for rice and waxy rice/for corn and cassava

ระดับ DE สูงขึ้นปริมาณแฉีกคาร์ไคจากสตาร์ชทั้ง 4 ชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นและใกล้เคียงกันยิ่งขึ้น แต่จากสตาร์ชข้าวเหนียวยังคงสูงกว่าสตาร์ชข้าวเจ้าและจากสตาร์ชข้าวโพดสูงกว่าสตาร์ชมันสำปะหลัง (Table 4) ความแตกต่างของผลการย่อยนี้น่าจะขึ้นกับชนิดและขนาดของโมเลกุล การย่อยโมเลกุลอะไมโลเพกตินที่มีช่วงต่อแขนงสั้นของสตาร์ชข้าวเหนียวทำให้เกิดสารโมเลกุลเล็กปริมาณมากกว่าการย่อยทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพกตินของสตาร์ชข้าวเจ้า ในกรณีที่มีทั้งอะไมโลส และอะไมโลเพกติน คาดว่าการย่อยเกิดที่อะไมโลสได้สะดวกกว่าที่อะไมโลเพกติน จึงทำให้ย่อยสตาร์ชข้าวโพดซึ่งมีอะไมโลสสูงกว่าได้สารแฉีกคาร์ไคโมเลกุลเล็กมากกว่า

แฉีกคาร์ไคมีความหวานเพิ่มขึ้นเมื่อโมเลกุลมีขนาดเล็กลง เมื่อพิจารณาปริมาณรวมของน้ำตาลกลูโคส มอลโตส และมอลโตไตรออส (DP1-DP3) ใน Table 4 อาจกล่าวได้ว่าที่ค่า DE เท่ากันกลูโคสไשר์จากสตาร์ชข้าวเหนียวและจากสตาร์ชข้าวโพดมีความหวานใกล้เคียงกันและหวานกว่ากลูโคสไשר์จากสตาร์ชข้าวเจ้าและสตาร์ชมันสำปะหลังซึ่งมีความหวานใกล้เคียง

สรุป

แป้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบทำให้ต้องใช้กรดในการย่อยมากกว่าการย่อย

Table 4 Comparison of low molecular weight saccharides (LMWS) from acid hydrolysis of 4 kinds of starch at 3 Dextrose equivalent (DE) levels.

DE	Saccharide	Saccharide content (%)			
		Rice	Waxyrice	Corn	Cassava
30	DP1, mono-	2.27	2.90	2.87	2.23
	DP2, di-	1.73	2.30	2.25	1.69
	DP3, tri-	1.30	1.49	1.37	1.15
	DP4, tetra-	1.03	1.01	1.13	0.95
	DP5, penta-	0.76	0.81	0.75	0.68
	DP6, hexa-	0.59	0.61	0.75	0.47
	DP7, hepta-	0.43	0.34	0.50	0.47
	Total	6.81	9.46	9.62	7.64
40	DP1, mono-	4.00	5.00	5.00	4.05
	DP2, di-	3.24	3.65	3.75	2.97
	DP3, tri-	2.27	2.23	2.38	1.96
	DP4, tetra-	1.68	1.62	1.62	1.55
	DP5, penta-	1.13	1.04	1.13	1.04
	DP6, hexa-	0.81	0.62	0.87	0.78
	DP7, hepta-	0.54	0.40	0.75	0.61
	Total	13.67	14.56	15.50	12.96
50	DP1, mono-	7.35	8.92	8.75	7.29
	DP2, di-	5.57	6.35	6.12	5.27
	DP3, tri-	3.30	3.24	3.37	3.17
	DP4, tetra-	2.22	2.03	2.25	2.16
	DP5, penta-	1.51	1.28	1.37	1.42
	DP6, hexa-	0.92	0.68	1.00	0.88
	DP7, hepta-	0.59	0.40	0.75	0.61
	Total	21.46	22.90	23.91	20.80

สตาร์ชในแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง กรดย่อย สตาร์ชข้าวโพดได้ดีกว่าย่อยสตาร์ชมันสำปะหลัง และย่อยสตาร์ชข้าวเหนียวได้ดีกว่าย่อยสตาร์ชข้าวเจ้า ผลผลิตกลูโคสไซรัปที่จะได้จากการย่อยขึ้นกับปริมาณสตาร์ชในแป้งและระดับการย่อย แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง จึงให้ผลผลิตสูงสุด 98% และแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ให้ผลผลิตสูงสุด 91% องค์ประกอบแซ็กคาไรด์โมเลกุลเล็ก (กลูโคส 1-7 หน่วย) จากการย่อยสตาร์ชทั้ง 4 ชนิดมีลักษณะเหมือนกัน คือมี DP1 มากสุด และน้อยลงลดหลั่นลงมา และปริมาณแซ็กคาไรด์แต่ละชนิดที่ได้จากการย่อยจนได้ค่า DE เท่ากันแตกต่างกันเล็กน้อย จากปริมาณแซ็กคาไรด์ DP1-DP3 ที่ให้ความหวาน คาดคะเนได้ว่ากลูโคสไซรัปจากสตาร์ชข้าวเหนียวและสตาร์ชข้าวโพดมีความหวานใกล้เคียงกันและหวานกว่าจากสตาร์ชข้าวเจ้า และจากสตาร์ชมันสำปะหลัง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทางการเงินแก่โครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- อรวรรณ เกตุสุขเจริญ. 2529. คุณสมบัติบางประการในการนำไปใช้ประโยชน์ของแป้งต่างๆวิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- Aurand, L.W., A.E. Woods and M.R. Wells. 1987. Food Composition and Analysis. Van Norstrand Reinhold, New York. 690 p.
- Brooks, J.R., V.K. Griffin and M.W. Kattan. 1986. A modified method for total carbohydrate analysis of glucose syrups, maltodextrin and other starch hydrolysis products. *Cereal Chem.* 63(5) : 465-466.
- Conrad, E.C. and J.K. Palmer. 1976. Rapid analysis of carbohydrates by high pressure liquid chromatography. *Food Technol.* 30(10) : 84-92.
- Fleche, G. 1985. Chemical modification and degradation of starch, pp 73-99. In G.M.A. Van Beynum, and J.A. Roels (eds.). *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Lee, F.A. 1983. *Basic Food Chemistry*. 2nd. ed., The AVI Publishing Company, Inc., Westport. 564 p.
- Lloyd, N.E. and W.J. Nelson. 1984. Glucose and fructose containing sweeteners from starch, pp. 611-656. In R.L., Whistler, J.N. Bemiller and E.F. Paschall (eds.). *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press, Inc., Orlando.
- MacAllister, R.V., E.K. Wardrip and B.J. Schnyder. 1975. Modified starches, corn syrup containing glucose and fructose and crystalline dextrose, pp. 334-338. In G. Red (ed.). *Enzyme in Food Processing*. Academic Press, Inc., New York.
- Mermelstein, N.H. 1975. Immobilized enzyme produce high fructose corn syrup. *Food Technol.* 29(6) : 20-26.
- Sackheim, G.I. and R.M. Schutz. 1973. *Chemistry for the Health Science*. The Macmillan Company, New York, 515 p.
- Swinkels, J.M. 1985. Sources of starch, its chemistry and physics, pp. 15-46. In G.M.A. Van Beynum and J.A. Roels (eds.). *Starch*

- Conversion Technology. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Wathesen, J.J. 1984. Analysis of saccharides in low dextrose equivalent starch hydrolysates using high performance liquid chromatography. Cereal Chem. 61(2) : 194-195.
- Wulueng, W.T., R.R. Butrum and F.H. Chang. 1972. Food Composition Table for Use in East Asia. Part 1. Department of Health, Education and Welfare, Bethesda, Maryland. 334 p.