

ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดน้ำตาล ปริมาณน้ำตาล และปริมาณแป้ง  
ต่อความหวานของข้าวโพดหวานสายพันธุ์ต่างๆ

Relationship between Sugars, Sugar Content and Total Starch to Sweetness  
in Sweet Corn Inbred Lines

จุฑามาศ กุลนฤมิตร<sup>1</sup> ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์<sup>2</sup> และจิงแท้ ศิริพานิช<sup>1</sup>

Jutamas Kulnarumit,<sup>1</sup> Teeranud Romphopak<sup>2</sup> and Jingtair Siriphanich<sup>1</sup>

บทคัดย่อ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดน้ำตาล ปริมาณน้ำตาล ตลอดจนปริมาณแป้งที่มีผลต่อคุณภาพการบริโภคข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ 89 สายพันธุ์ ที่ระยะเก็บเกี่ยว 20 วันหลังการผสมเกสร พบว่า น้ำตาลในข้าวโพดหวานส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครสร้อยละ 80 รองลงมาได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ตามลำดับ เมื่อทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและคะแนนความหวานที่ได้จากการชิม พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ในเชิงบวกปานกลาง ( $r = 0.64, P < 0.001$ ) และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส มาทดสอบ พบว่า น้ำตาลซูโครสมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความหวานมากที่สุด ( $r = 0.65, P < 0.001$ ) ด้านปริมาณแป้งและความหวาน พบว่า คะแนนความหวานที่ได้จากการชิมมีค่าความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณแป้งภายในเมล็ด ( $r = -0.46, P < 0.001$ ) และปริมาณแป้งภายในเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด ( $r = -0.56, P < 0.001$ ) น้ำตาลซูโครส ( $r = -0.52, P < 0.001$ ) กลูโคส ( $r = -0.23, P < 0.004$ ) และฟรุกโตส ( $r = -0.23, P < 0.03$ ) นอกจากนี้พบว่า คะแนนความหวานมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงกับคะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp) ที่ได้จากการชิม ( $r = -0.78, P < 0.001$ ) แต่คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดไม่สูงนัก ( $r = 0.36, P < 0.001$ ) จากความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ส่งผลให้ข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน โดยพบว่า มีข้าวโพดหวานจำนวน 19 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์พ่อ ด้านความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่า ข้าวโพดหวานจำนวน 10 สายพันธุ์มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พ่อ ซึ่งถือได้ว่าเป็นพันธุ์ที่ดี ส่วนสายพันธุ์ที่มีลักษณะทั้ง 2 ดีกว่าพันธุ์พ่อพบทั้งหมด 5 สายพันธุ์

คำสำคัญ: ข้าวโพดหวาน น้ำตาล แป้ง เปลือกหุ้มเมล็ด

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140 / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140 / PHTIC, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

<sup>2</sup> ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140 / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Postharvest Technology Center, RDI-KPS, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhonpathom 73140 / PHTIC, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

## Abstract

Relationships between sugars, sugar content, starch content, pericarp thickness and eating quality of 89 inbred lines of sweet corn, harvested at 20 days after pollination (DAP), were studied. The results showed that the major sugar content in sweet corn was sucrose (>80%), glucose (7-8%) and fructose (4-5%). The correlation coefficient ( $r$ ) between total sugar content, and a panelists' score of sweetness was positive ( $r = 0.64, P < 0.001$ ). The correlation of sucrose and sweetness score was higher than that of glucose and fructose. Total starch content was negatively correlated with total sugar ( $r = -0.56, P < 0.001$ ), sucrose ( $r = -0.52, P < 0.001$ ), glucose ( $r = -0.23, P < 0.004$ ), and fructose ( $r = -0.23, P < 0.03$ ). The sweetness score showed negative correlation with starch content ( $r = -0.46, P < 0.001$ ). In addition, sweetness score showed highly negative correlation with the panelists' score of pericarp thickness ( $r = -0.78, P < 0.001$ ). However, pericarp thickness score showed only moderate positive correlation with pericarp content ( $r = 0.36, P < 0.001$ ). The parental genotypes were found to affect sugar content of the inbred lines. Nineteen inbred lines had higher sugar content than the male parent. Ten inbred lines had lower thickness score than the male parent. Five sweet corn inbred lines were superior over their male parent in both sugar content and thickness score.

**Keywords :** sweet corn, sugar, starch, pericarp

E-mail : jutamas\_kul@yahoo.com

## คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays L.*) จัดเป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มผลิตเพื่อการส่งออกทั้งในรูปแบบของการบริโภคฝักสด และการแปรรูปบรรจุกระป๋องซึ่งนิยมทำกันในรูปแบบการบรรจุทั้งเมล็ด (whole kernel) ในน้ำเกลือ หรือแบบข้าวโพดครีม (cream-style corn) (ไซคชัย, 2551) สำหรับประเทศไทยข้าวโพดหวานสายพันธุ์ที่นิยมปลูกส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดหวานที่เกิดจาก *shrunk gene (sh)* โดยเฉพาะ  $sh_2$  น้ำตาลที่มีบทบาทต่อความหวานของข้าวโพดหวานคือ ซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส (ทวีศักดิ์, 2540) ในวิธีการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งในเมล็ดข้าวโพดถูกควบคุมด้วยยีนหลายตัว ซึ่งมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ในข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน  $sh_2$  กิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase เกิดความบกพร่องทำให้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งได้น้อยลงจึงมีน้ำตาลสะสมในเมล็ดสูง สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานให้มีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูง อาจทำได้หลายวิธี แต่หากต้องการให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้นจำเป็นต้องศึกษาถึงยีนที่ควบคุมในการสร้างน้ำตาลภายในเมล็ดหรือยีนที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำตาล ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดเป็นลักษณะทางปริมาณ (quantitative characters) ซึ่งเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนมากหรือ quantitative trait loci (QTL) (กฤษฎา, 2544) ดังนั้นในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณน้ำตาลสูงจึงจำเป็นต้องทราบยีนหลัก (major gene) ของ QTL ซึ่งมีผลต่อกระบวนการสร้างน้ำตาลในข้าวโพดหวาน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ประชากรของ recombinant inbred lines (RIL) ผสมตัวเองชั่วที่ 5 ซึ่งได้จากการผสมสายพันธุ์แท้สองสายพันธุ์ มีลักษณะเป็น homozygous เกือบทุกตำแหน่ง และมีองค์ประกอบของยีนต่าง ๆ ที่มาจากพ่อแม่ครบถ้วนเพื่อเป็นตัวอย่างในการ

ทดลอง ดังเช่นในงานของ Sene *et al.* (2000) ที่ทำการศึกษา QTL ของปริมาณแป้งและองค์ประกอบของแป้งในเมล็ดข้าวโพด การทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดน้ำตาล ปริมาณน้ำตาล ปริมาณแป้ง และปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีผลต่อความหวาน และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวาน RIL ชุดที่ 5 เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการจัดทำแผนที่ยีน เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานสายพันธุ์ชุดที่ 5 ควบคุมด้วย *shrunk gene (sh<sub>2</sub>)* ซึ่งได้จากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ hA9035 และ hA9104 ได้ลูกผสมชั่วที่ 1 (F<sub>1</sub>) จากนั้นควบคุมให้ลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมตัวเอง (selfing) ได้ลูกชั่วที่ 2 แล้วจึงควบคุมให้ลูกชั่วที่ 2 แต่ละต้นผสมตัวเองจำนวน 5 ครั้ง ได้ประชากร RIL (S<sub>5</sub>) จากบริษัท Sweet Seed จำกัด จำนวน 89 สายพันธุ์ ปลูก ณ แปลงปรับปรุงพันธุ์ของบริษัท Sweet Seed จำกัด อ.พระพุทธรบาท จ.สระบุรี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2549 – มกราคม 2550 จำนวนปลูก 16 ต้นต่อสายพันธุ์ คัดเลือกเก็บเพียง 3 ฝัก ที่ระยะเก็บเกี่ยว 20 วัน หลังผสมเกสร ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ฝัก

การทดลองส่วนที่ 1 ทดสอบคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัส โดยวิธีการชิมหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตจากแปลงทันที โดยผู้ทดสอบชิมคือ นักปรับปรุงพันธุ์ของบริษัท Sweet Seed จำกัด 1 คน ให้คะแนน 1 เมื่อข้าวโพดไม่มีความหวาน ถึง 5 คะแนน เมื่อข้าวโพดมีความหวานมากที่สุด

การทดลองส่วนที่ 2 ศึกษาชนิดน้ำตาล และปริมาณน้ำตาลด้วยเครื่อง HPLC โดยสกัดน้ำตาลจากเมล็ดข้าวโพดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 80 กรองเก็บส่วนใสที่ได้ นำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณน้ำตาลโดยใช้เครื่อง HPLC ใช้คอลัมน์ Sugar-Pak1 ของ Waters ตรวจวัดสารตัวอย่างโดย Refractive index detector (RID-10AD ของบริษัท Shimadzu) คำนวณปริมาณจากพื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาลแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบจากกราฟสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้

การทดลองส่วนที่ 3 ศึกษาปริมาณแป้งภายในเมล็ดข้าวโพดตามวิธีของ Gutierrez *et al.* (2002) และปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดตามวิธีของ ละอองวรรณ (2530) หลังจากใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อกำจัดโปรตีนและไขมันที่มีในเมล็ดข้าวโพดแล้วเมื่อกรองด้วยตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เก็บส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดที่ติดค้างบนตะแกรงไปอบแห้งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักสดเริ่มต้น และหลังจากการกรองด้วยตะแกรงขนาด 0.1 มิลลิเมตร เก็บตะกอนแป้งนำไปอบแห้งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักสดเริ่มต้น

### ผลและวิจารณ์

ในการทดสอบข้าวโพดหวานสายพันธุ์ต่างๆ ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ hA9035 ที่มีความดีเด่นด้านรสชาติ ให้รสหวาน และมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง และแม่พันธุ์คือ hA9104 ที่แม่มีความดีเด่นด้านความสามารถในการต้านทานโรค พบว่า ในพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเฉลี่ย 57.3 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักสด สูงกว่าพันธุ์แม่ ( $p < 0.036$ ) เช่นเดียวกับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่พันธุ์พ่มีมากกว่าพันธุ์แม่ ( $p < 0.001$ ) ส่วนปริมาณน้ำตาลกลูโคสพันธุ์แม่มีปริมาณมากกว่าพันธุ์พ่อ ( $p < 0.02$ ) แต่น้ำตาลฟรุกโตสไม่พบความแตกต่างทางสถิติ นอกจากนั้นพันธุ์แมียังมีแนวโน้มของปริมาณแป้งมากกว่าพันธุ์พ่อ จากปริมาณน้ำตาลและแป้งดังกล่าวจึงส่งผลให้พันธุ์พ่มีรสหวานมากกว่าแม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.02$ ) โดยในพันธุ์พ่มีคะแนนจากการชิมรสหวานเฉลี่ย 4.33 คะแนน ซึ่ง

สูงกว่าพันธุ์แม่มากกว่าเท่าตัว ส่วนปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของทั้งพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เมื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดหวาน พบว่า น้ำตาลส่วนใหญ่ที่พบในเมล็ดข้าวโพดหวาน คือน้ำตาลซูโครส มีค่าเฉลี่ย 86.51% ของน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด รองลงมาได้แก่น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ส่วนแบ่งทั้งหมดในเมล็ดมีปริมาณเฉลี่ย 52.84% และมีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเฉลี่ย 2.54% เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดพบว่า มีข้าวโพดจำนวน 19 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่าพันธุ์พ่อ ข้าวโพดจำนวน 39 สายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และข้าวโพดจำนวน 29 สายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำกว่าพันธุ์แม่ (ภาพที่ 1) และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลทุกชนิดมาหาความสัมพันธ์กับคะแนนความหวาน พบว่า น้ำตาลซูโครสมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความหวานที่ได้จากการชิมมากที่สุด ( $r = 0.65$ ,  $p < 0.001$ ) (ภาพที่ 2) ในขณะที่น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตสไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวาน ส่วนปริมาณแป้งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหวาน ( $r = -0.46$ ,  $p < 0.001$ ) (ตารางที่ 1) และเมื่อนำปริมาณแป้งมาหาความสัมพันธ์กับน้ำตาลแต่ละชนิดพบว่า ปริมาณแป้งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับน้ำตาลทุกชนิด โดยน้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณแป้งมากที่สุด ( $r = -0.52$ ,  $p < 0.001$ ) รองลงมาได้แก่น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสตามลำดับ (ตารางที่ 2) ส่วนปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด และคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงบวกปานกลาง ( $r = 0.36$ ,  $p < 0.001$ ) (ภาพที่ 3) และเมื่อนำคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมาหาความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานและปริมาณน้ำตาลซูโครสพบว่า ทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด (ตารางที่ 3)

**Table 1** Correlation coefficient (r) between sugars and starch content and sweetness of 89 sweet corn lines

	Sweetness score		R <sup>2</sup>
	r	p-value	
Total sugar	0.64	<.01	0.405
Sucrose	0.65	<.01	0.415
Glucose	0.04	0.37	0.001
Fructose	0.07	0.44	0.005
Starch content	-0.46	<.01	0.214

**Table 2** Correlation coefficient (r) between starch content and sugar content of 89 sweet corn lines

	Starch content		R <sup>2</sup>
	r	p-value	
Total sugar	-0.56	<.01	0.315
Sucrose	-0.52	<.01	0.273
Glucose	-0.23	<.01	0.052
Fructose	-0.23	<.05	0.054

Table 3 Correlation coefficient (r) between pericarp thickness score and sweetness of 89 sweet corn lines

	Pericarp thickness score	p-value	R <sup>2</sup>
	r		
Sucrose	-0.49	<.01	0.241
Sweetness score	-0.78	<.01	0.602

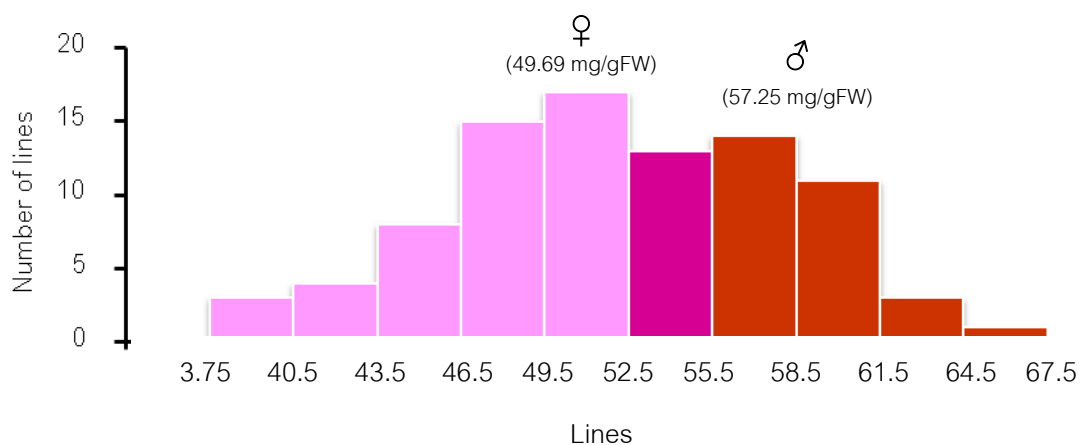


Fig 1. Average of total sugar of 89 sweet corn lines

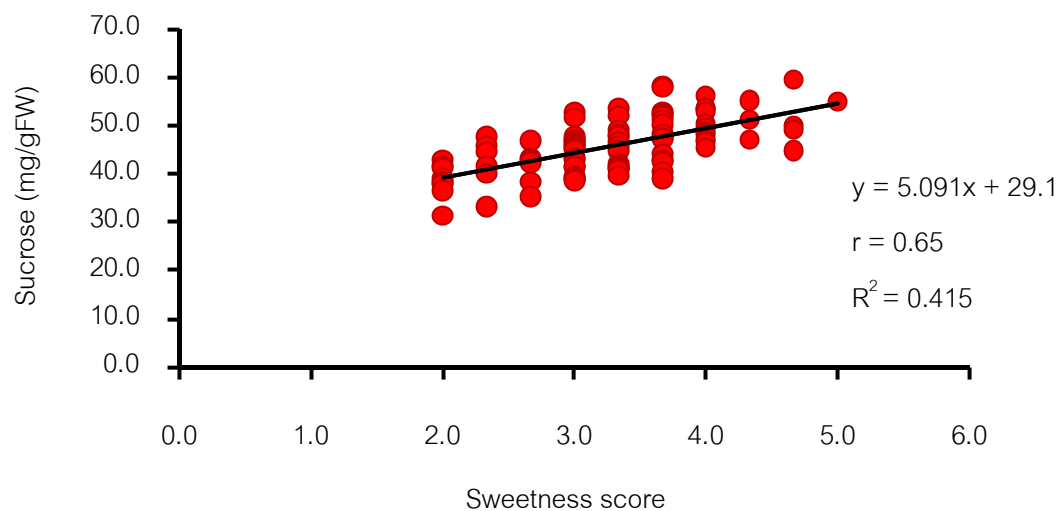


Fig 2. Average of sucrose and sweetness score of 89 sweet corn lines

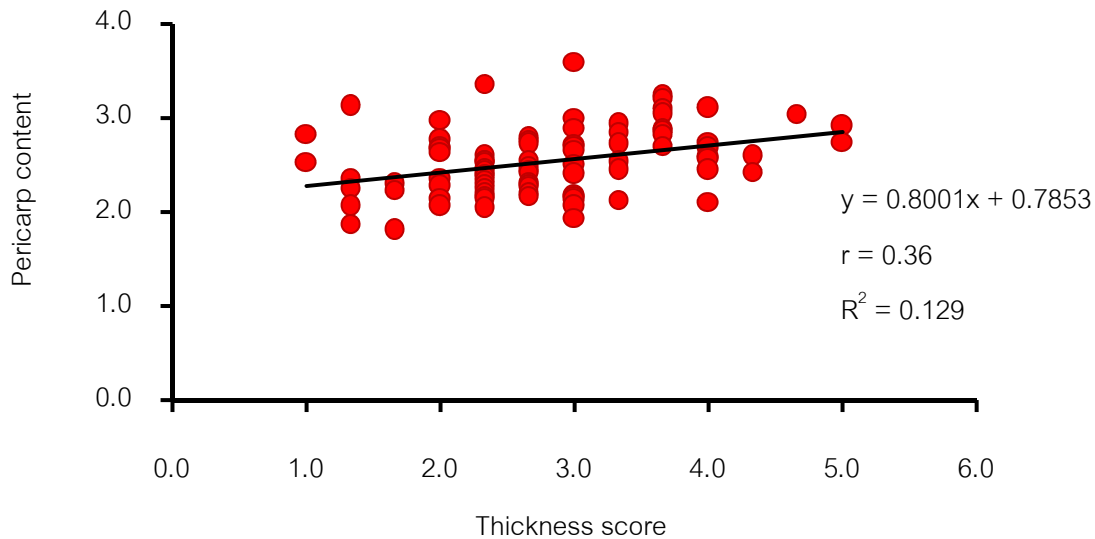


Fig 3. Average of pericarp content and thickness score of 89 sweet corn lines

การวิเคราะห์คุณภาพข้าวโพดพันธุ์พ่อ ha9035 ที่มีความต้านทานโรคต่ำ แต่มีความดีเด่นด้านรสชาติ และพันธุ์แม่ ha9013 มีความสามารถต้านทานโรคสูง แต่คุณภาพผลผลิตต่ำ พบว่า ในพันธุ์พ่อบีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด และน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีมากที่สุดในเมล็ดค่อนข้างสูง และมีคะแนนความหวานมากกว่าพันธุ์แม่มากกว่าเท่าตัว จากผลการทดลองเบื้องต้นนี้แสดงให้เห็นว่าพันธุ์พ่อบีคุณภาพผลผลิตดีกว่าพันธุ์แม่ และเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าพันธุ์พ่อบีมีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลในเมล็ดของข้าวโพดหวานพบว่า มีข้าวโพดหวานบางสายพันธุ์แสดงความดีเด่นด้านคุณภาพเหนือพันธุ์พ่อบี บางสายพันธุ์มีลักษณะคุณภาพอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อบี และบางสายพันธุ์มีลักษณะด้อยกว่าพันธุ์แม่ นอกจากนี้เมื่อนำผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์ มาหาค่าความถี่สะสมพบว่า ข้าวโพดหวานมีการกระจายตัวแบบปกติ คือมีจำนวนสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อยู่ระหว่างพ่อบีและแม่มากกว่าสายพันธุ์ที่ดีกว่าพ่อบีหรือน้อยกว่าแม่ จะมีเพียงปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเท่านั้นที่มีการกระจายตัวแบบโค้งเบ้ขวา คือมีจำนวนสายพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของพ่อบีมากกว่าของแม่ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) สาเหตุที่ข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง เป็นผลมาจากพ่อบีพันธุ์ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก (กฤษฎา, 2544)

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดในข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์ พบว่าน้ำตาลในเมล็ดส่วนใหญ่คือน้ำตาลซูโครส รองลงมาได้แก่น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานของ Reyes *et al.* (1982) และ Zhu *et al.* (1992) ที่พบว่า ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน  $sh_2$  มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงที่สุด รองลงมาได้แก่น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ตามลำดับ และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดมาทดสอบหาความสัมพันธ์กับคะแนนความหวาน พบว่า น้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานมากที่สุด ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสกับคะแนนความหวาน มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ เช่นเดียวกับงานทดลองของ Hale *et al.* (2005) แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่มีความสำคัญกับความหวานของข้าวโพดหวานมากที่สุด ส่วนน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส มีปริมาณในเมล็ดต่ำ และจากวิธีการเปลี่ยนน้ำตาล

ไปเป็นแป้งในเมล็ดข้าวโพด เริ่มจากน้ำตาลซูโครสเข้าสู่เมล็ดในรูปของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุกโตส โดยน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตสนั้นสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาได้ ก่อนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารตัวกลางคือ ADP-Glucose ด้วยเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase และเคลื่อนย้ายเข้าสู่แอมิโลพลาสต์เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างแป้งต่อไป (Schultz *et al* 2004) น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสจึงมีความสัมพันธ์กับความหวานของข้าวโพดน้อยที่สุด ส่วนปริมาณแป้ง พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบกับน้ำตาลทุกชนิดนั้นเนื่องมาจากน้ำตาลที่สะสมในเมล็ดได้ถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งทำให้น้ำตาลสะสมในเมล็ดลดลง ในขณะที่เมล็ดมีปริมาณแป้งเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Hai-yan *et al* (2007) ที่พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณน้ำตาลซูโครสเริ่มลดลง ในขณะที่ปริมาณแป้งในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดพบว่าทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวกปานกลาง แสดงให้เห็นว่าวิธีการชิมความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกข้าวโพดที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดสูงได้ดีพอสมควร ด้านคะแนนความหวานมีความสัมพันธ์กับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดสูง แต่เมื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดและปริมาณน้ำตาลซูโครสพบมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง อาจเนื่องมาจากการชิมความหวานแต่ละครั้งจะมีองค์ประกอบภายในเมล็ดอื่น ๆ ร่วมด้วยทำให้เกิดความสับสนได้ เช่นบริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีเม็ดแป้งมาเกาะโดยรอบ เมื่อทดสอบชิมอาจรับรู้ถึงความหนาบริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดที่เกิดจากปริมาณแป้ง การให้คะแนนอาจผิดพลาดก็เป็นได้ แต่เมื่อใช้วิธีการวัดปริมาณน้ำตาลจากการสกัดออกมาจากเมล็ดซึ่งองค์ประกอบของเมล็ดที่ตรวจวัดได้คือปริมาณน้ำตาลซูโครสทั้งหมด ทำให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด กับปริมาณน้ำตาลซูโครสและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด ที่ได้ อาจไม่สอดคล้องกันเท่าที่ควร

## สรุป

ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานที่ได้จากการชิมมากที่สุดเท่ากับ 0.65 ปริมาณแป้งในเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณน้ำตาลทุกชนิด และคะแนนความหวานที่ได้จากการชิม องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์ มีการกระจายตัวแบบปรกติ อันเป็นผลเนื่องจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมของพ่อแม่ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการศึกษาเพื่อทำแผนที่ยีนของข้าวโพดหวาน เนื่องจากใช้อธิบายการแสดงออกของยีนได้อย่างชัดเจน ทั้งในส่วนนของสายพันธุ์ที่ดี และสายพันธุ์ที่ด้อยกว่า

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษา และวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

## เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธรักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์: ความหลากหลายของแนวคิด**. ภาควิชาพืชไร่ฯ. คณะเกษตร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 272 น.

ทวีศักดิ์ ภู่อหล้า. 2540. **ข้าวโพดหวาน : การปรับปรุงพันธุ์ และการปลูกเพื่อการค้า**. โอเอสพรีนติ้ง, กรุงเทพฯ. 188 น.

โชคชัย เอกทรรคนาวรรณ. 2551. พันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

**ข่าวสารเกษตรศาสตร์**. 54(1): 17-37.

ละออวงวรรณ เหมจินดา. 2530. **ผลของพันธุ์อายุการเก็บเกี่ยวและปริมาณแป้งต่อคุณภาพของข้าวโพดกระป๋อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 94 น.

Gutierrez O.A., M.R. Campbell, and D.V. Glover. 2002. Starch Particle Volume in Single- and Double-Mutant Maize Endosperm Genotypes Involving the Soft (*h*) Gene. **Crop Science**. 42: 355-359.

Hai-yan Z., D. Shu-ting., G. Rong-qi and S. Qing-quan. 2007. Starch Accumulation and Enzyme Activities Associated with Starch Synthesis in Maize Kernels. **Agricultural Science in China**. 6: 808-815.

Hale T.A., R.L. Hassell ,T. Phillips and E. Halpin. 2005. Testa Panel Perception of Sweetness and Sweetness Acceptability Compared to High Pressure Liquid Chromatography Analysis of Sucrose and Total Sugars Among Three Phenotypea (*su*, *se* and *sh<sub>2</sub>*) at Varying Maturities of Fresh Sweet Corn. **HortTechnology**. 15: 313-317.

Reyes F.G.R., G.W. Varseveld and M. C. Kuhn. 1982. Sugar Composition and Flavor Quality of High Sugar (Shrunken) and Normal sweet Corn. **Journal of Food Science**. 47: 753-755.

Sene M., M. Causse, C. Damerval, C. Theaenot and J.L. Prioul, 2000. Quantitative Trait Loci Affecting Amylose, Amylopectin and Starch Content in Maize Recombinant Inbred Line. **Plant Physiology and Biochemistry**. 38: 459-472.

Schultz J. A. and J.A. Juvik. 2004. Current Models for Starch Synthesis and the *sugary enhancer1* (*se1*) Mutation in *Zea mays* . **Plant Physiology and Biochemistry**. 42: 457-464.

Zhu S., J.R. Mount, and J.L. Collins. 1992. Sugar and Soluble Solids Changes in Refrigerated Sweet Corn (*Zea mays* L.). **Journal of Food Science**. 57: 444-457.