ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน | พืชสวน

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง น้ำตาล แป้ง และคุณภาพของข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ

Sugar, Starch and Quality of Sweet Corn Recombinant Inbred Lines

นามผู้วิจัย นางสาวจุฑามาศ กูลนฤมิตร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์จริงแท้ ศิริพานิช, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์จุลภาค คุ้นวงค์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พุทธพร ส่องศรี, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

น้ำตาล แป้ง และคุณภาพของข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ

Sugar, Starch and Quality of Sweet Corn Recombinant Inbred Lines

โดย

นางสาวจุฑามาศ กูลนฤมิตร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุฑามาศ กูลนฤมิตร 2553: น้ำตาล แป้ง และคุณภาพของข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์จริงแท้ ศิริพานิช, Ph.D. 110 หน้า

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดน้ำตาล ปริมาณน้ำตาล ตลอดจนปริมาณแป้งที่มีผลต่อคุณภาพการบริโภคข้าวโพดหวานพิเศษสายพันธุ์แท้ 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 และฟรุกโตสมาทดสอบ 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) นอกจากนั้นพบว่า คะแนนความหวานมีความสัมพันธ์เชิงลบสูงกับคะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp) ที่ได้จากวิธีการชิม (r = -0.78, P <0.001) แต่คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดไม่สูงนัก (r = 0.36, P <0.001) จากความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ส่งผลให้ข้าวโพดหวานพิเศษสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน โดยพบว่า มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 19 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์พ่อ ด้านความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่า ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 10 สายพันธุ์มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พ่อ ซึ่งถือได้ว่าเป็นพันธุ์ที่ดี ส่วนสายพันธุ์ที่มีลักษณะทั้ง 2 ดีกว่าพันธุ์พ่อพบทั้งหมด 5 สายพันธุ์

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jutamas Kulnarumit 2010: Sugar, Starch and Quality of Sweet Corn Recombinant Inbred Lines. Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of Horticulture. Thesis Advisor: Professor Jingtair Siriphanich, Ph.D. 110 pages.

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 super sweet corn inbred lines were superior over their male parent in both sugar content and thickness score.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. จริงแท้ ศิริพานิช ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. จุลภาค คุ้นวงค์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อาจารย์ ดร. พุทธพร ส่องศรี กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และรองศาสตราจารย์ ดร. รวี เสรฐภักดี ประธานการสอบ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ ดร. ทวีศักดิ์ ภู่หลำ กรรมการผู้จัดการบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด ที่ช่วยกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลืออนุเคราะห์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง รวมไปถึงเจ้าหน้าที่บริษัท สวีทซีดส์ จำกัด ทุกท่านที่เอื้อเฟื้อกำลังกายในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณ ดร. ธีรนุช ร่มโพธิ์ภักดิ์ คุณอรอนงค์ โคกสูงเนิน คุณยศพล ผลาผล คุณเกรียงไกร คุณสุชาดา คุณอนรรฆ คุณอ้อมอรุณ พี่ ๆ เจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว รวมถึงพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทั้งที่ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และภาควิชาพืชสวนทุกท่านที่มิได้กล่าวนามในที่นี้ ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณยาย คุณแม่ คุณป้า ที่เกื้อหนุนการศึกษา พร้อมทั้งเป็นกำลังใจที่สำคัญในการแก้ปัญหาตลอดมา และขอบคุณคุณพรเทพ สงวนแสง ที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุกด้านเสมอมา

จุฑามาศ กูลนฤมิตร

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลและวิจารณ์	24
ผล	24
วิจารณ์	64
สรุป	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	79
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	110

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 คุณภาพของพ่อแม่พันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษ 24
2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานกับปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ 48
3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับ ปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ 49
4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด กับปริมาณแป้ง ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด และคะแนนความหวาน 49
5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งกับปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และคะแนนความหวาน 55

ตารางผนวกที่

1 ค่าเฉลี่ย และค่าความน่าจะเป็น (*P*-value) ขององค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพด หวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ 80
2 ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษ 112 สายพันธุ์ 81
3 ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดและปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 112 สายพันธุ์ 92
4 คะแนนความหวานและคะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพด หวานพิเศษ 112 สายพันธุ์ 101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ข้อมูลการส่งออกข้าวโพดหวานและผลิตภัณฑ์แปรรูป	5
2	แผนภาพแสดงกระบวนการสร้างแป้งและเอนไซม์ที่สำคัญในเมล็ดข้าวโพดหวาน และแสดงอักษรย่อของยีนที่เกิดความบกพร่องตำแหน่งนั้น ๆ *shrunken 1*, sh_1; *shrunken 2*, sh_2; *brittle 2*, bt_2; *brittle1*, bt_1; *sugary 1*, su_1 และ *waxy 1*, wx_1	10
3	การสร้างประชากร recombinant inbred lines	16
4	กราฟแสดงการตรวจพบน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสที่เวลาต่าง ๆกัน หลังจากฉีดสารละลายน้ำตาลทั้ง 3 เข้าสู่คอลัมน์	20
5	กราฟสารละลายน้ำตาลมาตรฐานของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส	20
6	คะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	26
7	การกระจายตัวของคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีคะแนนความหวานเท่ากับ 4.33 ส่วนพันธุ์แม่มีคะแนนความหวานเท่ากับ 2.00	27
8	คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	28
9	การกระจายตัวของคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 2.00 ส่วนพันธุ์แม่มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 3.67	29
10	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวาน ของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	30
11	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของคะแนนความหวานกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	31
12	ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	33

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 57.25 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 49.69 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด	34
14	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	35
15	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับคะแนนความหวาน	36
16	ปริมาณน้ำตาลซูโครสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	37
17	การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลซูโครสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 51.19 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 41.70 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด	38
18	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลซูโครสเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	39
19	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลซูโครสกับคะแนนความหวาน	40
20	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	41
21	การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลกลูโคสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 3.78 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 4.99 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด	42
22	สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลกลูโคสเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์	43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

23 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลกลูโคสกับคะแนนความหวาน 44

24 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 45

25 การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลฟรุตโตสเท่ากับ 2.27 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเท่ากับ 3.00 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 46

26 สมการเชิงเส้นตรงค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 47

27 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสกับคะแนนความหวาน 48

28 ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 51

29 การกระจายตัวของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 5.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 7.38 เปอร์เซ็นต์ 52

30 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 53

31 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดกับคะแนนความหวาน 54

32 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด 56

33 ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 58

34 การกระจายตัวของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 2.36 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 3.10 เปอร์เซ็นต์ 59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

35 สมการเชิงเส้นตรงค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 60

36 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหวาน 61

37 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ 62

38 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด 63

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำตาล แป้ง และคุณภาพของข้าวโพดหวานสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ

Sugar, Starch and Quality of Sweet Corn Recombinant Inbred Lines

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2546 ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานและผลิตภัณฑ์ มีมูลค่าการส่งออก 2,112 ล้านบาท จัดเป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากประเทศสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และฮังการี นอกจากนั้นประเทศไทยยังคงมีมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวานและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี 2551 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวานและผลิตภัณฑ์รวม 5,181 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) การส่งออกข้าวโพดหวานมีทั้งในรูป ข้าวโพดหวานฝักสด และทำให้สุกแช่แข็ง (frozen corn cob) ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องทั้งเมล็ด (whole kernel corn) และข้าวโพดครีม (cream-style corn) ซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์ใช้เมล็ดข้าวโพดที่มีคุณภาพแตกต่างกัน (รัชฎา, 2535)

ความหวานเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของรสชาติข้าวโพดหวาน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลและแป้งในเมล็ด น้ำตาลที่มีมากในข้าวโพดหวาน คือน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลซูโครส ในภายหลังยังพบว่ามีน้ำตาลมอลโทสอยู่สูงในข้าวโพดหวานที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของยีนบางตัวอีกด้วย นอกจากนั้นชนิดของน้ำตาลที่อยู่ในเมล็ดข้าวโพดแต่ละชนิดนี้ยังให้สัดส่วนรสหวานมากน้อยไม่เท่ากัน (กล้าณรงค์, 2521) กระบวนการสร้างแป้ง และน้ำตาลภายในเมล็ดข้าวโพดขึ้นอยู่กับความแตกต่างทางพันธุกรรม ความแตกต่างนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมแป้งและน้ำตาลในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไป ในข้าวโพดหวานนอกจากจะแตกต่างกันในเรื่องปริมาณและชนิดของน้ำตาลที่มีอยู่ในเมล็ดแล้ว ข้าวโพดหวานยังแตกต่างกันอย่างมากในเรื่องอัตราการสูญเสียน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดที่เปลี่ยนเป็นแป้งอีกด้วย (ทวีศักดิ์, 2540)

ในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานหนึ่งในวัตถุประสงค์หลักคือ ปรับปรุงพันธุ์ให้มีน้ำตาลสะสมในเมล็ดข้าวโพดสูงขึ้น และขณะเดียวกัน การปรับปรุงพันธุ์ที่สามารถลดการสูญเสียของปริมาณน้ำตาลในเมล็ดภายหลังการเก็บเกี่ยวก็เป็นแนวทางการพัฒนาพันธุ์ที่มีความสำคัญมากเช่นเดียวกัน การปรับปรุงพันธุ์สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ในอดีตใช้เทคโนโลยีการผสมพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชแล้วพยายามคัดเลือกลักษณะพืชตามที่ต้องการ โดยอาศัยการสังเกตและคัดเลือกจากแปลงโดยตรง (conventional breeding) ซึ่งมีขั้นตอนยุ่งยากและใช้เวลานานอีกทั้งไม่สามารถแยกผลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมได้อีกด้วย (อรรัตน์, 2548) ในปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ต้องการความถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพสามารถแยกแยะความแตกต่างในแต่ละสายพันธุ์ได้ง่าย จึงมีการพัฒนานำเอาเครื่องหมาย (marker) มาเป็นเครื่องบ่งชี้ความเฉพาะเจาะจงในลักษณะต่าง ๆ เช่น ตัวบ่งชี้ทางสัณฐานวิทยา (morphological marker) คือลักษณะที่ปรากฏโดยทั่วไป สามารถสังเกตได้จากภายนอก เช่น สีของดอก นอกจากนั้นยังมี molecular marker และ biochemical marker ซึ่งเครื่องหมายเหล่านี้สามารถวิเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการ ทำให้สามารถลดขั้นตอนในการคัดเลือกไม่ต้องรอจนกระทั่งพืชแสดงลักษณะปรากฏออกมาให้เห็น และไม่ถูกควบคุมด้วยสภาพแวดล้อม สามารถตรวจวัดได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (อรรัตน์, 2548)

สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานให้มีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูงอาจทำได้หลายวิธี แต่หากต้องการให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจำเป็นต้องศึกษาถึงยีนที่ควบคุมในการสร้างน้ำตาลภายในเมล็ดหรือยีนที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำตาล ซึ่งปริมาณน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดเป็นลักษณะทางปริมาณ (quantitative characters) ซึ่งเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนมากหรือ quantitative trait loci (QTL) (กฤษฎา, 2544)

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ประชากรของ recombinant inbred lines (RIL) ผสมตัวเองชั่วที่ 5 ได้จากการผสมสายพันธุ์แท้สองสายพันธุ์ มีลักษณะเป็น homozygous เกือบทุกตำแหน่ง และมีองค์ประกอบของยีนต่าง ๆ ที่มาจากพ่อแม่ครบถ้วน (อรรัตน์, 2548) โดยประชากร RIL นี้ถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล ความหวาน และแป้ง และข้อมูลทางพันธุกรรม (genotype) ข้อมูลทั้งสองส่วนนี้ร่วมกับลักษณะทางพันธุกรรมจะถูกนำไปใช้ในการสร้างแผนที่ยีนเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานต่อไป

สำหรับในส่วนวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินงานเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวาน เป็นส่วนหนึ่งของงานที่กล่าวมาข้างต้น โดยทำการวิเคราะห์ชนิดน้ำตาล ปริมาณน้ำตาล และปริมาณแป้ง แล้วนำมาหาค่าความสัมพันธ์ร่วมกับการทดสอบโดยวิธีการชิมรสหวาน รวมไปถึงองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด เพื่อนำข้อมูลที่ปรากฏ (phenotype) เหล่านี้ไปผนวกกับการแสดงออกทางพันธุกรรม (genotype) และนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดน้ำตาล ปริมาณน้ำตาล และปริมาณแป้ง ที่มีผลต่อความหวานในข้าวโพดหวานพิเศษผสมตัวเองชั่วที่ 5 และสายพันธุ์แท้พ่อและแม่รวม 89 สายพันธุ์ ตลอดจนปริมาณและความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

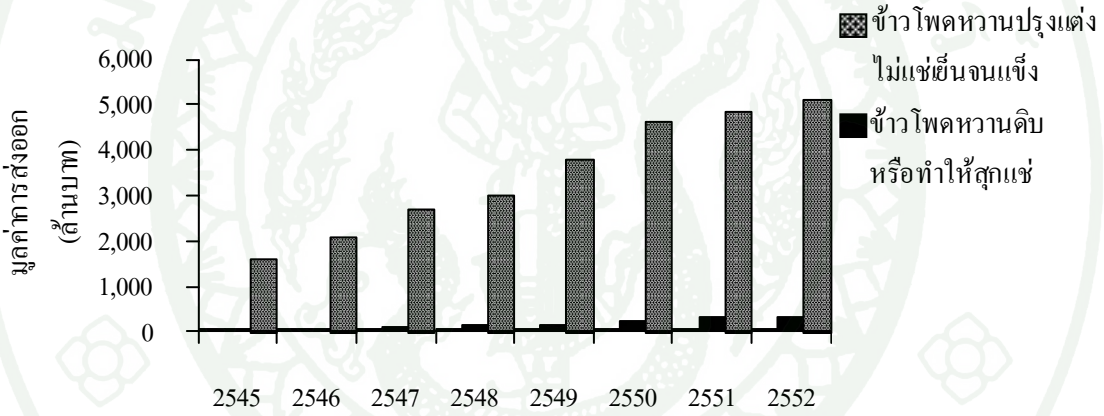
ข้าวโพดเป็นพืชใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จากเมล็ด เมล็ดของข้าวโพดประกอบด้วยแป้ง (starch) ในส่วนของเอนโดสเปิร์ม (endosperm) และน้ำมันในส่วนของเอ็มบริโอ (embryo) (ราเชนทร์, 2539) รสหวานที่เกิดขึ้นในเมล็ดข้าวโพด เนื่องจากน้ำตาลภายในเมล็ดเปลี่ยนเป็นแป้งไม่หมด ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แป้งเกิดความบกพร่องขึ้น ทำให้การเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งในเมล็ดไม่สมบูรณ์ เกิดการสะสมน้ำตาลชนิดต่าง ๆ (ทวีศักดิ์, 2540)

ความสำคัญของข้าวโพดหวาน

ในกลุ่มของข้าวโพดพิเศษ specialty corns ซึ่งประกอบไปด้วย ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) ข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) ข้าวโพดคั่ว (pop corn) ข้าวโพดหวาน (sweet corn) และข้าวโพดโปรตีนสูง (high quality protein corn) เป็นต้น เป็นข้าวโพดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อการส่งออก และมีปริมาณความต้องการในตลาดสูง (Hallauer, 2001) โดยเฉพาะข้าวโพดหวาน ในอดีตขณะที่ข้าวโพดหวานยังไม่ถูกจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจนั้น มีเกษตรกรบางส่วนเริ่มปลูกข้าวโพดหวานโดยกระจายปลูกทั่วทุกภาคของประเทศ เนื่องจากข้าวโพดหวานปลูกง่าย ใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวสั้น และทำรายได้ให้แก่เกษตรกรได้เป็นอย่างดี จนกระทั่งในปี 2537 อุตสาหกรรมแปรรูปข้าวโพดหวานในประเทศขยายตัวอย่างมาก ขณะเดียวกันแหล่งผลิตข้าวโพดหวานอันดับหนึ่งของโลกประสบปัญหาภัยธรรมชาติ ไม่สามารถผลิตข้าวโพดหวานส่งออกได้ เป็นผลให้โรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวโพดหวานในประเทศขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น เกิดการกระตุ้นให้ปลูกข้าวโพดหวานกันอย่างกว้างขวางในประเทศจนถึงปัจจุบัน นอกจากนั้นข้าวโพดหวานยังถูกจัดเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญของประเทศไทยตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 ถึง 9 และปัจจุบันข้าวโพดหวานยังคงเป็นพืชผักเศรษฐกิจอันดับต้น ๆ ของประเทศ ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในหลายรูปแบบเช่น ข้าวโพดหวานแปรรูปบรรจุกระป๋อง ทั้งแบบบรรจุทั้งเมล็ด (whole kernel corn) ครีมจากข้าวโพด (cream style corn) ข้าวโพดหวานแช่แข็ง (frozen corn on cob) แบบแช่แข็งทั้งเมล็ด แช่แข็งทั้งฝักแบบเมล็ดแห้ง (dehydrate) และน้ำนมข้าวโพด (sweet corn milk) โชคชัย (2551); ทวีศักดิ์ (2540) ปริมาณความต้องการข้าวโพดหวานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสังเกตได้จากข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดหวานของประเทศตั้งแต่ปี 2541 โดยประเทศไทยมีพื้นที่การผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวโพดหวานประมาณ 182,700 ไร่ และเพิ่มสูงที่สุดในปี 2547 มีพื้นที่การผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 302,900 ไร่ และในปี 2552 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีพื้นที่การผลิตข้าวโพดหวานประมาณ 283,400 ไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) โดยผลผลิตส่วนใหญ่จะถูกส่งเข้าโรงงานแปรรูปผลผลิต นอกจากนั้น การส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวโพดหวานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกปี ปี 2546 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวโพดหวานรวม 2,078 ล้านบาท ในปี 2550 มีมูลค่าการส่งออกรวม 4,611 ล้านบาท และในปี 2552 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออก 5,100 ล้านบาท ตลาดส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่ สหราชอาณาจักร สหภาพโซเวียต สาธารณรัฐเกาหลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น สำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานไม่ปรุงแต่งทั้งดิบและสุก มีมูลค่าการส่งออกน้อยกว่า โดยในปี 2551 มีมูลค่าการส่งออกเพียง 346 ล้านบาท คิดเป็น 6.4 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวานทั้งหมด (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552)



ภาพที่ 1 ข้อมูลการส่งออกข้าวโพดหวานและผลิตภัณฑ์แปรรูป

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552

สำหรับการส่งออกข้าวโพดหวานฝักสดเป็นเรื่องที่ยากลำบาก เนื่องจากในข้าวโพดหวานมีการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งอยู่ตลอดเวลาตั้งแต่ก่อนเก็บเกี่ยว และเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตมาแล้ว ผลผลิตมีอัตราการหายใจสูงตลอดเวลา รวมถึงข้าวโพดหวานยังคงสามารถเปลี่ยนน้ำตาลที่สะสมภายในเมล็ดไปเป็นแป้งได้ตลอดเวลา เป็นผลให้ผลผลิตมีการเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว Garwood *et al*., (1976) ทำการทดลองเก็บรักษาข้าวโพดหวาน และข้าวโพดหวานพิเศษ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่าเพียงแค่ 24 ชั่วโมงแรกหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลซูโครส ลดลงจาก 14.4 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 5.7 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้าวโพดหวานพิเศษ ที่ปริมาณน้ำตาลซูโครสลดลงจาก 36.5 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 13.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิต่ำลดการสูญเสียน้ำตาลซูโครสในข้าวโพดหวานทั้งสองสายพันธุ์ได้ เช่นเดียวกับงานทดลองของสุกัลยา (2547) ทำการทดลองในข้าวโพดหวานพิเศษ พันธุ์ Hibrix 3 และ Insee 2 โดยใช้วิธีการลดอุณหภูมิหลังการเก็บด้วยวิธี hydrocooling ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดหวานได้ โดยสามารถลดอัตราการหายใจ รักษาปริมาณน้ำตาลซูโครส (sucrose) และน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar) ได้ดีกว่าข้าวโพดหวานพิเศษที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น สาเหตุที่ข้าวโพดหวานสามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งในเมล็ดนั้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์บางตัว การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีที่ช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ได้ จึงเป็นวิธีที่นิยมในการเก็บรักษาข้าวโพดหวาน ร่วมกับการลดอุณหภูมิผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นวิธีการตัดฝักข้าวโพดให้มีลำต้นติดมาด้วยเป็นอีกวิธีที่ช่วยรักษาความหวานของข้าวโพดหวานได้ เนื่องจากสามารถส่งน้ำตาลจากต้นเข้าสู่เมล็ดได้นานขึ้น (จริงแท้, 2544)

ลักษณะของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญของโลกรองจากข้าว และข้าวสาลีเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของคนและสัตว์จัดอยู่ในตระกูลหญ้า (Gramineae) ข้าวโพดถูกจำแนกตามลักษณะของเมล็ดได้ 7 ชนิด โดยหนึ่งในนั้นคือข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L.) ซึ่งเดิมจัดอยู่ใน *Zea mays* saccharata เนื่องจากการค้นพบยีนที่ควบคุมปริมาณน้ำตาลสูงในอดีต เกิดจากการทำงานของยีนเพียงตัวเดียว แต่ปัจจุบันพบว่า การควบคุมปริมาณน้ำตาล และแป้งเกิดขึ้นจากยีนหลาย ๆ ตัวจึงไม่ใช้ saccharata ต่อท้าย แต่จะบอกชนิดของยีน เช่น ข้าวโพดหวานยีนซูการ์รี (*sugary gene*, *su*) และข้าวโพดหวานพิเศษยีนชั้งเคน 2 (*shrunken gene*, sh_2) เป็นต้น นอกจากนั้นในปัจจุบันมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดชนิดต่าง ๆ โดยอาศัยการเข้าคู่กันของยีนที่ควบคุมคุณภาพหลายชนิด ปัจจุบันจึงเรียกข้าวโพดรวม ๆ ว่า *Zea mays* (ทวีศักดิ์, 2540; Feng *et al*., 2008) ในช่วงต้นศตวรรษที่ 19 มีการรายงานเกี่ยวกับข้าวโพดหวานเป็นครั้งแรก และได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจนนำไปสู่การปรับปรุงพันธุ์ ต่อมาในภายหลังพบว่า ข้าวโพดหวานสายพันธุ์แรกที่เป็นที่รู้จักเกิดจากยีน *sugary* โดยยีน *sugary* นี้เกิดจากการผ่าเหล่า (mutation) ของยีนในข้าวโพดไร่โดยเปลี่ยนจากยีนข่ม (dominant gene) ไปเป็นยีนด้อย (recessive gene) มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในเอนโดสเปิร์มของข้าวโพดไม่สมบูรณ์ โดยปรกติข้าวโพดไร่มีอาหารสะสมส่วนใหญ่เป็นพวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แป้ง แต่เมื่อเกิดผ่าเหล่าขึ้นขั้นตอนในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งถูกจำกัด เนื่องจากเอมไซม์ในกระบวนการสร้างแป้งเกิดความผิดปรกติไม่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งได้ทั้งหมด และผลจากการผ่าเหล่าของยีนนี้ยังมีผลให้ปริมาณ water soluble polysaccharide (wsp) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวโพดมีความอ่อนนุ่ม และมีรสหวานมากกว่าข้าวโพดชนิดอื่น (Tracy, 1997, 2001; Schultz *et al*., 2004) ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 พบว่ามีข้าวโพดหวานที่เกิดจากความผิดปรกติของยีน *shrunken 2* บนโครโมโซมคู่ที่ 3 เป็นผลให้ข้าวโพดหวานชนิดนี้มีการสะสมแป้งในเมล็ดน้อยมาก ในขณะเดียวกันมีน้ำตาลในเมล็ดสูงกว่าข้าวโพดหวานยีน *sugary* 2-4 เท่า ที่ระยะเก็บเกี่ยว 20-25 วันหลังการผสมเกสร เนื่องจากยีน *shrunken 2* มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แป้ง เกิดน้ำตาลสะสมในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้นในขณะเดียวกันก็เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งได้ช้ากว่าปรกติ จากปริมาณน้ำตาลภายในเมล็ดที่สูงกว่าข้าวโพดหวานชนิดอื่น และมียีนควบคุมที่แตกต่างจากข้าวโพดหวานธรรมดา ข้าวโพดหวานที่ถูกควบคุมด้วยยีน *shrunken 2* นี้จึงถูกเรียกใหม่ว่าข้าวโพดหวานพิเศษ (super sweet corn) รวมถึงใช้เรียกข้าวโพดหวานยีนบริทเติล (*brittle gene*, bt_1 หรือ bt_2) ด้วย เนื่องจากองค์ประกอบของส่วน endosperm ภายในเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษทั้งสองมีลักษณะเหมือนกัน (Tracy, 1997, 2001; Schultz *et al*., 2004) สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกข้าวโพดหวานพิเศษที่ถูกควบคุมด้วยยีน *shrunken 2* โดยเกษตรกรจะเรียกข้าวโพดหวานชนิดนี้ว่าข้าวโพดสวีท (ทวีศักดิ์, 2540)

องค์ประกอบทางเคมี

คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เป็นสารอาหารที่มีอยู่ทั่วไป เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์ในพืช และเป็นสารอาหารที่สำคัญที่ให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นยังเป็นสารเริ่มต้นสำหรับการเกิดสีและกลิ่น รวมถึงรสหวาน (รังสินี, 2550) คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานแบ่งตามโมเลกุลของสารคาร์โบไฮเดรตแบ่งออกได้เป็นสามประเภท คือ

1. มอโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide)

มอโนแซ็กคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด ร่างกายไม่สามารถย่อยได้อีก สารคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มนี้ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลฟรุกโตส (fructose) เป็นต้น (ศศิเกษม และ พรรณี, 2530) น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส เป็นน้ำตาลที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวโพดหวาน มีความสำคัญต่อความหวานในเมล็ดข้าวโพด โดยเฉพาะน้ำตาลฟรุกโตส ที่พบว่าเป็นน้ำตาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ให้รสหวานมากที่สุดโดยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส น้ำตาลฟรุกโตสจะให้ความหวานถึง 1.7 เท่า ในขณะที่กลูโคสให้ความหวานเพียง 0.75 เท่า (DeMan, 1990) ในข้าวโพดหวาน น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส มีปริมาณสูงในเมล็ดในช่วงแรก ๆ หลังการผสมเกสร โดยพบว่า มีปริมาณสูงสุดในวันที่ 10 หลังจากการผสมเกสร และลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากวันที่ 15 หลังจากการผสมเกสร (Doehlert *et al*., 1993) เช่นเดียวกันกับข้าวโพดแป้ง พบว่าน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่หลังการผสมเกสร โดยมีปริมาณสูงสุดในวันที่ 14 หลังการผสมเกสร และลดลงต่ำสุดในวันที่ 28 หลังการผสมเกสร (Kumar and Singh, 1981) เมื่อเก็บรักษาข้าวโพดหวานพิเศษที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่าน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส มีปริมาณลดลงตั้งแต่วันแรกหลังการเก็บรักษา แต่ในข้าวโพดหวานธรรมดา ปริมาณน้ำตาลกลูโคสไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษา (Zhu *et al.*, 1992)

2. โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharides)

โอลิโกแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยโมเลกุลน้ำตาล 2-10 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonds) โอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีบทบาทในอาหารได้แก่ มอลโทส (maltose) แลกโทส (lactose) และซูโครส (sucrose) ซึ่งจัดเป็นไดแซ็กคาไรด์ (disaccharides) (รังสินี, 2550) ในข้าวโพดหวานหลังการผสมเกสรมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสะสมในเมล็ดมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่นตลอดเวลาที่อยู่บนต้นจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (Doehlert *et al*., 1993) โดยในข้าวโพดหวาน และข้าวโพดหวานพิเศษ มีปริมาณน้ำตาลซูโครส คิดเป็น 83.4 เปอร์เซ็นต์ และ 94.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด ตามลำดับ (Zhu *et al.*, 1992) ในข้าวโพดหวานพิเศษที่ระยะเก็บเกี่ยว 14 วันหลังไหมมีความบริบูรณ์ มีปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ดน้อยกว่าที่ระยะเก็บเกี่ยว 19 และ 24 วันหลังไหมมีความบริบูรณ์ ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวโพดหวานที่ระยะเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่แตกต่างกัน (Hale *et al.*, 2005) เมื่อเก็บรักษาข้าวโพดหวานพิเศษไว้ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ดมีปริมาณลดลงตั้งแต่เริ่มเก็บรักษา และลดลงอย่างรวดเร็วหลังวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ต่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำตาลซูโครสไม่มีความแตกต่างจากวันแรกที่เก็บรักษา (Garwood *et al*., 1976) เช่นเดียวกับงานทดลองของ Zhu *et al.* (1992) ที่เก็บรักษาข้าวโพดหวานพิเศษที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษาปริมาณน้ำตาลซูโครสมีปริมาณมากที่สุดในเมล็ด น้ำตาลซูโครสเป็นอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และเคลื่อนย้ายเข้าสู่ท่ออาหารเพื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช รวมถึงส่วนสะสมอาหาร เช่น เมล็ด เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลชนิดนอนรีดิวซิ่ง (non-reducing sugar) ซึ่งน้ำตาลชนิดนี้จะไม่เกิดปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ เนื่องจากไม่มีกลุ่มของ ketone และ aldehyde ที่สามารถสร้างพันธะกับสารอื่นขณะเคลื่อนย้ายภายในลำต้นได้ ต่างจากน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing) ที่มีกลุ่มของ ketone และ aldehyde ที่พร้อมทำงาน และจะเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ขณะเคลื่อนย้ายได้ตลอดเวลา ดังนั้นท่อลำเลียงอาหารในพืชจึงมีน้ำตาล non-reducing เป็นส่วนใหญ่ (พูนภิภพ, 2552)

3. พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide)

พอลิแซ็กคาไรด์เป็นพอลิเมอร์ (polymer) ของมอโนแซ็กคาไรด์จำนวนมากกว่า 10 โมเลกุลถึงหลายแสนโมเลกุลมาต่อกัน บางทีเรียกว่า ไกลแคน (glycan) มีทั้งโครงสร้างที่เป็นเส้นตรงและสาขา (รังสินี, 2550) พอลิแซ็กคาไรด์ในข้าวโพดหวานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ แป้ง (starch) และไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen)

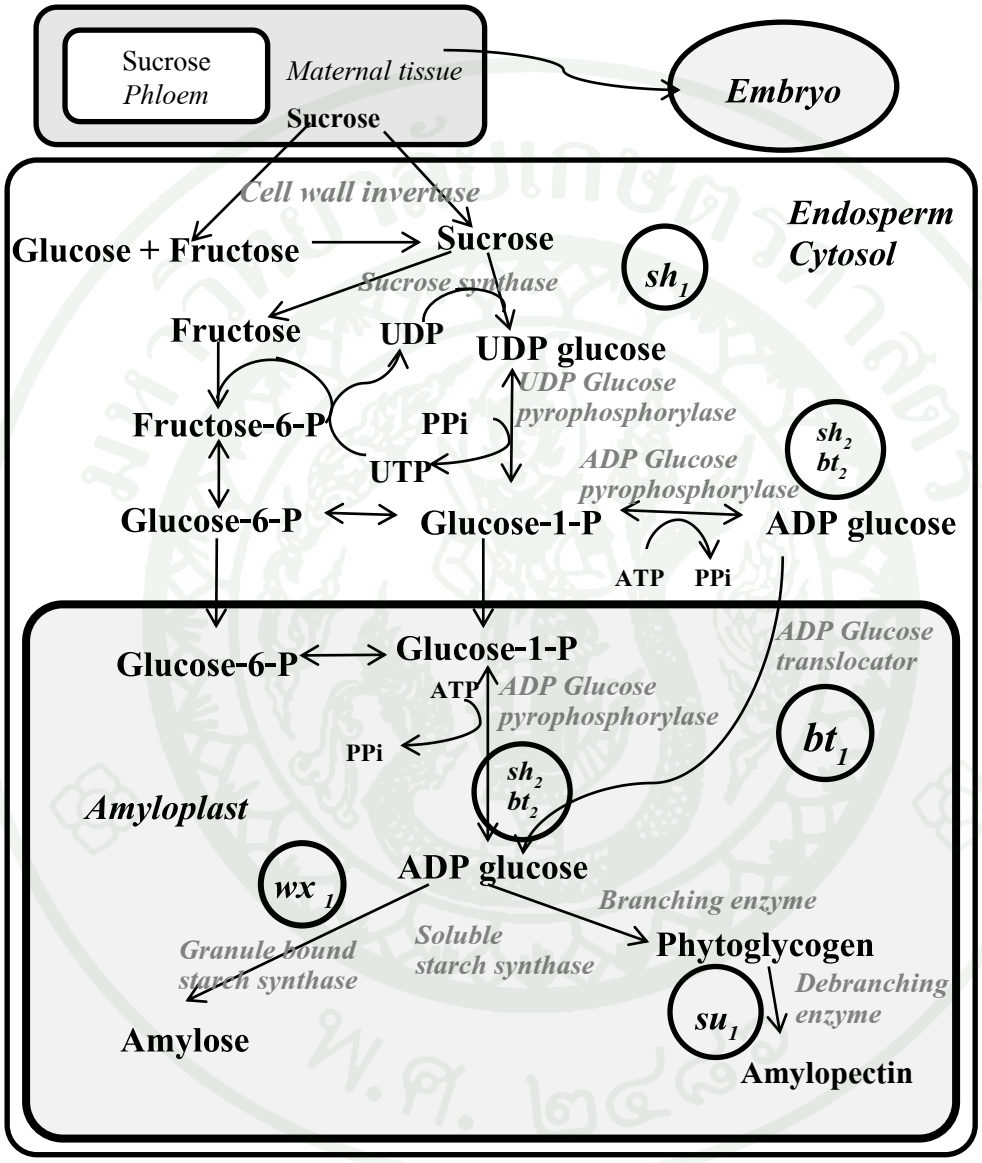
3.1 แป้ง (starch)

แป้งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสและเป็นโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (homopolysaccharide) ชนิดหนึ่งที่พบมากในพืช ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง พืชเก็บสะสมแป้งไว้ตามส่วนต่าง ๆ เช่น หัว ราก เมล็ด ลำต้น และผล โดยแป้งจะรวมตัวกันอยู่ในรูปที่เรียกว่า กรานูล (granule) ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (amylose, อะมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (amylopectin, อะมิโลเพกทิน) แป้งแต่ละชนิดมีอัตราส่วนของสารทั้งสองแตกต่างกันทำให้คุณสมบัติแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

กลไกการสังเคราะห์แป้งเริ่มจากน้ำตาลซูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสงถูกเคลื่อนย้ายมาทางท่อลำเลียงอาหาร เมื่อน้ำตาลซูโครสเคลื่อนย้ายเข้าสู่เอนโดสเปิร์ม ส่วนหนึ่งจะถูกเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertast) เปลี่ยนให้อยู่ในรูปน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส โดยน้ำตาลซูโครสจะถูกเปลี่ยนกลับไปมาได้ในรูปของน้ำตาลฟรุกโตส และ UDP-Glucose โดยเอนไซม์ซูโครส-ซินเทส (sucrose synthase) โดยสารมอโนแซ็กคาไรด์เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ ADP-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Glucose เพื่อเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์แป้งต่อไป โดยการสังเคราะห์แป้งจะเกิดใน แอมิโลพลาสต์ (amyloplast) (Sene *et al.*, 2000) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการสร้างแป้งและเอนไซม์ที่สำคัญในเมล็ดข้าวโพดหวาน และแสดงอักษรย่อของยีนที่เกิดความบกพร่องตำแหน่งนั้น ๆ *shrunken 1*, sh_1; *shrunken 2*, sh_2; *brittle 2*, bt_2; *brittle 1*, bt_1; *sugary1*, su_1 และ *waxy 1*, wx_1

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sene *et al*. (2000) และ Schultz *et al*. (2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสังเคราะห์แป้งโดยเอนไซม์มี 4 ขั้นตอน คือขั้นเริ่มต้น (intiation) ขั้นต่อสายยาว (chain elongation) ขั้นต่อกิ่งก้าน (branching) และขั้นการสร้างเม็ดแป้ง (granule formation) การสังเคราะห์แป้งในขั้นเริ่มต้นเป็นการสร้างอะดีโนซีนไดฟอสฟอกลูโคส (ADP-glucose) โดยเอนไซม์อะดีโนซีนไดฟอสฟอกลูโคส ไพโรฟอสฟอรีเลส (ADP–glucose pyrophosphorylase) ในขั้นตอนการต่อสายยาว เอนไซม์สตาร์ชซินเทส (starch synthase) ทำหน้าที่เชื่อมหน่วยกลูโคสเข้ากับปลายที่ไม่มีหมู่รีดิวซิ่ง (non-reducing end) ของอะมิโลสหรืออะมิโลเพกทิน เมื่อโครงสร้างอะมิโลสมีสายยาวพอสมควร เอนไซม์ที่สร้างพันธะกิ่ง (branching-enzyme) จะตัดพันธะ α -1,4 glucose และสร้างพันธะ α-1,6 glucose เกิดเป็นกิ่งก้านของอะมิโลเพกทิน (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

เอมไซม์สตาร์ชซินเทสในแอมิโลพลาสต์แบ่งเป็น 2 ชนิด คือชนิดที่ติดอยู่กับเม็ดแป้ง (granule-bound starch synthase, GBSS) และชนิดที่ละลาย (soluble starch synthase, SSS) เอนไซม์ทั้งสองชนิดใช้อะดีโนซีนไดฟอสฟอกลูโคสเป็นสารตั้งต้น ทำหน้าที่เชื่อมหน่วยกลูโคสกับสายอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน โดยสตาร์ชซินเทสชนิดที่ติดอยู่กับเม็ดแป้ง (GBSS) สามารถสังเคราะห์ได้เฉพาะอะมิโลส แต่สำหรับสตาร์ชซินเทสชนิดที่ละลาย (SSS) สามารถสังเคราะห์ได้ทั้งอะมิโลส และอะมิโลเพกทิน ดังนั้นสตาร์ชซินเทสต่างชนิดกันมีผลต่อการสังเคราะห์แป้งได้อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินต่างกัน (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

3.1.1 อะมิโลส (Amylose)

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage ในข้าวโพดจะมีอะมิโลส ประมาณ 28 เปอร์เซ็นต์ แต่ในข้าวโพดชนิดอะมิโลเมส (amylomaize) มีอะมิโลสมากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) อะมิโลสไม่ละลายน้ำ จะเกาะตัวกันเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ โดยอาจจับตัวกันระหว่างโมเลกุล ทำให้ความสามารถอุ้มน้ำลดลง และตกตะกอนได้ อะมิโลสสามารถจับกับสารละลายไอโอดีนเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (amylose-iodine complex) ให้สีน้ำเงิน (นิธิยา, 2549)

3.1.2 อะมิโลเพกทิน (Amylopectin)

อะมิโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่ง ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กันด้วยพันธะ α-1,4-glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งก้านสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น อยู่ในช่วง 10-60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6-glucosidic linkage ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนได้สารประกอบเชิงซ้อนสีแดง เช่น ในข้าวโพดข้าวเหนียวที่เกิดจากการกลายพันธุ์ จะให้แป้งที่ประกอบไปด้วยอะไมโลเพกตินอย่างเดียว (waxy corn) (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2546)

3.1 ไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen)

ไฟโตไกลโคเจนเป็นสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้สะสมอยู่ในเมล็ดข้าวโพดหวาน เป็นสารตัวกลาง (intermediate) ในกระบวนการสังเคราะห์แป้งจากน้ำตาล โดยเป็นส่วนประกอบของกลุ่ม water soluble polysaccharide (wsp) ซึ่งในเมล็ดข้าวโพดหวานที่มีไฟโตไกลโคเจนสูงเมล็ดจะมีความอ่อนนุ่มสูง (ทวีศักดิ์, 2540) การทดลองของ Zeeman *et al*. (1998) อ้างสมมุติฐานว่าไฟโตไกลโคเจนนั้นเกิดในกระบวนการสร้าง อะมิโลเพกทิน มากกว่าที่จะเป็นสารตัวกลางในการสังเคราะห์แป้ง เนื่องจากไฟโตไกลโคเจนมีลักษณะคล้ายอะมิโลเพกทิน คือมีการสร้างสายยาวด้วย α-1,4 glucose สายกิ่งก้านคือ α-1,6 glucose แต่ไฟโตไกลโคเจน มีกิ่งก้านสาขามากกว่า อะมิโลเพกทิน และโดยเฉลี่ยแล้ว ไฟโตไกลโคเจนใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นสายยาวประมาณ 10 โมเลกุล ในขณะที่อะมิโลเพกทินใช้โมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเป็นสายยาวประมาณ 20-25 โมเลกุล (Schultz *et al.*, 2004)

ความหวาน และน้ำตาลในข้าวโพดหวาน

น้ำตาลเป็นสารที่ให้รสหวานกับประสาทสัมผัส สารประกอบเคมีที่เรียกว่าน้ำตาลมีหลายชนิด แต่ละชนิดก็ให้ความหวานในระดับต่าง ๆ กัน เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบความหวานของน้ำตาลต่าง ๆ พบว่าน้ำตาลฟรุกโตสมีความหวานมากที่สุด ความหวานเป็นลักษณะทางคุณภาพที่มีความสำคัญมากโดยใช้เป็นตัวชี้ถึงลักษณะรสชาติข้าวโพดหวานที่ดี จากข้อมูลการสำรวจเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานพบว่า ความหวานเป็นลักษณะทางคุณภาพที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการมากที่สุด (ทวีศักดิ์, 2540) โดยความหวานของข้าวโพดหวานจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลภายในเมล็ด ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส และมอลโทส โดยปริมาณน้ำตาลภายในเมล็ดส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโครส โดยข้าวโพดหวาน และข้าวโพดหวานพิเศษ มีน้ำตาลซูโครส เป็น 83.4 เปอร์เซ็นต์ และ 94.1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด ตามลำดับ (Zhu *et al.*, 1992) นอกจากนั้นข้าวโพดหวานที่มีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน ปริมาณน้ำตาลชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่าง ๆ ภายในเมล็ดไม่เท่ากัน ในการเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลซูโครส ในเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษยีน *shrunken 2* ที่ระยะเก็บเกี่ยว 19 วันหลังการผสมเกสร พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสในข้าวโพดหวานพิเศษแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างทางสถิติ แต่สำหรับข้าวโพดหวานยีน *sugary* ทุกสายพันธุ์พบว่า น้ำตาลซูโครสที่ 19 วันหลังการผสมเกสรไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างข้าวโพดหวานทั้ง 3 สายพันธุ์ แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุกรรมพบว่า ข้าวโพดหวานพิเศษยีน *shrunken 2* มีปริมาณน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลทั้งหมดมากกว่าข้าวโพดหวานยีน *sugary* ทุกสายพันธุ์ที่ระยะเก็บเกี่ยว 19 วันหลังการผสมเกสร (Hale *et al.*, 2005)

น้ำตาลในข้าวโพดหวานเป็นหนึ่งปัจจัยหลักของคุณภาพข้าวโพดหวานที่ดี ภายในเมล็ดข้าวโพดจะมีความหวานมากน้อยเพียงใดขึ้นกับปริมาณของน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด ในเมล็ดข้าวโพดที่ยังอ่อน (young kernel) จะมีปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำตาลสูง เนื่องจากน้ำตาลภายในเมล็ดยังไม่ถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้ง ในระหว่างที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตจะพบว่าปริมาณน้ำตาลจะลดลงโดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดจะมีมากที่สุดเมื่อเมล็ดมีอายุที่ 15–20 วันหลังการผสมเกสร หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเมื่อเมล็ดเจริญเต็มที่แล้วการลดลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ปริมาณน้ำตาลนอนรีดิวซิ่ง จะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งจะลดลงอย่างรวดเร็ว (Andrew *et al*., 1944)

คัมภีร์ (2545) พบว่าคุณภาพการรับประทานข้าวโพดฝักสดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหวานทำให้ทราบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำตาลที่มีค่าสูงจะส่งผลต่อคุณภาพการรับประทานข้าวโพดฝักสดในทางที่ดีอีกด้วย นอกจากนั้น Culpepper and Magoon (1927) พบว่าคุณภาพของข้าวโพดที่ใช้รับประทานสดนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของเมล็ด และปริมาณแป้งซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำตาล และพอลิแซ็กคาไรด์ในเอนโดสเปิร์ม น้ำตาลที่พบในข้าวโพดหวานยีน *sugary* เกิดจากความผิดปรกติของ debranching enzyme (DBE) ในแอมิโลพลาสต์มีผลทำให้น้ำตาลที่เป็นสารตั้งต้นไม่สามารถเปลี่ยนเป็นแป้งได้ทั้งหมด ภายในเมล็ดข้าวโพดหวานจึงมีน้ำตาลมากกว่าปรกติ รวมถึงมีไฟโตไกลโคเจน เป็นผลให้ข้าวโพดหวานชนิดนี้มีรสหวาน และเนื้ออ่อนนุ่มมากกว่าข้าวโพดทั่วไป (Schultz *et al.*, 2004)

ส่วนในข้าวโพดหวานพิเศษ การสะสมน้ำตาลภายในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น สาเหตุเนื่องจากยีนทั้งคู่เกิดความผิดปรกติของเอนไซม์อะดีโนซีนไดฟอสฟอกลูโคสไพโรฟอสฟอรีเลส (ADPG-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

pyrophosphorylase) บริเวณไซโตซอล (cytosol) เป็นผลให้เอนไซม์ทำงานได้น้อยลง น้ำตาลสามารถเปลี่ยนเป็นแป้งได้ช้าลงกว่าปรกติ เกิดการสะสมน้ำตาลภายในเมล็ดมากขึ้น ขณะที่มีแป้งภายในเมล็ดน้อยลง (Tracy, 1997; Schultz *et al.*, 2004) และนอกจากสามารถสะสมน้ำตาลไว้ในเมล็ดปริมาณสูงแล้วยังพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษชนิดนี้มีลักษณะกึ่งโปร่งแสง ขนาดใหญ่ อวบ เต่ง และกรอบในช่วงระยะเก็บเกี่ยว หรือเรียกว่าระยะน้ำนมซึ่งระยะนี้มีความหวานสูง แต่ความหวานในเมล็ดจะเริ่มลดลงเมื่อเมล็ดเริ่มแห้งและเปราะ (Coe *et al*.,1988) สำหรับในประเทศไทยข้าวโพดหวานพิเศษที่ปลูกในประเทศเกือบทั้งหมดคือยีน *shrunken 2* (ทวีศักดิ์, 2540)

ความนุ่มและความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

ความนุ่มเป็นลักษณะที่แสดงคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานที่ดี และจะสามารถรับรู้ได้โดยทันทีเมื่อเริ่มรับประทาน (Marshall *et al.*, 2003) ความนุ่มของเมล็ดข้าวโพดหวานมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่น ๆ ของเมล็ด เช่น ปริมาณ water soluble polysaccharide ปริมาณน้ำในเมล็ด (moisture) และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

ปริมาณ water soluble polysaccharide ที่มีผลต่อความนุ่มในเมล็ดข้าวโพดหวานนั้นเกิดจากสาร phytoglycogen ซึ่งเป็นสารหลักในกลุ่ม water soluble polysaccharide ซึ่งมีปริมาณมากในเมล็ดข้าวโพดหวานเช่น ในข้าวโพดหวานยีน sugary ที่มีปริมาณสาร water soluble polysaccharide ในเมล็ดสูงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ สาร phytoglycogen สามารถละลายในน้ำได้ดีเป็นผลให้เมล็ดข้าวโพดหวานมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มคล้ายครีม (creamy) และเป็นเนื้อเดียวกัน (smooth) แต่หากพบว่าในเมล็ดมีปริมาณแป้งสูง คุณภาพความอ่อนนุ่มของเมล็ดจะลดน้อยลง (Marshall *et al.*, 2003) เนื่องจากโมเลกุลของแป้งที่ไม่สามารถละลายน้ำได้จะดูดซับน้ำภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดมีความฉ่ำน้ำ (juiciness) ลดลง และยังทำให้เนื้อสัมผัสภายในเมล็ดหนืดคล้ายแป้งเปียก และเมื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความอ่อนนุ่มกับลักษณะเนื้อแป้ง (starchiness) ในเมล็ด พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม คือในเมล็ดที่มีปริมาณแป้งสูงความอ่อนนุ่มในเมล็ดจะลดลง นอกจากนั้นในเมล็ดที่อ่อนนุ่มจะมีลักษณะฉ่ำน้ำ เนื่องจากแป้งในเมล็ดไม่สามารถดูดซับน้ำในเมล็ดได้ทั้งหมด เนื้อสัมผัสจึงไม่หนืดคล้ายแป้งเปียก และอาจเกิดจากปริมาณแป้งในเมล็ดต่ำร่วมด้วย เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งกับความฉ่ำน้ำในเมล็ดพบว่า มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม (Azanza *et al*., 1996a) นอกจากนั้นปริมาณน้ำในเมล็ดยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด ในข้าวโพดหวานพิเศษยีน *shrunken 2* ที่ระยะเก็บเกี่ยว 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และ 22 วันหลังการผสมเกสร มีปริมาณน้ำในเมล็ดสูงและเปลี่ยนแปลงช้ากว่าข้าวโพดหวานชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของข้าวโพดหวานพิเศษที่ระยะเก็บเกี่ยวมีน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และใช้เป็นดัชนีเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานชนิดนี้ด้วย เนื่องจากที่ระยะนี้เมล็ดข้าวโพดหวานจะมีคุณภาพเหมาะสมแก่การรับประทานมากที่สุด (Azanza *et al*., 1996b)

ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อลักษณะความนุ่มของเมล็ดข้าวโพดหวาน โดยความอ่อนนุ่มในเมล็ดจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด (Marshall *et al.*, 2003) โดยความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดจะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นเซลล์ที่อยู่บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด ดังเช่นในงานทดลองของวิเชียร (2538) ที่ทดลองในข้าวโพดหวานระยะเก็บเกี่ยว 22 วันหลังการผสมเกสร พบว่า หากเมล็ดข้าวโพดหวานมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดสูง เมล็ดข้าวโพดจะมีความอ่อนนุ่มลดลง นอกจากนั้นพบว่า พันธุกรรมข้าวโพดที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดสูงส่วนใหญ่จะมีเมล็ดขนาดเล็ก ซึ่งสัดส่วนระหว่างส่วน endosperm กับปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด อาจเป็นผลให้การชิมความอ่อนนุ่มลดลง (Brecht *et al*., 1990) นอกจากนั้นในงานทดลองของตรึงตา (2532) ทดสอบชิมเมล็ดข้าวโพดหวานที่ระยะเก็บเกี่ยว 14 18 22 และ 26 วันหลังการผสมเกสร เมล็ดข้าวโพดหวานจะมีความอ่อนนุ่มลดลงตามระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อทดสอบความแน่นเนื้อข้าวโพดหวานโดยใช้หัวกดแบบต่าง ๆ พบว่า ที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเพิ่มสูงขึ้นจะต้องใช้แรงกดเพิ่มสูงขึ้นในทุก ๆ หัวกด เช่นเดียวกับงานของ Azanza *et al*. (1996b) ทดสอบแรงเจาะทะลุเปลือกหุ้มเมล็ด (toughness) ในข้าวโพดหวานพันธุกรรมต่าง ๆ ที่ 18 และ 22 วันหลังการผสมเกสร พบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานทุกตัวอย่างที่ระยะ 22 วันหลังการผสมเกสร ต้องใช้แรงในการเจาะทะลุมากกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานที่ 18 วันหลังการผสมเกสร ซึ่งแรงเจาะนี้มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณแป้งในเมล็ดที่เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อทดสอบดูความเปลี่ยนแปลงของเปลือกหุ้มเมล็ดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเปลือกหุ้มเมล็ดมีความหนาลดลง เนื่องจากชั้นเซลล์บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ดมีการหดตัว ส่วนแรงต้านการกดที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของเมล็ดเกิดจากความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด (Bailey and Bailey, 1938) แสดงให้เห็นว่าแรงกดทะลุเปลือกหุ้มเมล็ดอาจไม่สัมพันธ์กับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเสมอไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์

ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษประชากร recombinant inbred line (RIL) ควบคุมด้วยยีน *shrunken 2* จากบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด จำนวน 112 สายพันธุ์ ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ อินเบรด hA9104 และ hA9035 ได้ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) จากนั้นควบคุมให้ลูกผสมชั่วที่ 1 ผสมตัวเอง (selfing) ได้ลูกชั่วที่ 2 แล้วจึงควบคุมให้ลูกชั่วที่ 2 แต่ละต้นผสมตัวเองจำนวน 5 ครั้ง ได้ประชากร RIL (S_5) ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 การสร้างประชากร recombinant inbred lines

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปลูกและฤดูปลูก

ทำการปลูกข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 112 สายพันธุ์ ณ แปลงปรับปรุงพันธุ์ของบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด อ. พระพุทธบาท จ. สระบุรี ปลูกข้าวโพดหวานพิเศษครั้งแรกเดือนกันยายน 2548 ครั้งที่สองเดือนพฤษภาคม 2549 แต่ทั้งสองครั้งไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตมาทำการทดลองได้เนื่องจากเกิดโรคระบาดในแปลงปลูกส่งผลให้ข้าวโพดหวานเกิดความเสียหาย ตัวอย่างไม่เหมาะสมสำหรับการทดลอง แต่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในการปลูกครั้งที่สาม ที่ปลูกในเดือนพฤศจิกายน 2549 และเก็บเกี่ยวในเดือนมกราคม 2550 โดยแปลงปลูกถูกแบ่งออกเป็น 2 บล็อกอยู่บริเวณใกล้เคียงกัน แต่ละบล็อกทำการปลูกห่างกัน 5 วันโดยภายใน 1 บล็อกจะทำการสุ่มแบ่งแปลงย่อย ๆ อีก 112 แปลงเพื่อปลูกข้าวโพดหวานทั้ง 112 สายพันธุ์ โดย 1 สายพันธุ์ ทำการปลูก 16 ต้น ทำเช่นเดียวกันทั้ง 2 บล็อก เมื่อข้าวโพดหวานเริ่มแทงดอกตัวเมีย ทำการคลุมดอกด้วยถุงกระดาษ เมื่อดอกตัวเมียมีเส้นไหมยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ทำการผสมเกสรข้าวโพดหวานด้วยมือ โดยแต่ละต้นใช้เกสรภายในต้นเดียวกันมาผสม

การเก็บตัวอย่าง

เก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดเมื่อแต่ละฝักมีอายุ 20 วันหลังการผสมเกสรด้วยมือ โดยเลือกเก็บเฉพาะฝักข้าวโพดหวานในบล็อกที่ 2 เนื่องจากในบล็อกที่ 1 ไม่สามารถเก็บตัวอย่างมาทำการทดลองได้มากพอจึงปล่อยไว้ทำเป็นเมล็ดพันธุ์ต่อไป สำหรับข้าวโพดหวานบล็อกที่ 2 นี้ก็ไม่สามารถเก็บตัวอย่างฝักข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 112 สายพันธุ์ได้ครบทั้ง 5 ฝัก (ซ้ำ) เนื่องจากบางสายพันธุ์ต้นตายเพราะโรคระบาด และบางส่วนต้องเก็บเพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ต่อไป การทดลองครั้งนี้จึงเลือกใช้เฉพาะสายพันธุ์ที่มีตัวอย่างเท่ากับหรือมากกว่า 3 ซ้ำรวมทั้งสิ้น 89 สายพันธุ์ (ข้อมูลครบทั้ง 112 สายพันธุ์ได้รายงานไว้ในภาคผนวก)

การทดลองส่วนที่ 1 ทดสอบคุณภาพโดยวิธีการชิมข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตจากแปลงปรับปรุงพันธุ์ทำการทดสอบคุณภาพผลผลิตทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมทันที การชิมข้าวโพดนั้นจะกัดบริเวณกลางฝักข้าวโพด และจะเคี้ยวชิมทั้งเมล็ด โดยชิมรสหวาน และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด โดยผู้ทดสอบชิมคือ นักปรับปรุงพันธุ์ของบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด จำนวน 1 ท่าน บันทึกผลการทดสอบดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความหวานให้คะแนน 1-5 เมื่อ

1 คะแนน คือ ข้าวโพดไม่มีความหวาน
2 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหวานเล็กน้อย
3 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหวานปานกลางยอมรับได้
4 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหวานค่อนข้างมาก
5 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหวานมากที่สุด

ด้านคะแนนความหนาเปลือกผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความหนาเปลือก 1-5 เมื่อ

1 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุด
2 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมาก
3 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดปานกลางยอมรับได้
4 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อย
5 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยที่สุด คุณภาพดีที่สุด

จากนั้นผู้ทดลองได้กลับตัวเลขการให้คะแนนความหนาเปลือกโดยพิจารณาจากลักษณะเปลือกดังนี้

ความหนาเปลือกให้คะแนน 1-5 เมื่อ

1 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยที่สุด คุณภาพดีที่สุด
2 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อย
3 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดปานกลางยอมรับได้
4 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมาก
5 คะแนน คือ ข้าวโพดมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองส่วนที่ 2 วิเคราะห์ชนิดน้ำตาลและปริมาณน้ำตาล

หลังจากทดสอบคุณภาพผลผลิตโดยวิธีการชิม ทำการผ่าฝักข้าวโพดที่ผ่านการชิมแล้วออกเป็น 2 ซีกหลังจากนั้นทำเครื่องหมายแต่ละฝัก ก่อนนำไปลดอุณหภูมิผลผลิตด้วยน้ำแข็งและเก็บรักษาที่ตู้แช่แข็ง – 20 องศาเซลเซียส ข้าวโพดหวานซีกที่ 1 จะถูกนำไปใช้ในงานวิเคราะห์น้ำตาลด้วยเทคนิค near Infrared ข้าวโพดหวานอีกส่วนนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส โดยใช้วิธีการสกัดสารละลายน้ำตาลจากเมล็ดข้าวโพดตามวิธีดัดแปลงจาก Reyes *et al*. (1982) และวรรณี (2537) ดังนี้

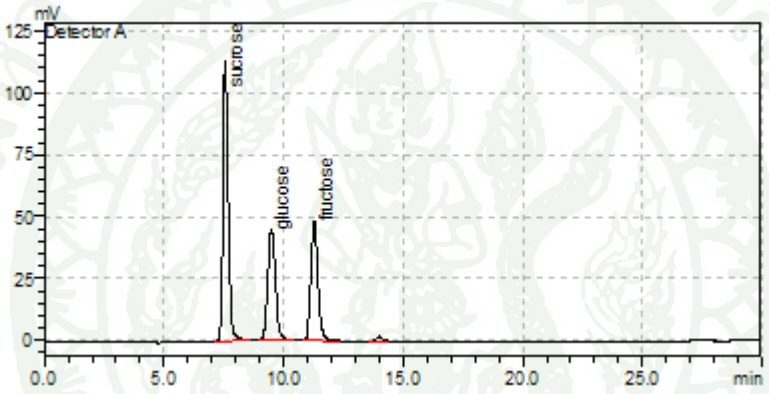
นำข้าวโพดหวานออกจากตู้แช่แข็ง ใช้ผ้าซับน้ำที่เกาะอยู่บริเวณฝักข้าวโพดก่อนใช้มีดตัดเมล็ดออกจากฝัก โดยให้เมล็ดออกจากฝักให้ได้มากที่สุด ชั่งตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดหวานประมาณ 5 กรัม เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องบดละเอียด (homogenizer) เป็นเวลานาน 30 วินาที ทำการรีฟลักซ์ (reflux) ปิดปากหลอดแก้วที่ใช้ทดลองด้วยกระดาษฟอยล์ (aluminum foil) นำผ้าขนหนูเปียกปิดทับข้างบนหลอดทดลองอีกครั้ง นำไปต้มในอ่างน้ำร้อน (water bath) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้นแยกส่วนใสที่ได้ ไปเข้าเครื่องแยกเหวี่ยง ที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 นาที เก็บส่วนใสที่ได้นำไปวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาลโดยใช้เครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) ของบริษัท Shimadzu รุ่น LC-10A โดยใช้ คอลัมน์ชนิด Sugar-PakI ของบริษัท Waters โดยมีส่วนของ water guard-pak เป็นตัวกรองสารก่อนเข้าสู่คอลัมน์ การฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ใช้เครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติ (autosample) ครั้งละ 20 ไมโครลิตร ตรวจวัดสารตัวอย่างโดยใช้เครื่องตรวจวัด (detector) ชนิด refractive index รุ่น RID-10A ของบริษัท Shimadzu ควบคุมการทำงานของเครื่องและบันทึกผลโดยโปรแกรม Shimadzu Class VP ใช้สารละลาย 0.0001 M Calcium-EDTA เป็นสารส่วนเคลื่อนที่ (mobile phase) กำหนดให้เครื่องมีอัตราการไหล 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิคอลัมน์ 90 องศาเซลเซียส

การเตรียมสารละลายและกราฟมาตรฐาน

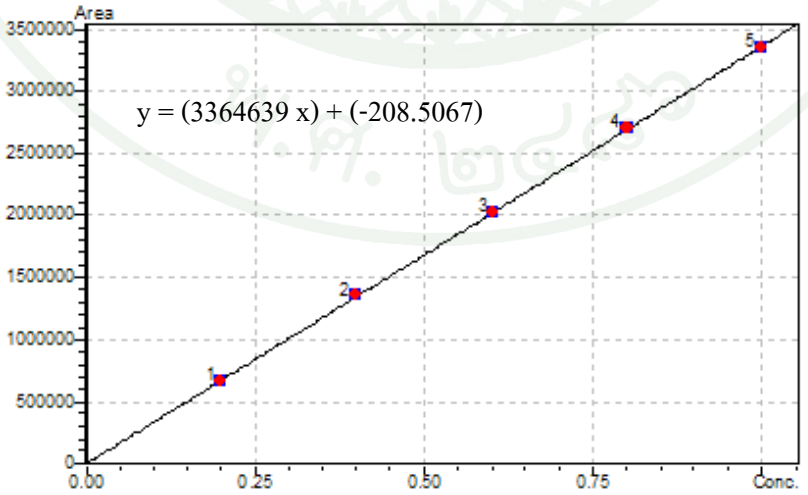
ชั่งน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส อย่างละ 1.0 1.0 และ 5.0 กรัม ตามลำดับ ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำที่ไม่มีประจุ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(deionize) จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองที่มีความพรุน (porosity) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ผสมสารละลายน้ำตาลทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกัน ทั้งหมด 5 ระดับความเข้มข้น ฉีดสารละลายน้ำตาลมาตรฐานที่ผสมเข้าด้วยกันปริมาตร 20 ไมโครลิตรเข้าไปในคอลัมน์ โดยเครื่องฉีดตัวอย่างอัตโนมัติ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแยกชนิดน้ำตาล เครื่องตรวจวัดจะรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำตาลแต่ละชนิด เวลาที่น้ำตาลแต่ละชนิดออกจากคอลัมน์ (retention time) (ภาพที่ 4) และคำนวณเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ ทำการสร้างกราฟมาตรฐาน (calibrate standard curve) (ภาพที่ 5) เพื่อเปรียบเทียบหาปริมาณน้ำตาลของตัวอย่าง เมื่อเริ่มวิเคราะห์แต่ละครั้งต้องเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายใหม่ทุกครั้ง



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการตรวจพบน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสที่เวลาต่าง ๆ กัน หลังจากฉีดสารละลายน้ำตาลทั้ง 3 เข้าสู่คอลัมน์



ภาพที่ 5 กราฟสารละลายน้ำตาลมาตรฐานของน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ปรับปริมาตรสารละลายน้ำตาลที่สกัดได้ด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 80 ให้เป็นปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองที่มีความพรุน (porosity) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ก่อนจะฉีดเข้าเครื่อง HPLC ตามสภาวะที่กำหนด โดยทำการวิเคราะห์ในลักษณะเดียวกันกับการเตรียมกราฟมาตรฐาน ระบุชนิดของน้ำตาลโดยเทียบจากเวลาที่น้ำตาลแต่ละชนิดออกจากคอลัมน์ การคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ และปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดโดยเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐานของสารละลายที่เตรียมไว้

การทดลองส่วนที่ 3 วิเคราะห์ปริมาณแป้งทั้งหมดภายในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

ทำการสกัดแป้งจากเมล็ดข้าวโพด ตามวิธีดัดแปลงจาก Gutierrez *et al*. (2002) และ Sene *et al*. (1997) ดังนี้

นำเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษประมาณ 10 กรัม แช่ลงในสารละลายโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.45 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร วัดระดับความสูงของสารละลายเหนือเมล็ดข้าวโพดได้ประมาณ 6 เซนติเมตร เขย่าในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อทำให้เมล็ดอ่อนตัวและเป็นการแยกโปรตีนที่ยึดเกาะกับโมเลกุลแป้งออกจากกัน หลังจากนั้นนำไปปั่นละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.25 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 วินาที กรองตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ล้างตะกอนด้านบนด้วยน้ำปริมาณมากเก็บส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดที่ค้างอยู่ไม่สามารถผ่านตะแกรงได้ออกไป สารละลายแป้งที่ได้ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง รินส่วนใสด้านบนทิ้ง นำส่วนที่เหลือไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เก็บตะกอน ล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำกลั่นอีก 1-2 ครั้ง จากนั้นนำตะกอนที่ล้างด้วยน้ำแล้วเติมสารละลายอะซีโตน ร้อยละ 70 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส นำตะกอนที่เก็บได้กรองตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มิลลิเมตร ล้างตะกอนด้านบนด้วยน้ำปริมาณมาก ตั้งสารละลายแป้งที่ได้ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง รินส่วนใสด้านบนทิ้ง นำส่วนที่เหลือไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำกลั่นอีก 1-2 ครั้ง หลังจากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

60 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณน้ำหนักแห้งแป้ง และเนื่องจากมีข้าวโพดหวานพิเศษบางพันธุ์มีปริมาณเมล็ดข้าวโพดไม่ครบ 10 กรัม การคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้งแป้งจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักสดเริ่มต้น ดัดแปลงวิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์แป้งจากโอรส (2548)

ร้อยละของแป้งที่สกัดได้ = (น้ำหนักแห้งของแป้ง/น้ำหนักสดเมล็ดข้าวโพด) x 100

การทดลองส่วนที่ 4 ศึกษาปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์

วิเคราะห์ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด ตามวิธีดัดแปลงจาก ละอองวรรณ (2530) ดังนี้

นำเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษประมาณ 10 กรัม แช่ลงในสารละลายโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.45 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวโพดไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 0.25 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 วินาที แล้วกรองตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นล้างตะกอนของเปลือกหุ้มเมล็ดที่อยู่ด้านบนตะแกรงด้วยน้ำปริมาณมาก เพื่อล้างแป้งที่เกาะอยู่กับเปลือกหุ้มเมล็ดออกให้มากที่สุด จากนั้นเก็บเปลือกหุ้มเมล็ดที่ไม่สามารถผ่านตะแกรงได้นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ก่อนชั่งหาน้ำหนักแห้งต่อไป

ร้อยละของเปลือกหุ้มเมล็ด = (น้ำหนักแห้งเปลือกหุ้มเมล็ด /น้ำหนักสดเมล็ดข้าวโพด) x 100

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยใช้ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 1 ฝัก เท่ากับ 1 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติหาค่าความแปรปรวน และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณน้ำตาล ปริมาณแป้ง และความหวาน ในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานพิเศษ ณ ศูนย์วิจัยพืชผลหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ในการทดสอบข้าวโพดหวานพิเศษสายพันธุ์แท้ต่าง ๆ ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ hA9035 ที่มีความดีเด่นด้านรสชาติ ให้รสหวาน และมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง และแม่พันธุ์คือ hA9104 ที่แม่มีความดีเด่นด้านความสามารถในการต้านทานโรค จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ พบว่า ในพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเฉลี่ย 57.25 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด สูงกว่าพันธุ์แม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่พันธุ์พ่อมีมากกว่าพันธุ์แม่ ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ในพันธุ์แม่มีปริมาณมากกว่าพันธุ์พ่อ แต่น้ำตาลฟรุกโตสไม่พบความแตกต่างทางสถิติ สำหรับปริมาณแป้งพันธุ์แม่มีตัวเลขมากกว่าพันธุ์พ่อแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ปริมาณน้ำตาลและแป้งดังกล่าวส่งผลให้พันธุ์พ่อมีรสหวาน โดยในพันธุ์พ่อมีคะแนนจากการชิมรสหวานเฉลี่ย 4.33 คะแนน ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แม่มากกว่าเท่าตัว ส่วนปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของทั้งพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ใกล้เคียงกัน แต่คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดในพันธุ์แม่มีมากกว่าพันธุ์พ่อและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณภาพของพ่อแม่พันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษ

	แม่ (hA9104)	พ่อ (hA9035)	t-test
คะแนนความหวาน	2.00	4.33	*
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)	49.69	57.25	*
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (mg/gFW)	41.70	51.19	**
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)	4.99	3.78	*
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)	3.00	2.27	ns
ปริมาณแป้งหมดในเมล็ด (%)	7.39	5.15	ns
ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)	3.10	2.36	ns
คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	4.00	2.50	*

ns (non-significantly different) = ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($0.01 < P \leq 0.05$)

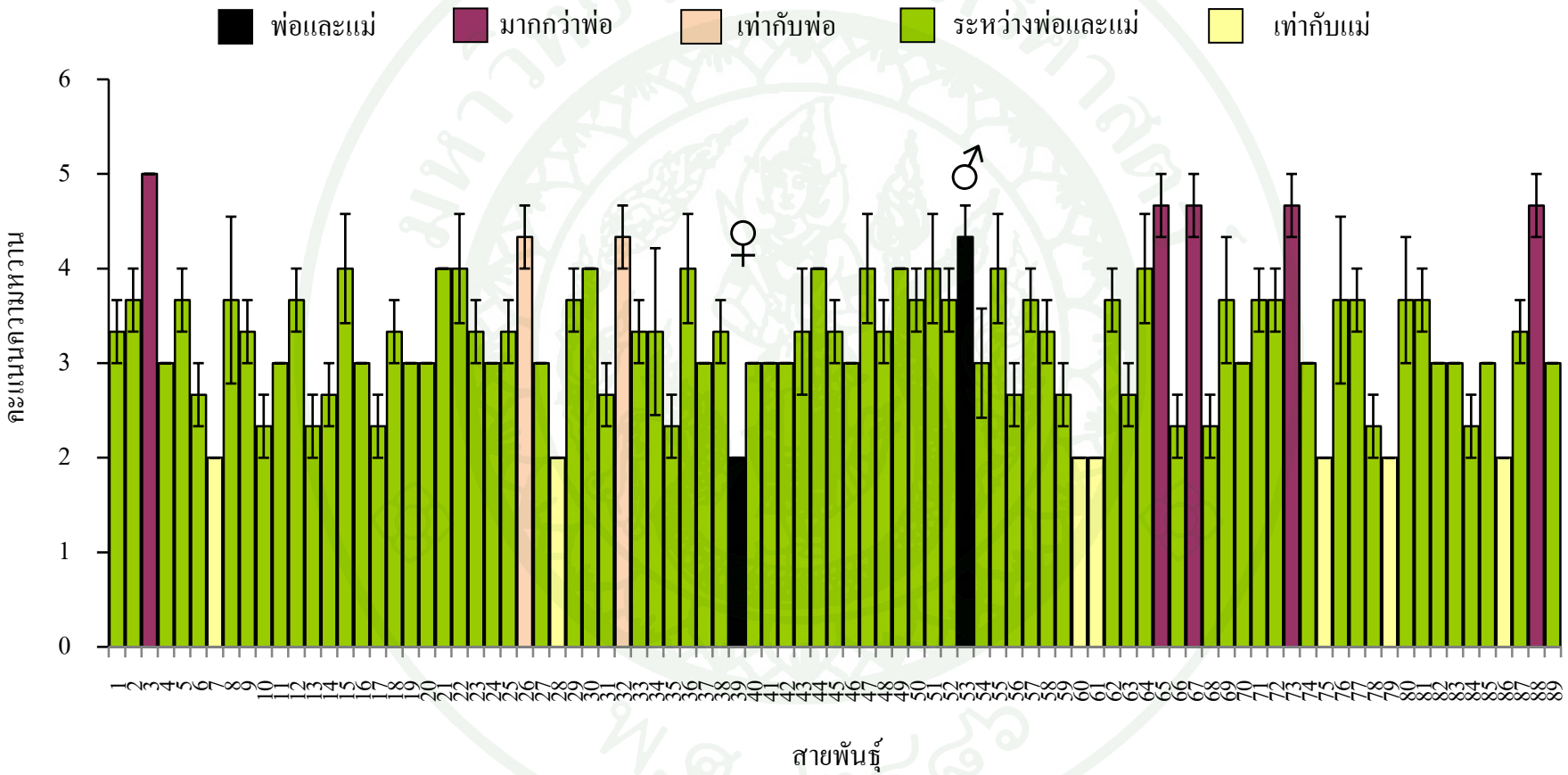
** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($P \leq 0.01$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพด้านความหวานและความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

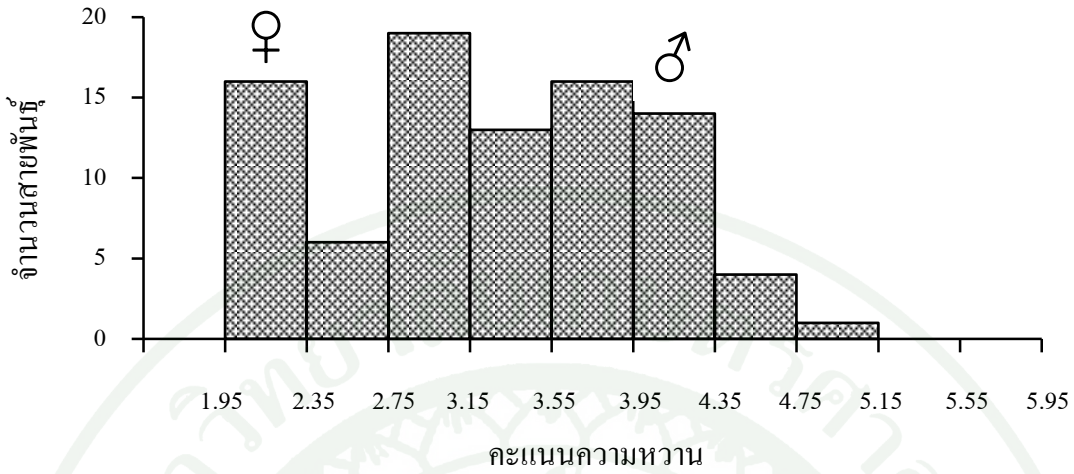
หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดหวานพิเศษจากแปลง ทั้งหมด 112 สายพันธุ์ (ข้อมูลทั้งหมดแสดงในภาคผนวก) เลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่มีตัวอย่างครบทั้ง 3 ซ้ำ เป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ ได้จำนวนสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษรวมทั้งพ่อและแม่จำนวน 89 สายพันธุ์ ทดสอบด้วยวิธีการชิมความหวาน และความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่า ข้าวโพดหวานพิเศษในแต่ละสายพันธุ์มีคะแนนความหวานมากน้อยแตกต่างกัน มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 5 สายพันธุ์มีคะแนนความหวานมากกว่าพันธุ์พ่อ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 75 สายพันธุ์มีคะแนนความหวานอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อและแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 7 สายพันธุ์มีคะแนนความหวานเท่ากับพันธุ์แม่ (ภาพที่ 6) สายพันธุ์ที่มีความหวานมากกว่าพ่อซึ่งน่าจะเป็นสายพันธุ์ที่ดี ได้แก่ รหัสสายพันธุ์ RA0036 RA0006 RA0080 RA0105 และ RA0042 (สายพันธุ์หมายเลข 3 65 67 73 และ 88) ส่วนสายพันธุ์ที่มีความหวานเท่ากับพันธุ์แม่ ได้แก่ รหัสสายพันธุ์ RA0111 RA0095 RA0086 RA0009 RA0076 RA0057 และ RA0005 (สายพันธุ์หมายเลข 7 28 60 61 75 79 และ86) ทั้งนี้ไม่มีข้าวโพดหวานพิเศษสายพันธุ์ใดที่มีคะแนนความหวานน้อยกว่าพันธุ์แม่ และเมื่อนำคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์มาเขียนกราฟความถี่สะสม และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ ทดสอบด้วยวิธี Shapriro-Wilk จะพบว่าคะแนนความหวานมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 7) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.0115

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 คะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

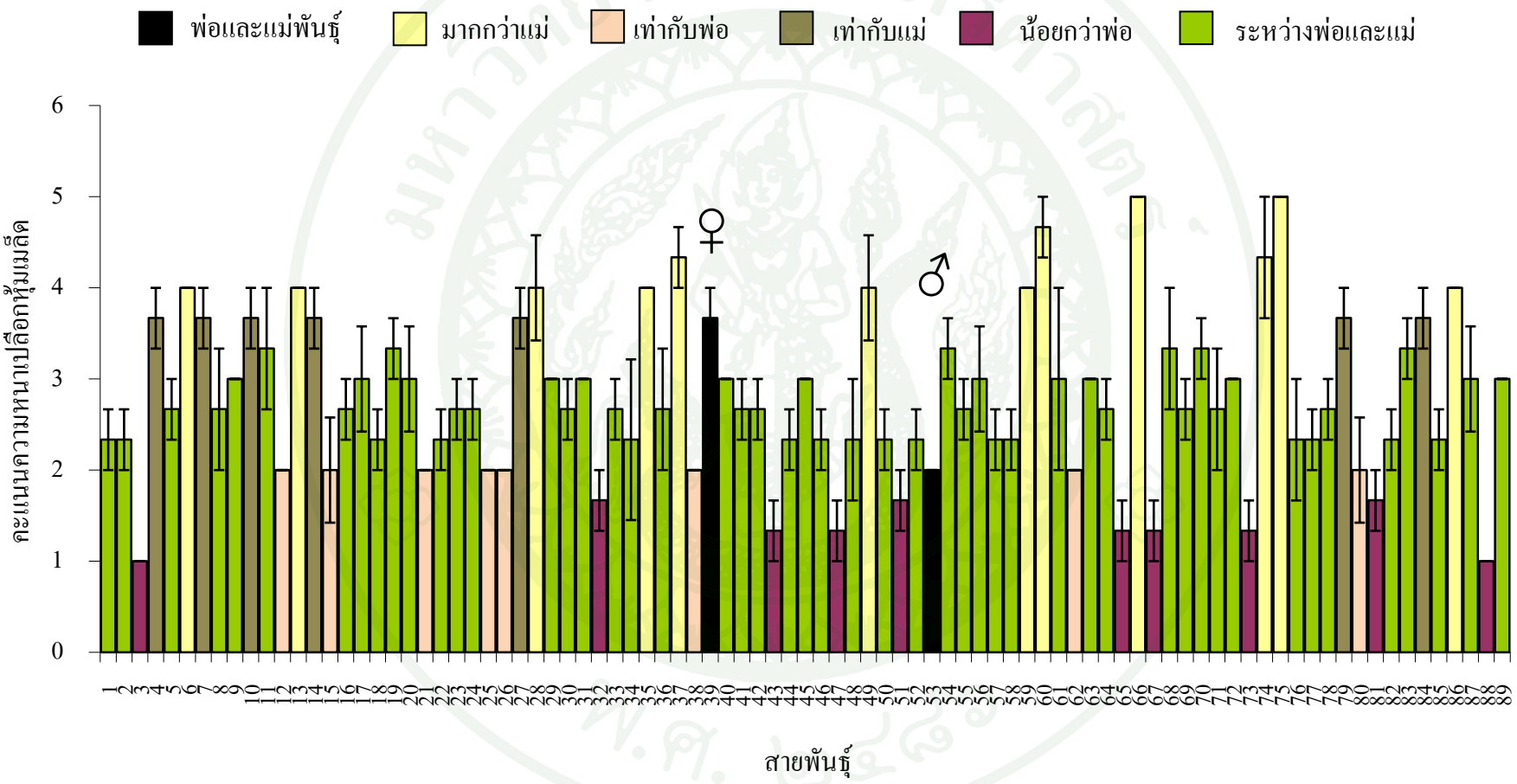
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การกระจายตัวของคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีคะแนนความหวานเท่ากับ 4.33 ส่วนพันธุ์แม่มีคะแนนความหวานเท่ากับ 2.00

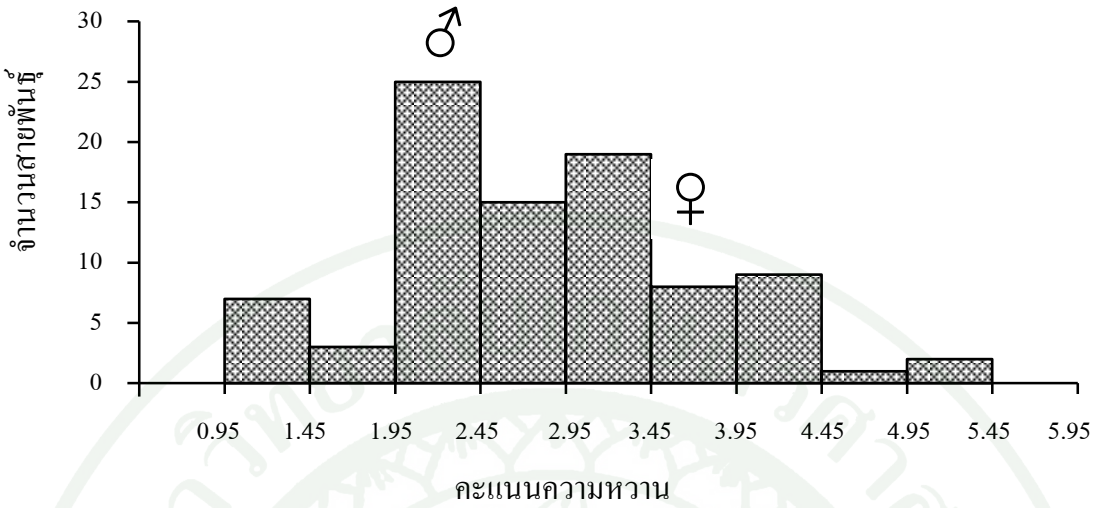
ส่วนคะแนนการชิมความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่า มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 12 สายพันธุ์ที่มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมากกว่าพันธุ์แม่ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 67 สายพันธุ์ มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 10 สายพันธุ์ มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พ่อ (ภาพที่ 8) ซึ่งน่าจะถือได้ว่าเป็นพันธุ์ที่ดี ได้แก่ รหัสสายพันธุ์ RA0075 RA0121 RA0117 RA0089 RA0084 RA0006 RA0080 RA0105 RA0036 และ RA0091 (สายพันธุ์หมายเลข 32 51 81 43 47 65 67 73 3 และ88) และเมื่อนำคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์มาเขียนกราฟความถี่สะสม และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ ทดสอบด้วยวิธี Shapriro-Wilk จะพบว่าคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 9) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.069

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

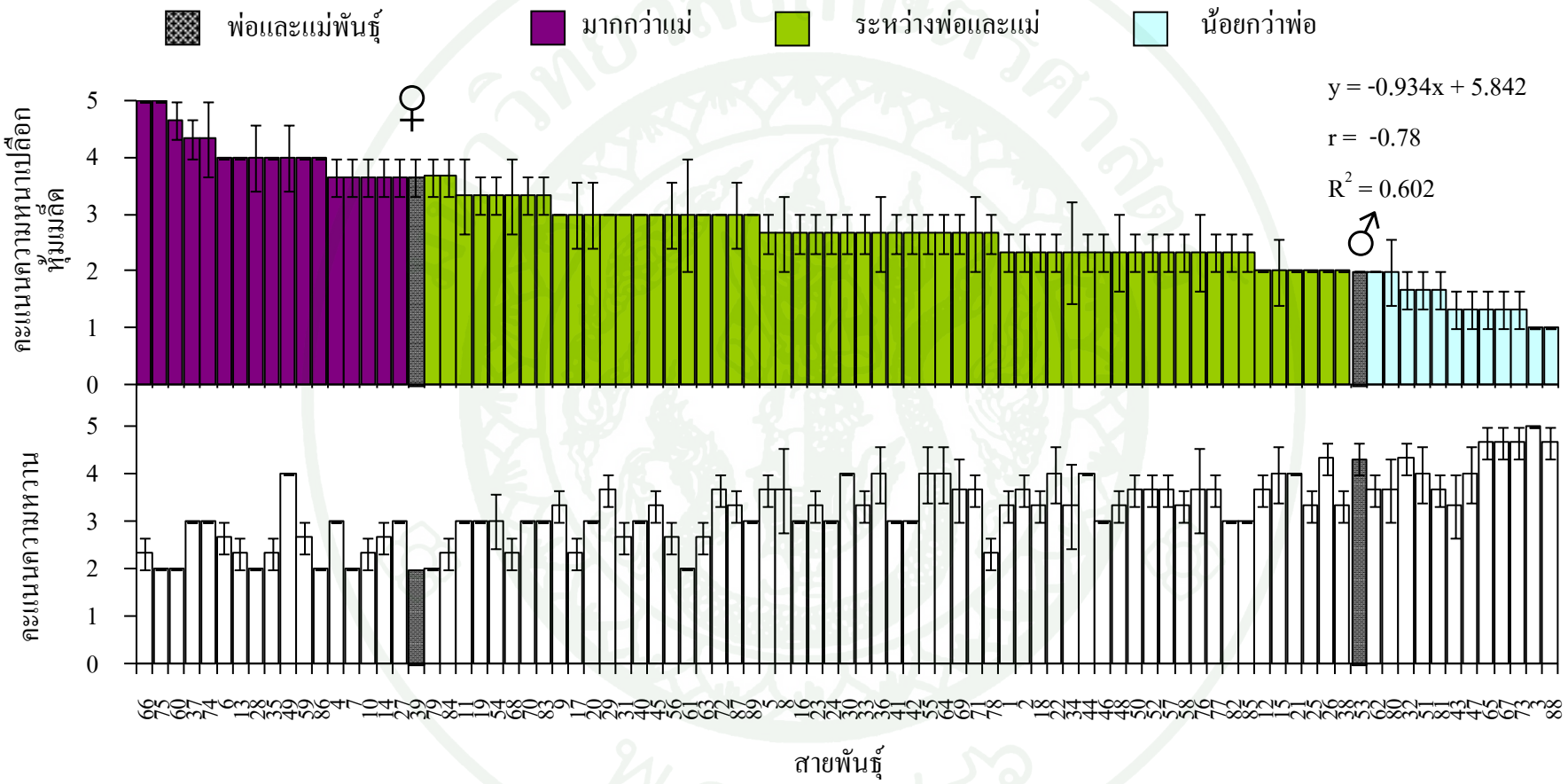


ภาพที่ 9 การกระจายตัวของคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 2.00 ส่วนพันธุ์แม่มีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 3.67

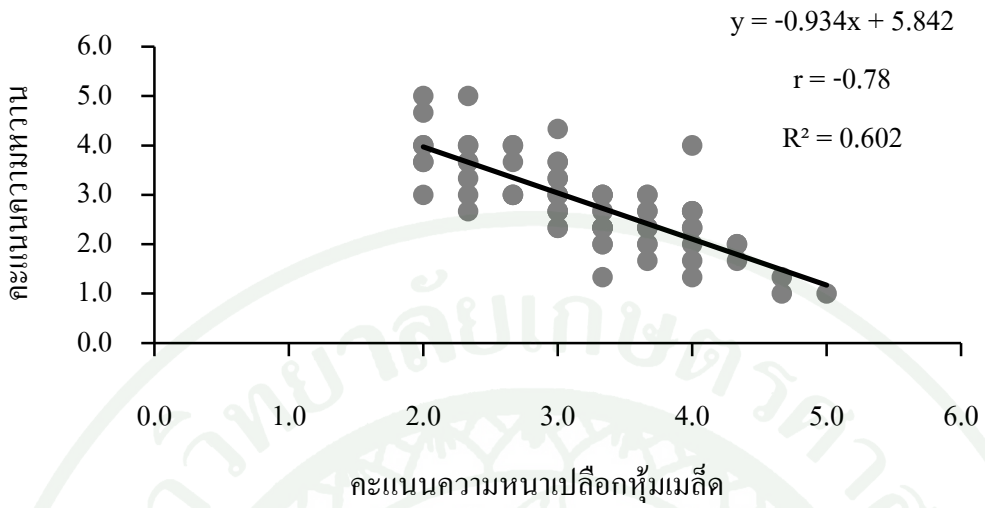
เมื่อนำค่าคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงลำดับจากสายพันธุ์ที่คะแนนสูงที่สุดไปถึงพันธ์ที่มีคะแนนความหนาเปลือกต่ำที่สุดเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 10) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหวานมีแนวโน้มไปในทิศทางตรงข้าม กล่าวคือในข้าวโพดหวานที่มีความหนาเปลือกสูงจะมีคะแนนความหวานต่ำ และในข้าวโพดหวานที่มีความหนาเปลือกต่ำจะมีคะแนนความหวานสูง

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพผลผลิต จากการชิมทั้งสองลักษณะ พบว่า คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหวาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.78 โดยสมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหวานคือ $y = -0.934x + 5.842$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.602 (ภาพที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงจากมากไปน้อย เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์



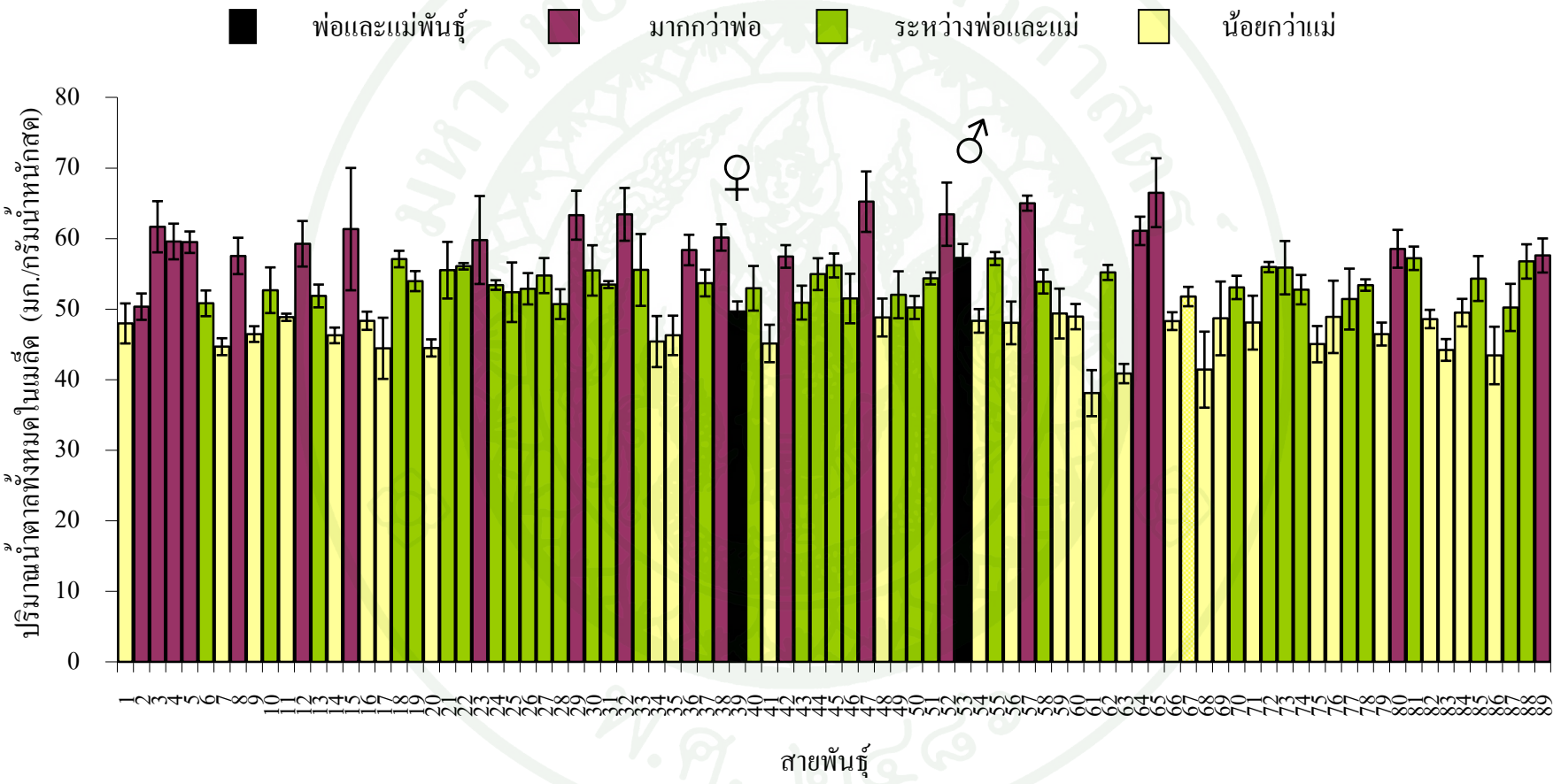
ภาพที่ 11 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของคะแนนความหวานกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

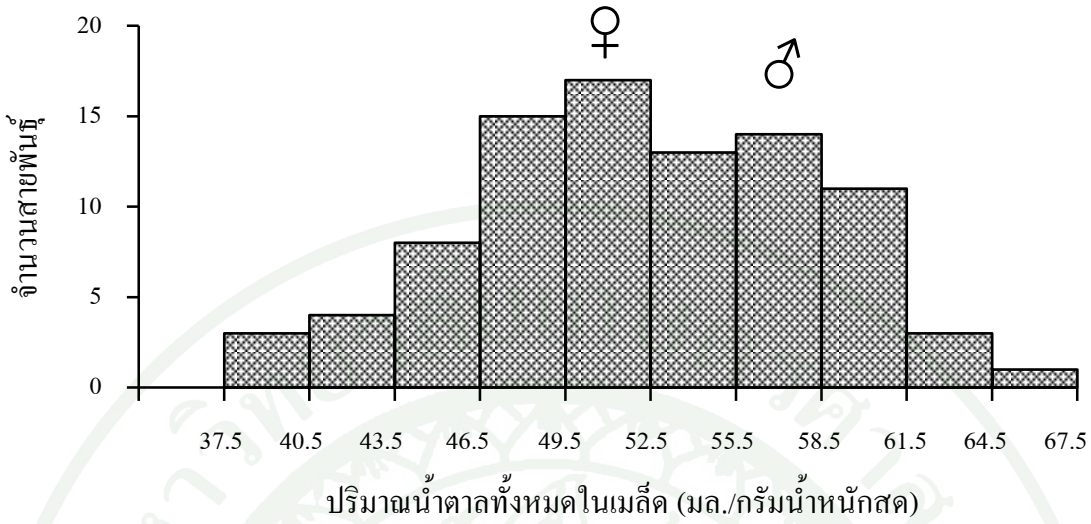
ปริมาณน้ำตาล และชนิดน้ำตาลในข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ในเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 12) มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 19 สายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมากกว่าพันธุ์พ่อ โดยเฉพาะรหัสสายพันธุ์ RA0087 RA0062 และ RA0006 (สายพันธุ์หมายเลข 47 57 และ 65) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดคิดเป็น 65.2 65.0 และ 66.5 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 39 สายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 29 สายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์แม่ และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์มาเขียนกราฟความถี่สะสมจะพบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 13) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.9525

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

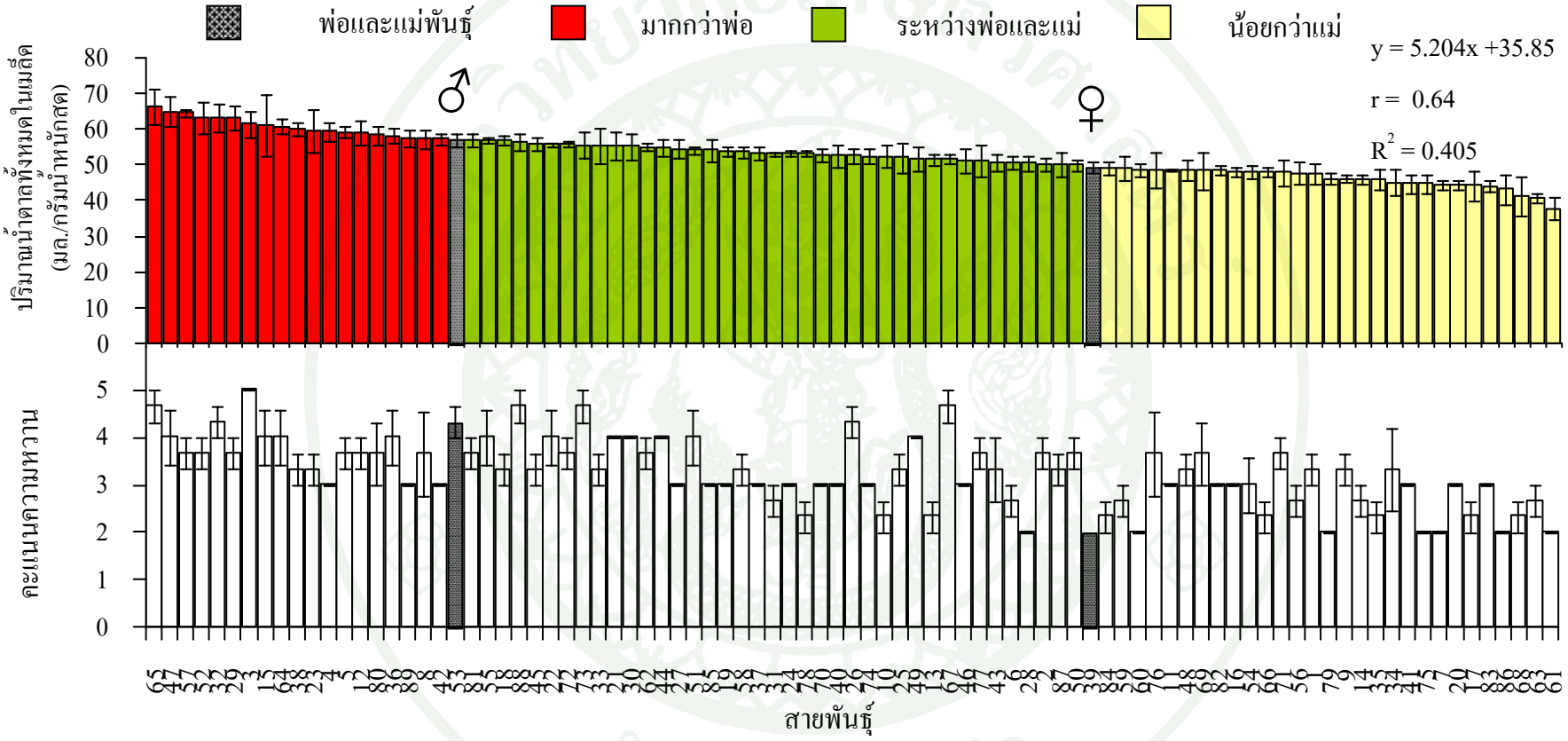


ภาพที่ 13 การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 57.25 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 49.69 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด

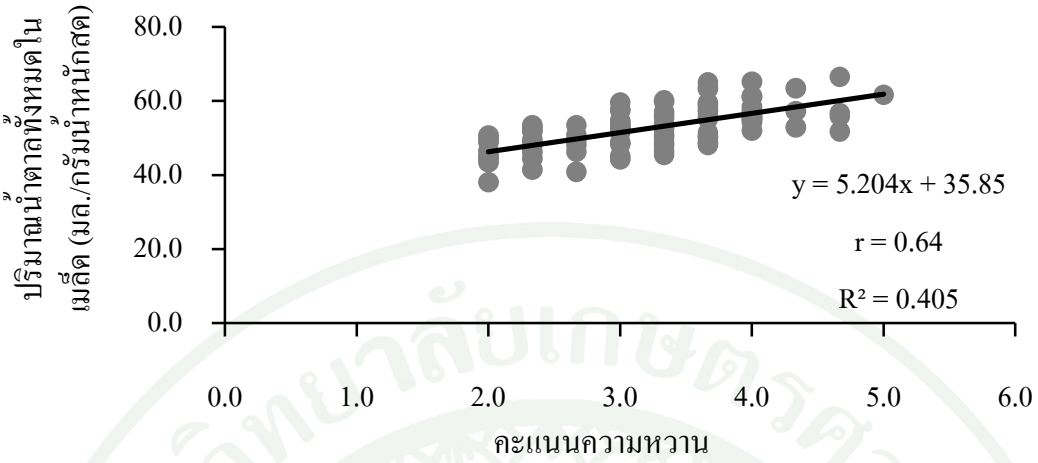
เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ เรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดน้อยที่สุดเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 14) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดและคะแนนความหวานมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือในข้าวโพดหวานสายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดสูง คะแนนความหวานที่ได้จากการชิมมีแนวโน้มสูงด้วย

เมื่อนำข้อมูลทั้งสองมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดและคะแนนความหวาน พบว่า น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความหวาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.64 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดและคะแนนความหวานคือ $y = 5.204x + 35.85$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เท่ากับ 0.405 (ภาพที่ 15)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 สมการเชิงเส้น ตรงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเรียงจากมากไปน้อย เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

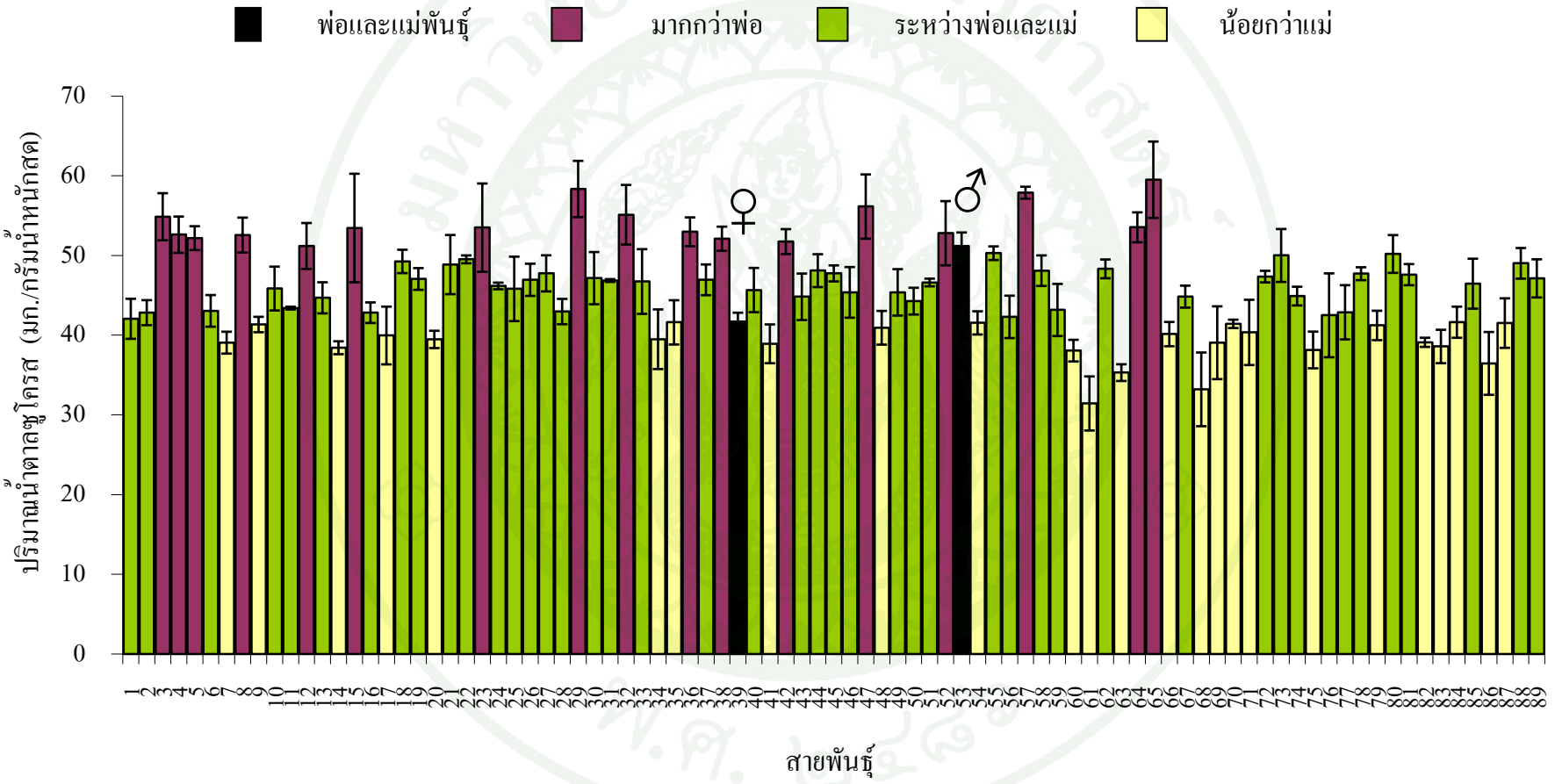


ภาพที่ 15 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดกับคะแนนความหวาน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดด้วยเครื่อง HPLC โดยใช้คอลัมน์ชนิด Sugar-PakI สำหรับตรวจแยกน้ำตาลแต่ละชนิด พบว่า น้ำตาลซูโครสถูกตรวจพบเป็นชนิดแรกที่เวลา 7 นาที หลังจากฉีดสารละลายเข้าสู่เครื่อง ต่อจากนั้นตรวจพบน้ำตาลกลูโคสที่เวลา 9 นาที และสุดท้ายพบน้ำตาลฟรุกโตสที่เวลา 11 นาที ส่วนน้ำตาลมอลโทสไม่สามารตรวจพบได้เนื่องจากแสดงออกที่เวลาใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส

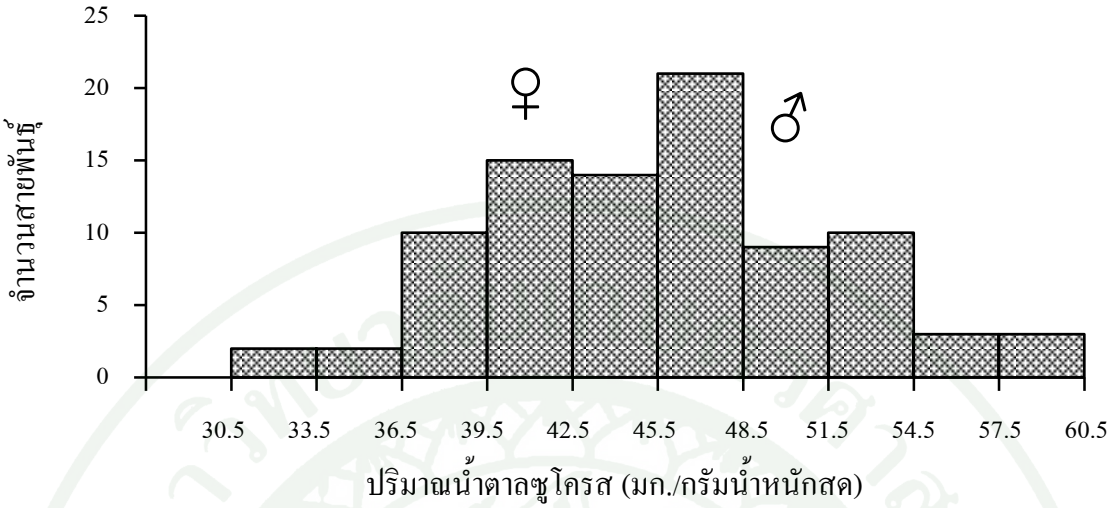
ปริมาณน้ำตาลซูโครสในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 16) มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 17 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่าพันธุ์พ่อซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ดีสำหรับลักษณะนี้ โดยเฉพาะข้าวโพดหวานรหัสสายพันธุ์ RA0130 RA0062 และ RA0006 (สายพันธุ์หมายเลข 29 57 และ 65) ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงถึง 58.3 57.9 และ 59.5 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 45 สายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 25 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยกว่าพันธุ์แม่ และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลซูโครสของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์มาเขียนกราฟความถี่สะสมจะพบว่าปริมาณน้ำตาลซูโครสมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 17) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.8175

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ปริมาณน้ำตาลซูโครสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

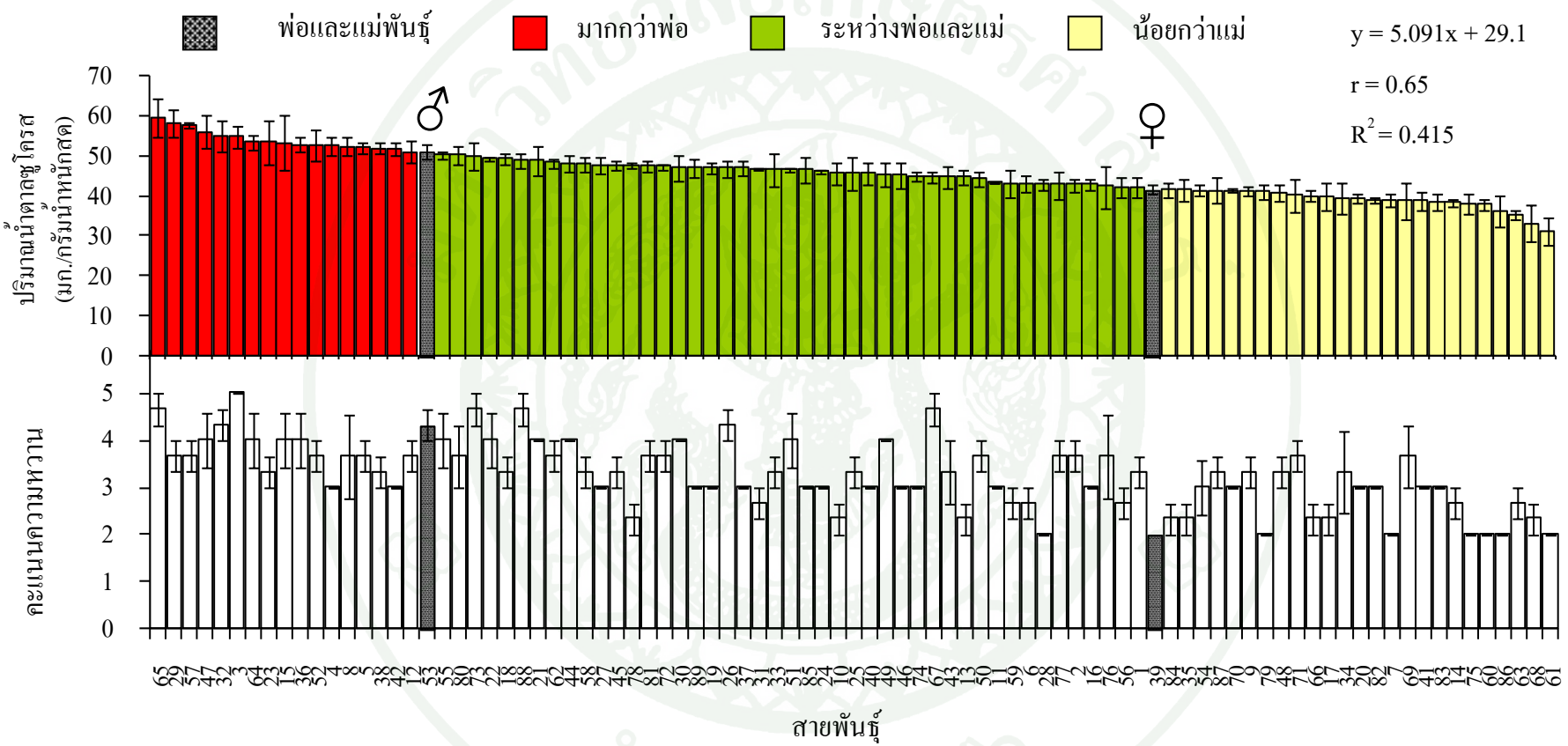


ภาพที่ 17 การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลซูโครสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 51.19 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 41.70 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด

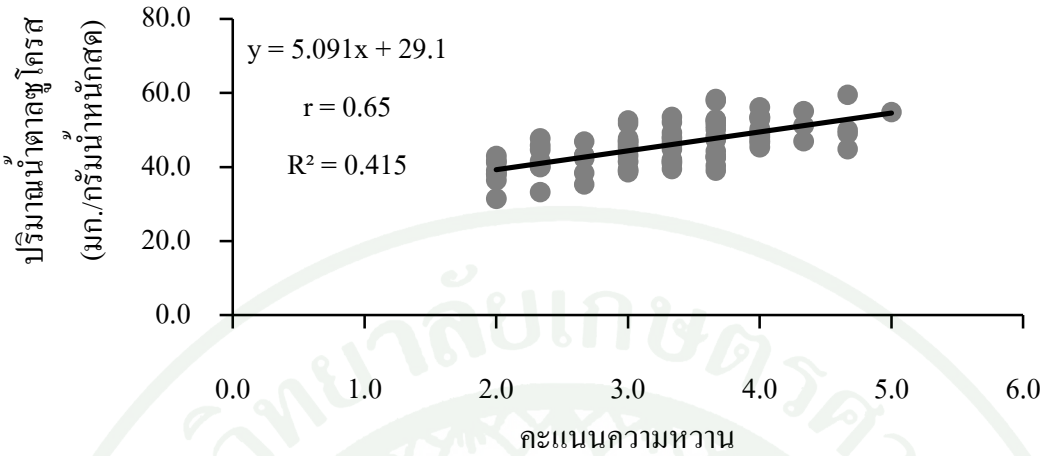
เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลซูโครสมาเรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสน้อยที่สุด เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 18) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลซูโครสและคะแนนความหวานมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ในสายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูง คะแนนความหวานจะมีค่าสูงด้วย

และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลซูโครสและคะแนนความหวาน พบว่า น้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความหวานโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลซูโครสและคะแนนความหวานคือ $y = 5.091x + 29.1$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.415 (ภาพที่ 19)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



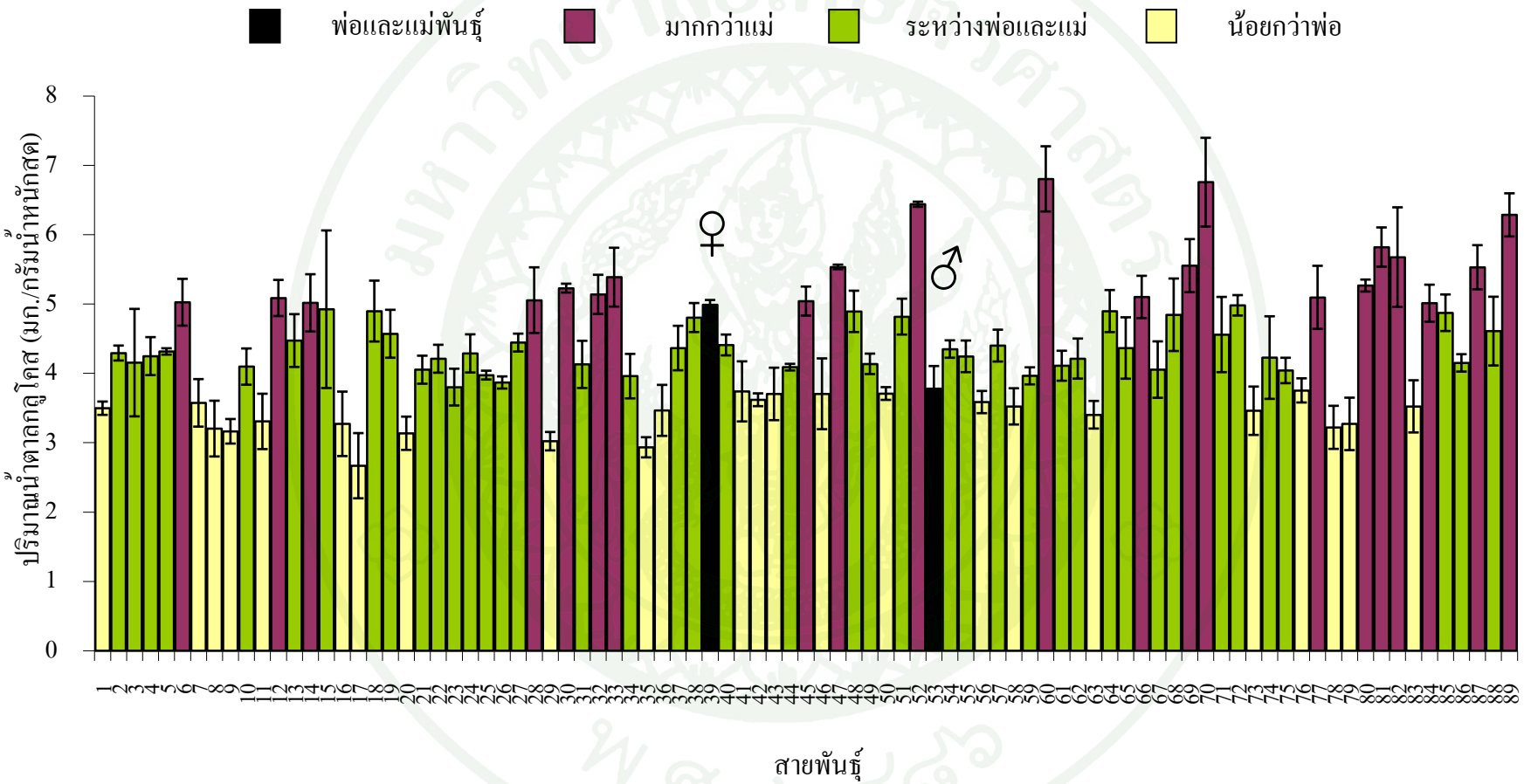
ภาพที่ 18 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลซูโครสเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์



ภาพที่ 19 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลซูโครสกับคะแนนความหวาน

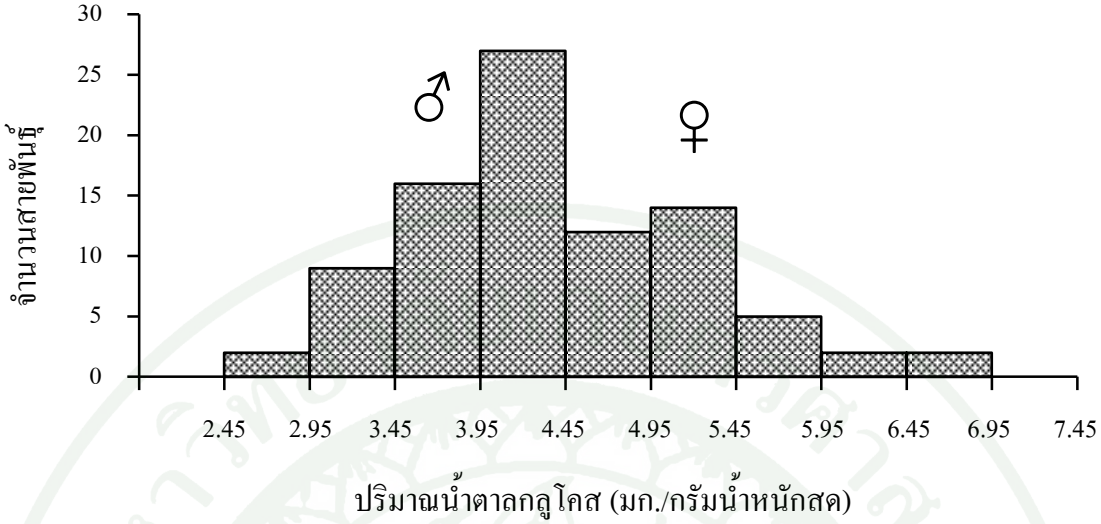
ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 20) มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 21 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากกว่าพันธุ์แม่ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 42 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 24 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อยกว่าพันธุ์พ่อ และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลกลูโคสของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มาเขียนกราฟความถี่สะสมจะพบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 21) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.0421

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

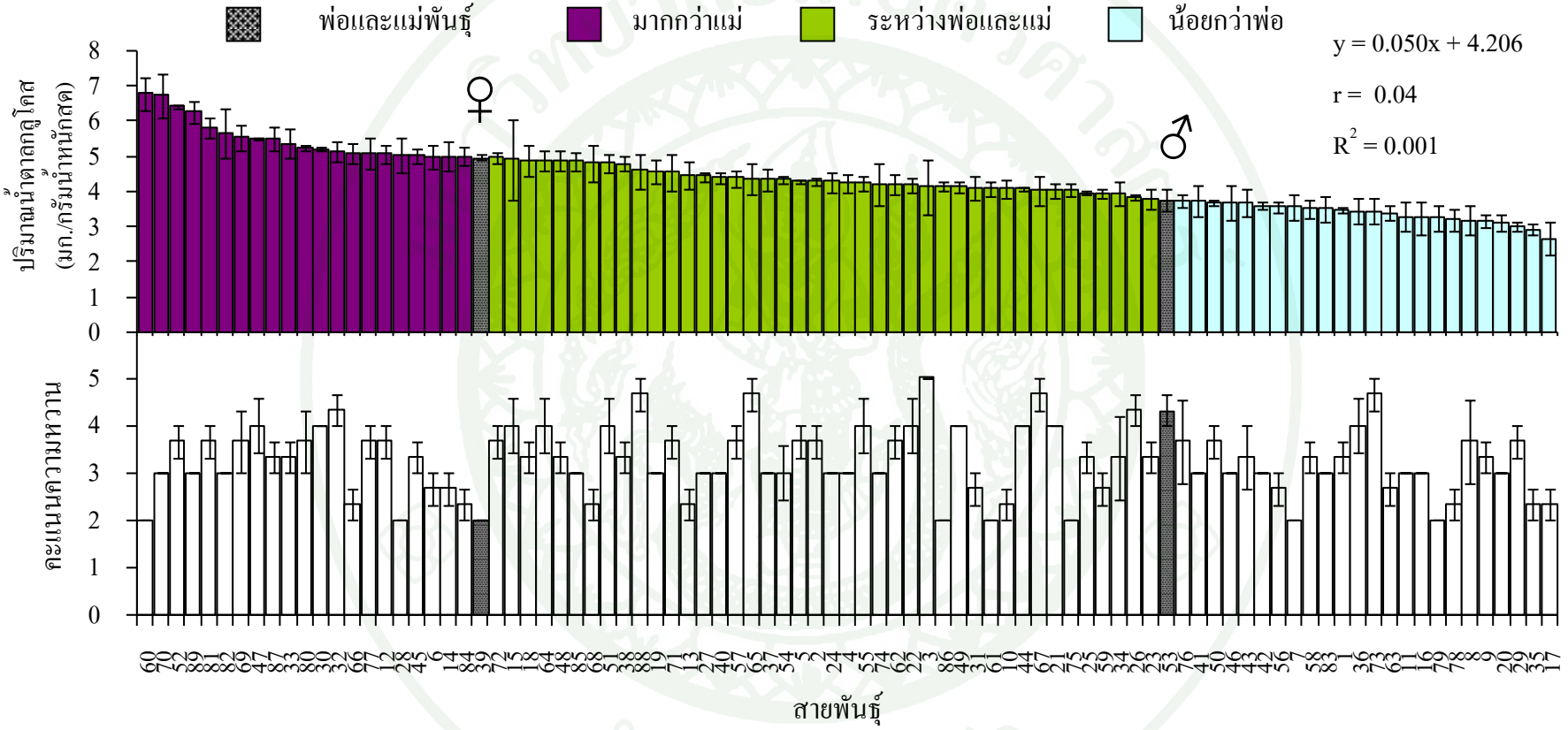
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลกลูโคสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 3.78 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 4.99 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด

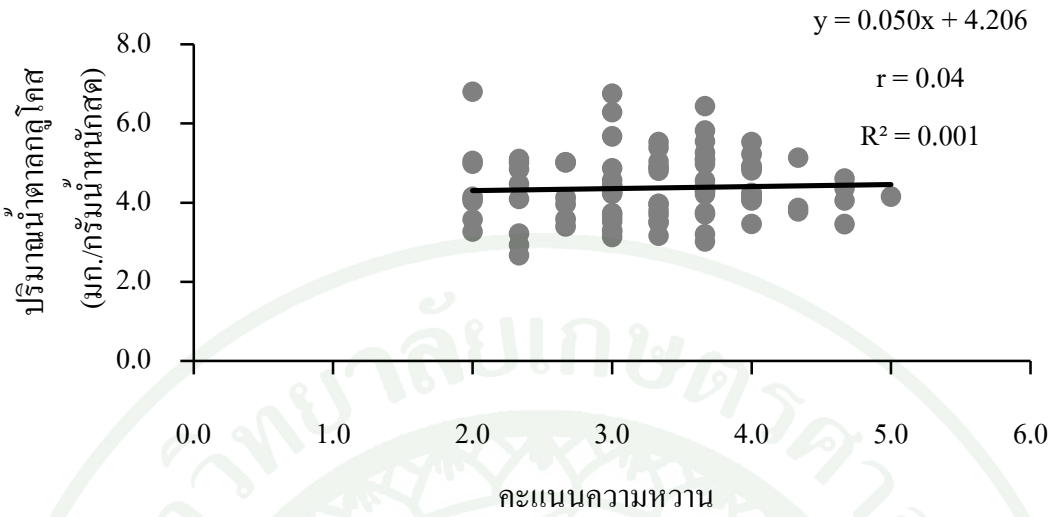
เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาเรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อยที่สุด เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 22) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลกลูโคสและคะแนนความหวาน เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลกลูโคสและคะแนนความหวาน พบว่า น้ำตาลกลูโคสไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.04 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลกลูโคสและคะแนนความหวานคือ $y = 0.050x + 4.206$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เท่ากับ 0.001 (ภาพที่ 23)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลกลูโคสเรียงจากมากไปน้อยเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

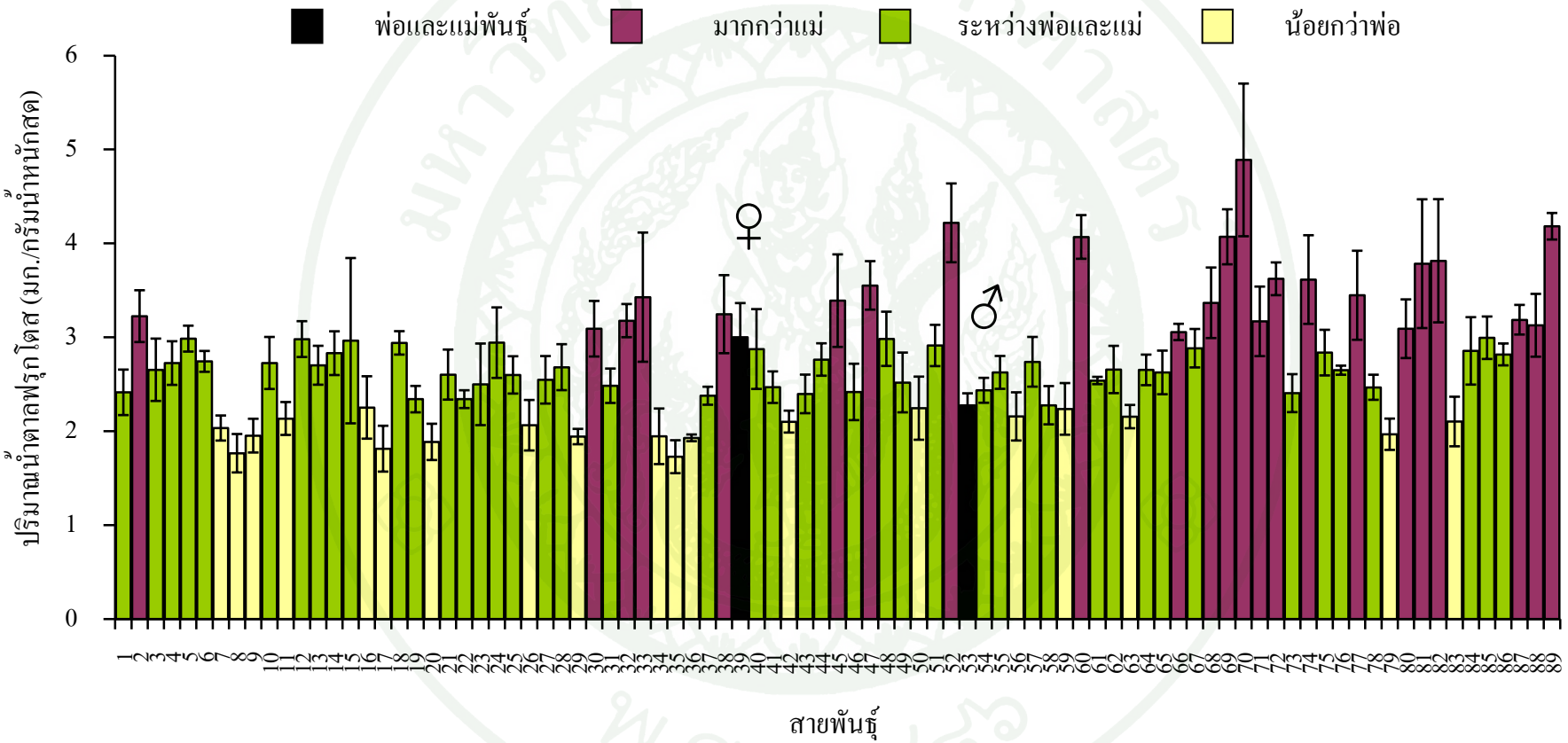
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลกลูโคสกับคะแนนความหวาน

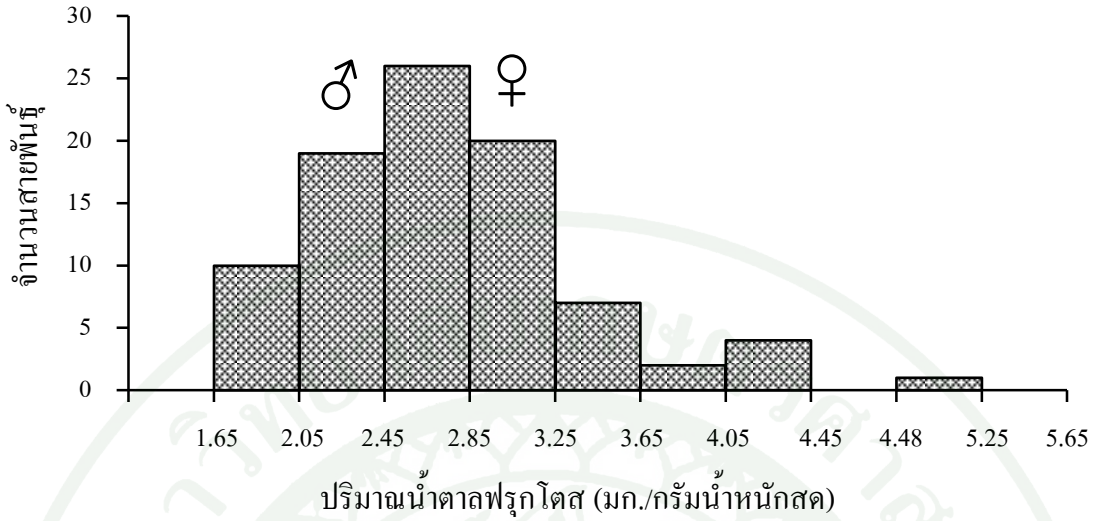
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 24) มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 23 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมากกว่าพันธุ์แม่ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 45 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 19 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสน้อยกว่าพันธุ์พ่อ และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มาเขียนกราฟความถี่สะสมจะพบว่าปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมีการกระจายตัวแบบโค้งเบ้ขวา (ภาพที่ 25) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.0046

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

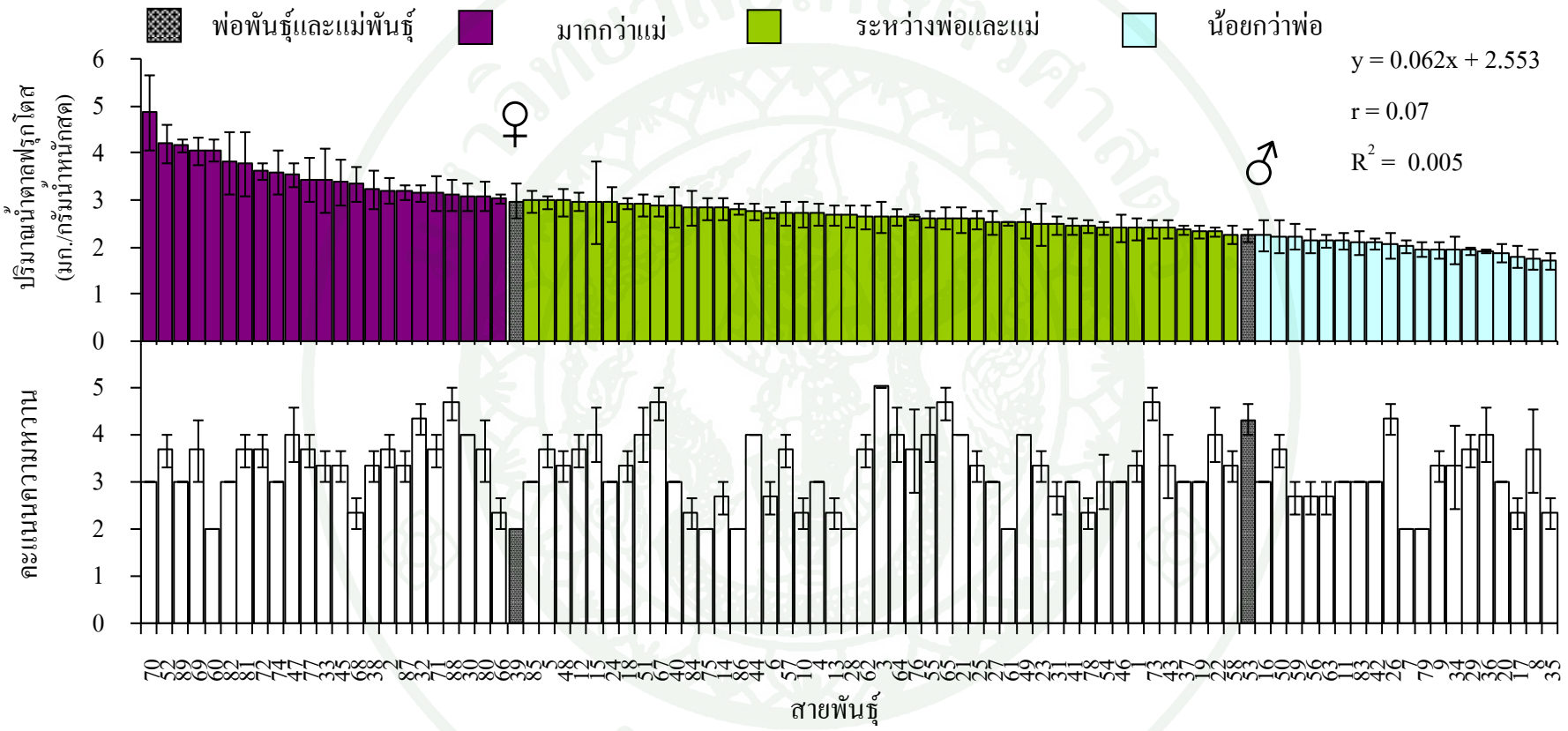


ภาพที่ 25 การกระจายตัวของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเท่ากับ 2.27 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเท่ากับ 3.00 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด

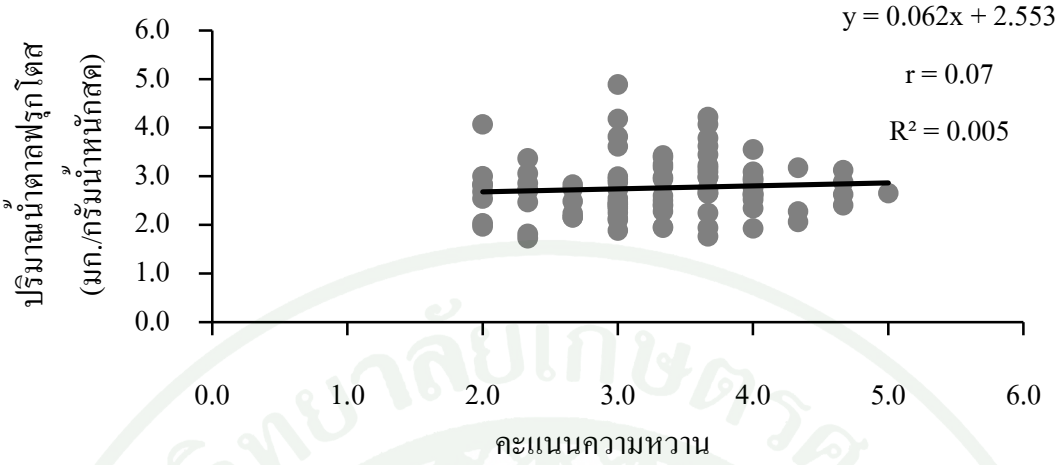
เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมาเรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสน้อยที่สุด เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 26) ไม่พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลฟรุกโตสและคะแนนความหวาน

เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสและคะแนนความหวาน พบว่า น้ำตาลฟรุกโตสไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.07 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลฟรุกโตสและคะแนนความหวาน คือ $y = 0.062x + 2.553$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เท่ากับ 0.005 (ภาพที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเรียงจากมากไปน้อย เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์



ภาพที่ 27 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสกับคะแนนความหวาน

ในภาพรวมเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลแต่ละชนิดกับคะแนนความหวาน พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับคะแนนความหวานมากที่สุดเท่ากับ 0.65 รองลงมาได้แก่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับคะแนนความหวานเท่ากับ 0.64 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสไม่มีความสัมพันธ์กับความหวาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับคะแนนความหวานต่ำใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานกับปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	*P*-value	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดใน	0.64	<0.01	0.405
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	0.65	<0.01	0.415
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส	0.04	0.37	0.001
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส	0.07	0.44	0.005

P-value > 0.05 = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่า คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและน้ำตาลซูโครส โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดกับปริมาณน้ำตาลซูโครสเท่ากับ -0.49 รองลงมาได้แก่ น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.47 ส่วนน้ำตาลฟรุกโตสและน้ำตาลกลูโคสไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในระดับต่ำ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	*P*-value	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด	-0.47	<0.01	0.226
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	-0.49	<0.01	0.241
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส	0.02	0.67	0.000
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส	-0.04	0.26	0.001

P-value > 0.05 = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับปริมาณแป้ง ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด และคะแนนความหวาน

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	*P*-value	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด	0.53	<0.01	0.276
ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด	0.36	<0.01	0.129
คะแนนความหวาน	-0.78	<0.01	0.602

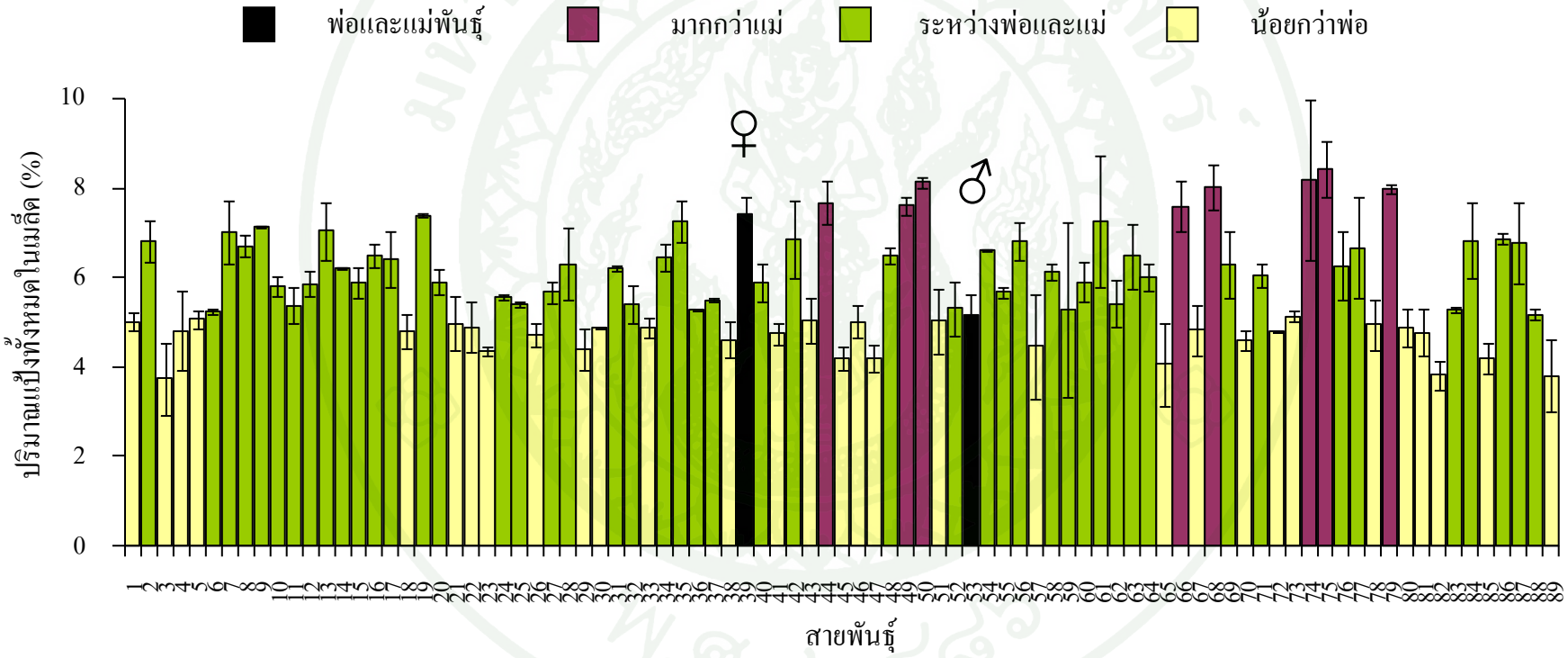
P-value > 0.05 = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณแป้ง

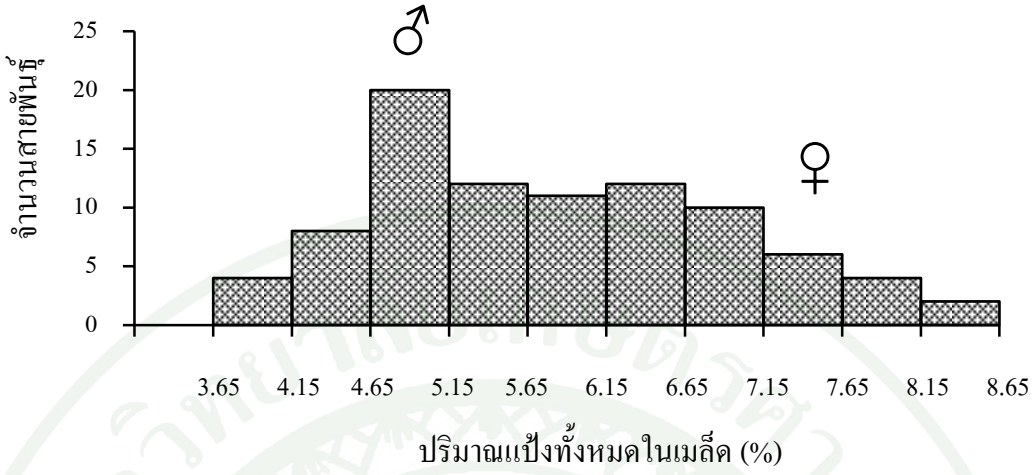
ปริมาณแป้ง (starch content) ในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 28) มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 8 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณแป้งมากกว่าพันธุ์แม่ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 48 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณแป้งอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 31 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณแป้งน้อยกว่าพันธุ์พ่อซึ่งถือว่าเป็นพันธุ์ที่ดีสำหรับลักษณะนี้โดยเฉพาะรหัสสายพันธุ์ RA0036 RA0010 และ RA0104 (สายพันธุ์หมายเลข 3 82 และ 89) ซึ่งมีปริมาณแป้งเพียง 3.7 3.8 และ3.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับรหัสสายพันธุ์ RA0076 (สายพันธุ์หมายเลข 75) ที่มีปริมาณแป้งมากที่สุด 8.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มาเขียนกราฟความถี่สะสมจะพบว่าปริมาณทั้งหมดในเมล็ดมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 29) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.0486

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

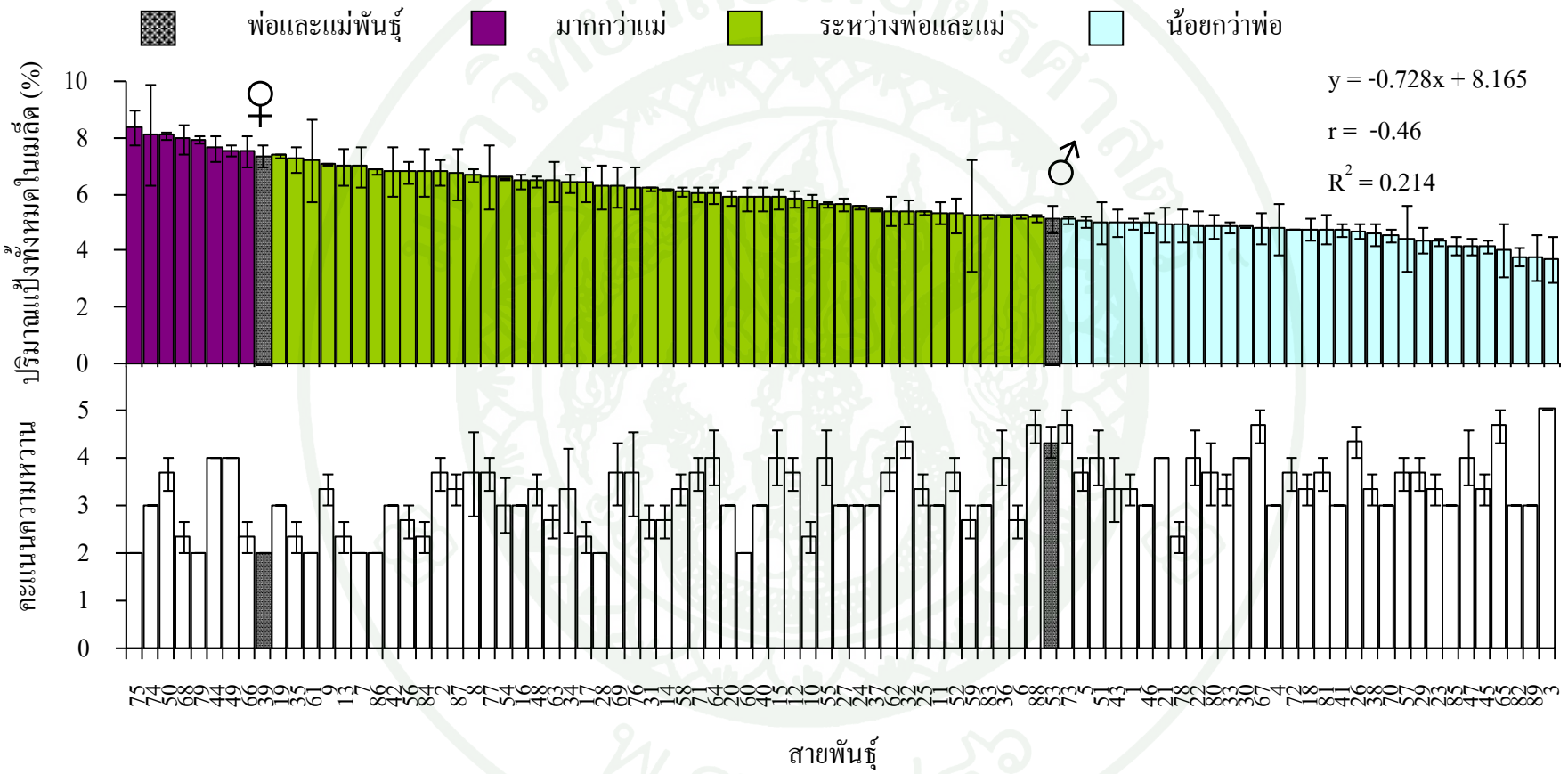
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



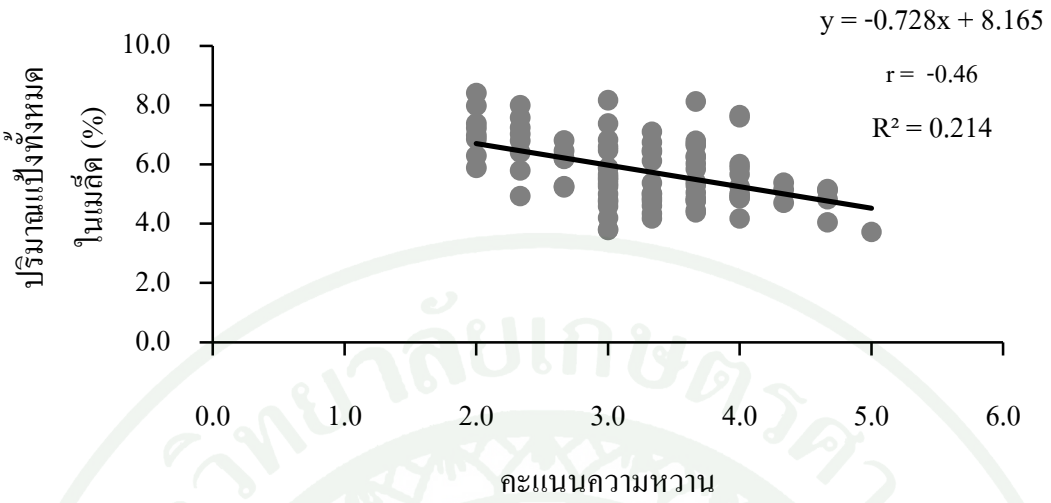
ภาพที่ 29 การกระจายตัวของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 5.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 7.38 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งมาเรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณแป้งมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณแป้งน้อยที่สุดเปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 30) พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งและคะแนนความหวานโดยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ในสายพันธุ์ที่มีปริมาณแป้งสูงจะมีคะแนนความหวานต่ำ และเมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งและคะแนนความหวาน พบว่าปริมาณแป้งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหวาน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.46 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลฟรุกโตสและคะแนนความหวานคือ $y = -0.728x + 8.165$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เท่ากับ 0.214 (ภาพที่ 31)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 30 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดเรียงจากมากไปน้อย เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์



ภาพที่ 31 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดกับคะแนนความหวาน

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งและน้ำตาลแต่ละชนิด พบว่า ปริมาณแป้งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำตาลทุกชนิด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดกับปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ -0.56 รองลงมาได้แก่น้ำตาลซูโครสมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.52 น้ำตาลกลูโคสมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.23 และน้ำตาลฟรุกโตสมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.23 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

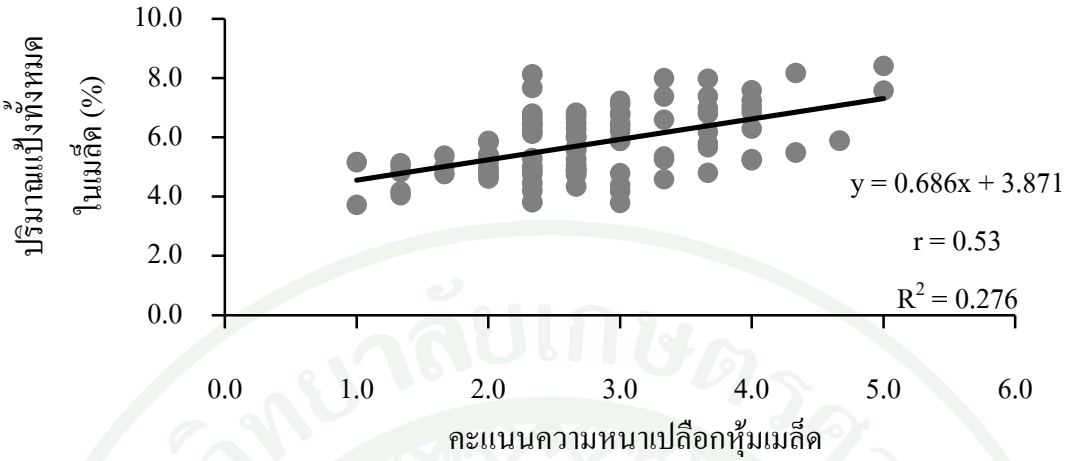
ตารางที่ 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งกับปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และคะแนนความหวาน

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	*P*-value	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด	-0.56	<0.01	0.315
ปริมาณน้ำตาลซูโครส	-0.52	<0.01	0.273
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส	-0.23	<0.01	0.052
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส	-0.23	<0.05	0.054
คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	0.53	<0.01	0.276
ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด	0.20	<0.05	0.038
คะแนนความหวาน	-0.46	<0.01	0.214

P-value > 0.05 = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

นอกจากนั้นเมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่า ปริมาณแป้งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.53 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลฟรุกโตสและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด คือ $y = 0.686x + 3.871$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.276 (ตารางที่ 5 และภาพที่ 32)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



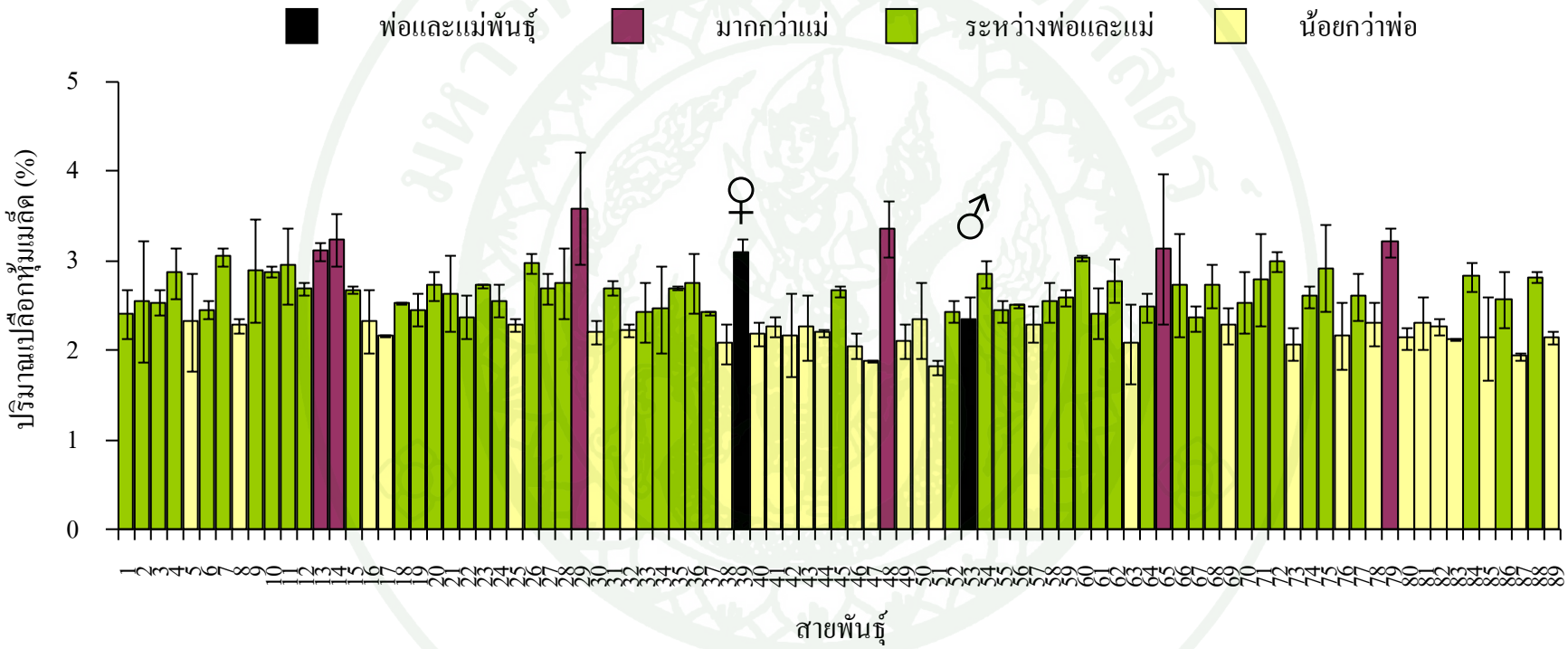
ภาพที่ 32 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด

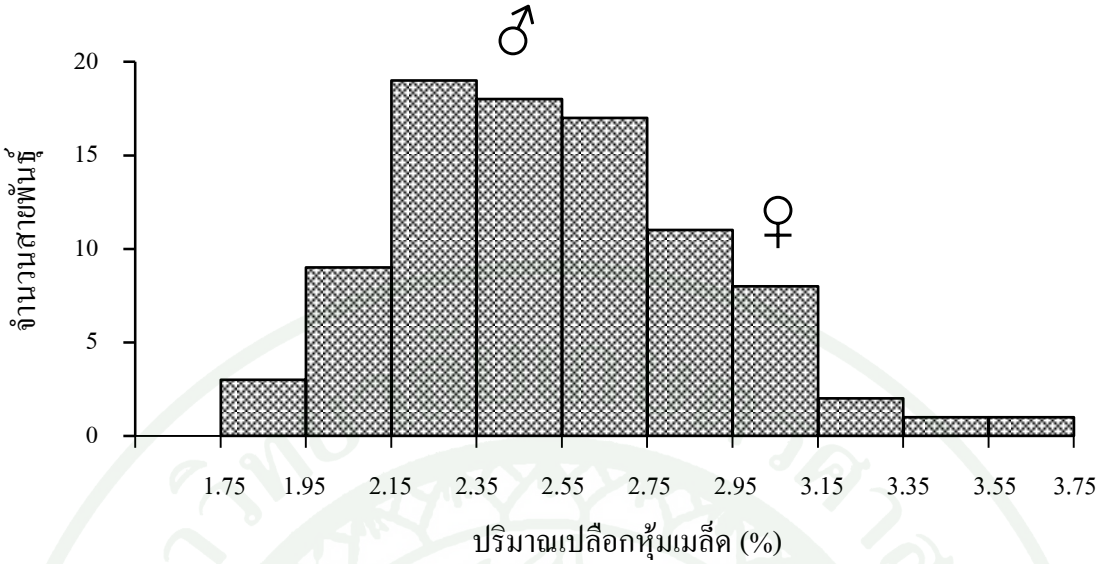
ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (pericarp content) ในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน (ภาพที่ 33) มีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 6 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมากกว่าพันธุ์แม่ ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 50 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และมีข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 31 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พ่อซึ่งถือว่าเป็นพันธุ์ที่ดีสำหรับลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ด โดยเฉพาะรหัสสายพันธุ์ RA0084 RA0121 และ RA0072 (สายพันธุ์หมายเลข 47 51 และ87) ซึ่งมีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเพียง 1.9 1.8 และ1.9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของรหัสสายพันธุ์ RA0130 (สายพันธุ์หมายเลข 29) ที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุด 3.6 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มาเขียนกราฟความถี่สะสมจะพบว่าปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมีการกระจายตัวแบบปกติ (ภาพที่ 34) โดยมีค่า *P*-value เท่ากับ 0.229

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

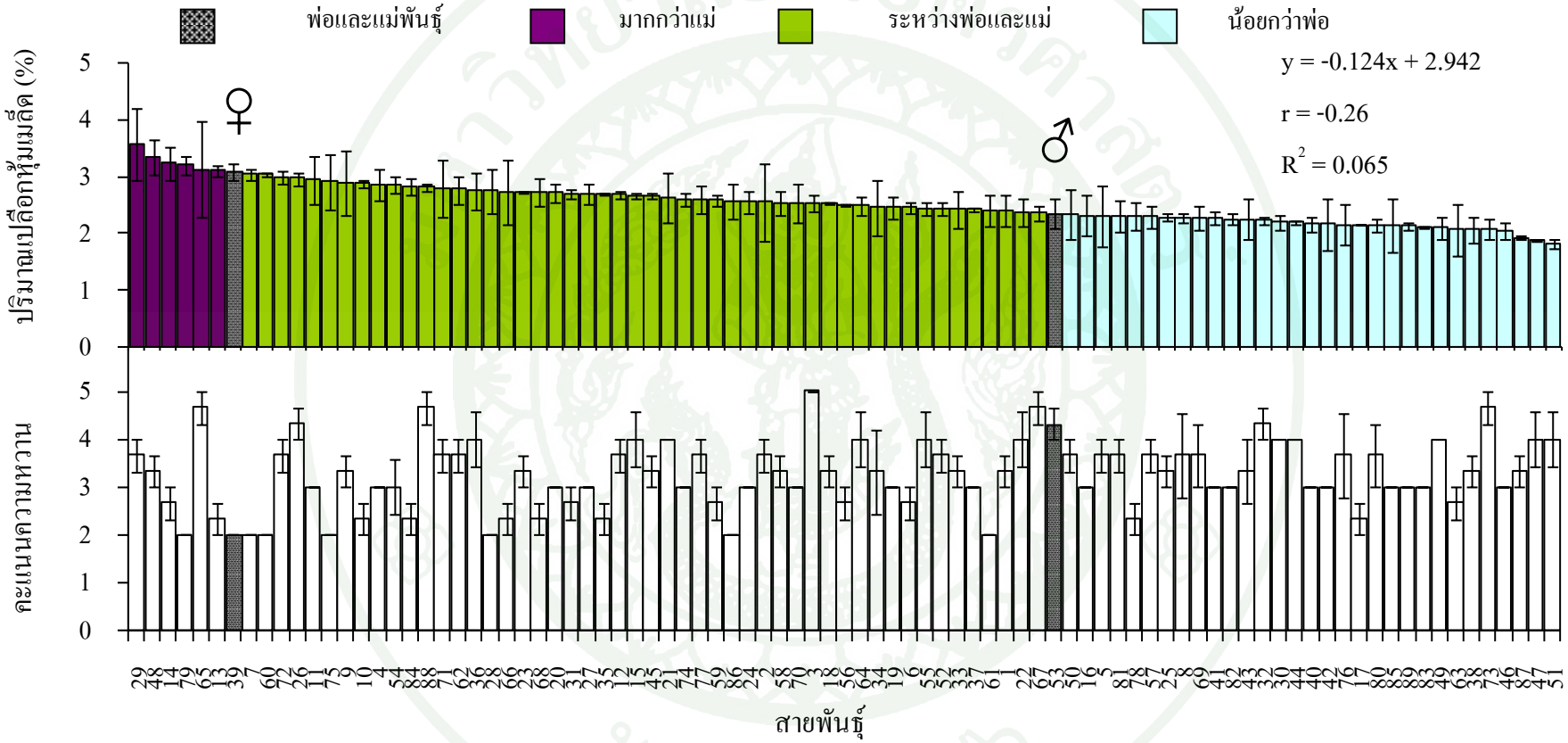
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



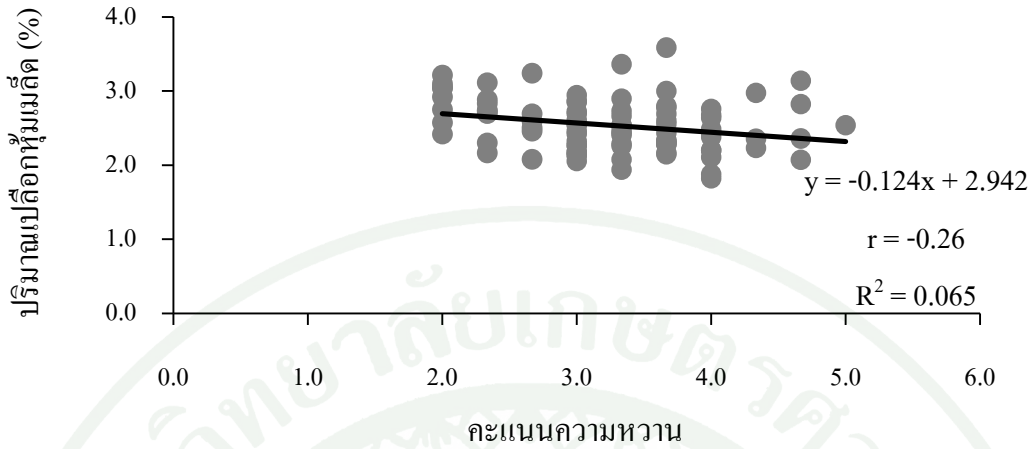
ภาพที่ 34 การกระจายตัวของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์ โดยพันธุ์พ่อมีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 2.36 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์แม่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเท่ากับ 3.10 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด มาเรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยที่สุด เปรียบเทียบกับคะแนนความหวานของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 35) พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหวาน โดยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงข้าม กล่าวคือ ในบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดสูงจะมีคะแนนความหวานต่ำ และเมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหวาน พบว่าปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหวานเท่ากับ -0.26 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหวานคือ $y = -0.124x + 2.942$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.065 (ภาพที่ 36)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



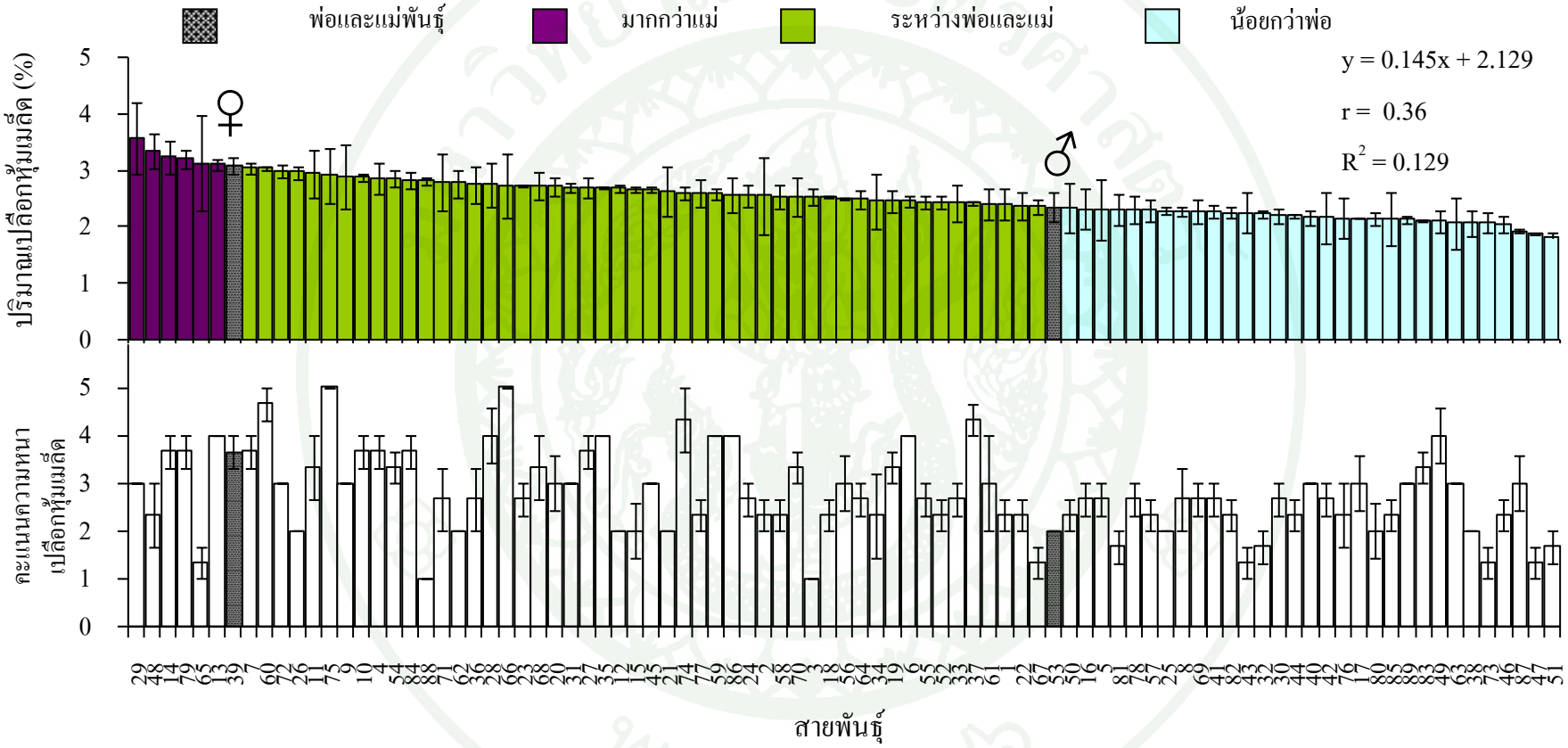
ภาพที่ 35 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงจากมากไปน้อย เปรียบเทียบกับคะแนนความความหวานของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์



ภาพที่ 36 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหวาน

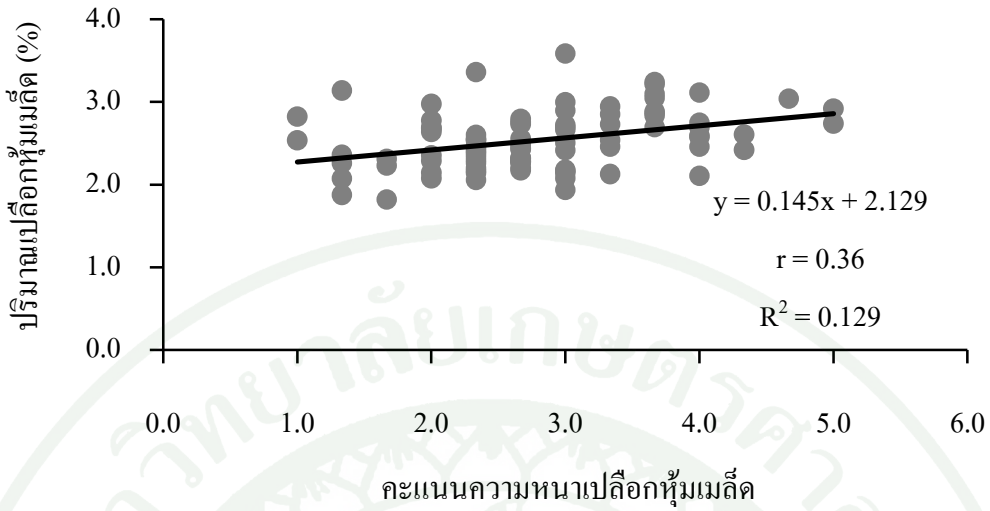
เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด มาเรียงลำดับจากข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมากที่สุดไปจนถึงข้าวโพดหวานพิเศษที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยที่สุด เปรียบเทียบกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของพันธุ์นั้น ๆ (ภาพที่ 37) พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดไม่ชัดเจน และเมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่าปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดไม่มากนัก มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.36 สมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดคือ $y = 0.145x + 2.129$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.129 (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 38)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 37 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเรียงจากมากไปน้อย เปรียบเทียบกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 89 สายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 สมการเชิงเส้นตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (R^2) ของปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

การวิเคราะห์คุณภาพของฝักข้าวโพดพันธุ์พ่อ hA9035 (หมายเลข 53) ที่มีความต้านทานโรคต่ำ แต่มีความดีเด่นด้านรสชาติ และพันธุ์แม่ hA9014 (หมายเลข 39) ที่มีความสามารถต้านทานโรคสูง แต่คุณภาพผลผลิตต่ำ พบว่า ในพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด และน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีมากที่สุดในเมล็ดค่อนข้างสูง และมากกว่าพันธุ์แม่ ในขณะเดียวกันมีปริมาณแป้ง และปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเป็นลักษณะทางคุณภาพที่ไม่ดีต่ำ และน้อยกว่าพันธุ์แม่ นอกจากนั้นจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมโดยผู้มีประสบการณ์ พบว่า พันธุ์พ่อมีคะแนนความหวานมากกว่าแม่กว่าเท่าตัว และพันธุ์พ่อยังมีคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยกว่าแม่ ผลการทดลองจึงยืนยันได้ว่าในพันธุ์พ่อมีลักษณะคุณภาพของฝักข้าวโพดที่ดี และดีกว่าพันธุ์แม่ซึ่งมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ ส่วนคุณลักษณะที่ดีของแม่ที่มีความต้านทานโรคและแมลงสูง งานทดลองครั้งนี้ไม่ได้ทำการทดสอบโดยตรง แต่จากการสังเกตพบว่าพันธุ์แม่มีตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครบทั้ง 5 ฝัก ในขณะที่พันธุ์พ่อและอีกหลาย ๆ พันธุ์มีตัวอย่างไม่ครบ นอกจากนั้นจากการทดสอบหาสายพันธุ์ต้านทานโรคของบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด โดยวิธีการปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์อ่อนแอและสายพันธุ์ต้านทานอื่น ๆ พบว่าพันธุ์แม่มีความสามารถต้านทานโรคและแมลงได้ดี

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการผสมตัวเองมาถึงรุ่น F7 (S5) จึงถือได้ว่าเป็นพันธุ์แท้ พบว่า ข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิด ปริมาณแป้ง ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด คะแนนความหวาน และคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด มากน้อยไม่เท่ากัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยกับพันธุ์พ่อแม่ พบว่า มีข้าวโพดหวานบางสายพันธุ์แสดงความดีเด่นด้านคุณภาพเหนือพันธุ์พ่อ บางสายพันธุ์มีลักษณะคุณภาพอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และบางสายพันธุ์มีลักษณะด้อยกว่าพันธุ์แม่ซึ่งถือว่ามีลักษณะทางคุณภาพต่ำ สาเหตุที่ข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง เป็นผลมาจากพ่อแม่พันธุ์มีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการค้นหาสายพันธุ์ลูกผสมใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพ (กฤษฎา, 2544) และเมื่อนำผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ มาหาค่าความถี่สะสมพบว่าข้าวโพดหวานพิเศษมีการกระจายตัวแบบปรกติ คือมีจำนวนสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษที่อยู่ระหว่างพ่อและแม่มากกว่าสายพันธุ์ที่ดีกว่าพ่อหรือน้อยกว่าแม่ จะมีเพียงปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสเท่านั้นที่มีการกระจายตัวแบบโค้งเบ้ขวา คือมีจำนวนสายพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสของพ่อมากกว่าของแม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดในข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ พบว่า น้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่คือน้ำตาลซูโครส รองลงมาได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานของ Reyes *et al*. (1982) และ Zhu *et al*. (1992) ที่พบว่า ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *shrunken 2* เช่นเดียวกับพันธุ์พ่อ มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ตามลำดับ และเมื่อนำปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิดมาทดสอบหาความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานโดยวิธีการชิม พบว่า น้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานมากที่สุดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65 ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานกับน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.64 ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสกับคะแนนความหวาน มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ โดยน้ำตาลฟรุกโตสซึ่งมีปริมาณน้อยที่สุดในเมล็ดกลับพบว่ามีความสัมพันธ์กับความหวานมากกว่าน้ำตาลกลูโคสเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากน้ำตาลฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่ให้รสหวานมากกว่าน้ำตาลชนิดอื่น ๆ โดยเมื่อเปรียบเทียบความหวานกับน้ำตาลซูโครส น้ำตาลฟรุกโตสจะให้ความหวานมากกว่าถึง 1.7 เท่า ในขณะที่กลูโคสให้ความหวานเพียง 0.75 เท่า เมื่อเปรียบความหวานกับน้ำตาลซูโครส (DeMan, 1990)

ในอดีตมีงานวิจัยทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความหวานและน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดหวาน เช่น งานทดลองของ Hale *et al*. (2005) และงานทดลองของ Reyes *et al*. (1982) ที่ทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของน้ำตาลกับคะแนนความหวาน โดยงานทดลองของ Reyes *et al*. (1982) พบว่า น้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์กับคะแนนความหวานมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8 ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานกับปริมาณน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.23 และ 0.19 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่มีความสำคัญกับความหวานของข้าวโพดหวานมากที่สุด ในขณะที่น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโตส นอกจากจะมีปริมาณต่ำแล้วยังเป็นสารตัวกลางในการเปลี่ยนจากน้ำตาลซูโครสไปเป็นแป้ง (Schultz *et al.*, 2004) จึงมีความสัมพันธ์กับความหวานของข้าวโพดน้อยที่สุด สำหรับงานทดลองครั้งนี้ทดสอบความหวานด้วยวิธีการชิมโดยนักปรับปรุงพันธุ์ของบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด ที่มีประสบการณ์ในการชิมข้าวโพดหวานเพียงคนเดียวพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานกับน้ำตาลซูโครสที่ได้จากการทดลองครั้งนี้เท่ากับ 0.65 ซึ่งมีค่ามากกว่างานทดลองของ Hale *et al*. (2005) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.56 วิธีการทดสอบด้วยการชิมที่ถูกต้องนั้น ควรใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนหลายคนเพื่อให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือ แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้มีตัวอย่างในการทดสอบจำนวนมากถึง 89 สายพันธุ์ ไม่สามารถจะใช้ผู้ชิมจำนวนหลายคนได้ ในขณะที่งานทดลองของ Hale *et al*. (2005) ทดสอบข้าวโพดหวาน 9 สายพันธุ์ ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 18 คน และงานทดลองของ Reyes *et al*. (1982) ทดสอบข้าวโพดหวานจำนวน 2 สายพันธุ์ ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คน จากงานทดลองทั้งสองทำในข้าวโพดหวานจำนวนน้อยพันธุ์และใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวนหลายคน ดังนั้นในการทดสอบผู้ชิมจึงสามารถแยกรสหวานในข้าวโพดแต่ละพันธุ์ได้ง่ายกว่า และเกิดความสับสนน้อยกว่าการใช้ข้าวโพดจำนวนหลายพันธุ์เช่นในการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าผู้ชิมของบริษัท สวีทซีดส์ จำกัด มีความสามารถในการชิมข้าวโพดหวานสูงและผลการศึกษาครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือได้พอสมควร

ในวิถีของการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งในเมล็ดข้าวโพด เริ่มจากน้ำตาลซูโครสที่เคลื่อนย้ายจากใบมาตามท่ออาหาร เมื่อเข้าสู่เมล็ดน้ำตาลซูโครสส่วนหนึ่งจะถูกเอนไซม์อินเวอร์เทสบริเวณผนังเซลล์เปลี่ยนจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส โดยน้ำตาลจะเข้าสู่เซลล์ทั้งในรูปของน้ำตาลกลูโคส ฟรุกโตส และซูโครสต่อไป โดยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตสนั้นสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาได้ และก่อนที่น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้งน้ำตาลจะต้องอยู่ในรูปของน้ำตาลกลูโคสเท่านั้น เพื่อที่น้ำตาลกลูโคสจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารตัวกลางคือ ADP-Glucose ด้วยเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ก่อนจะถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่แอมิโลพลาสต์เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างแป้งต่อไปดังแสดงในภาพที่ 2 โดยหากพบว่ามีกิจกรรมเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase สูงจะเกิดการสะสมแป้งในเมล็ดข้าวโพดมาก ในขณะที่มีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดลดลง (Schultz *et al.*, 2004) จากการทดลองพบว่า ในพันธุ์แม่ซึ่งมีปริมาณแป้งสูง และมีปริมาณน้ำตาลซูโครสต่ำ คาดว่าจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase สูงสอดคล้องกับวิถีของการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง แต่ในพันธุ์แม่กลับพบว่ามีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสสูงกว่าพันธุ์พ่อ จากผลการทดลองจึงสันนิษฐานว่า เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase เป็นตัวกำหนดความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง แต่เมื่อพิจารณาพันธุ์พ่อ ซึ่งน่าจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ต่ำกว่ากว่าพันธุ์แม่น่าจะมีการสะสมน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสในปริมาณที่สูง แต่กลับพบว่ามีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ต่ำกว่าพันธุ์แม่ นอกจากนั้นในบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงเช่นเดียวกับพันธุ์พ่อ ไม่ได้มีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสต่ำตามพ่อ และในบางสายพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสต่ำเช่นเดียวกับแม่ ก็ไม่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สูงตามแม่ ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพียงตัวเดียวอธิบายปริมาณน้ำตาลชนิดต่าง ๆ และแป้งในเมล็ดข้าวโพดหวานจึงไม่เพียงพอ

การศึกษาวิถีการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งในข้าวโพดหวานของ Sene *et al*. (2000) พบว่าในข้าวโพดหวานพิเศษยีน *shrunken 2* กิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase เกิดความบกพร่องทั้งในไซโตซอล และแอมิโลพลาสต์ ความบกพร่องของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase นี้มีความสำคัญในการเปลี่ยน ATP + Glucose-1-P $\rightleftharpoons$ ADP-glucose + PPi ทำให้ในข้าวโพดหวานพิเศษยีน *shrunken 2* สร้างสาร ADP-glucose ได้น้อยลง ในการทำงานของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ในวิถีการสังเคราะห์แป้งจะได้ pyrophosphate (PPi) ออกมาในระบบ ซึ่ง PPi นี้มีความสามารถยับยั้งการสร้างสาร ADP-glucose ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์แป้งในเมล็ดข้าวโพด โดยจากงานทดลองของ Amir *et al.* (1972) ได้ทดลองให้ PPi ในกระบวนการเปลี่ยน Glucose-1-P ไปเป็น ADP-glucose พบว่า PPi สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ทำให้ Glucose-1-P ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น ADP-glucose ได้ PPi จึงมีผลต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสของข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย ส่วนในบริเวณไซโตซอลยังเกิดการสร้าง PPi ได้จากกิจกรรมของเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylase ที่ทำหน้าที่เปลี่ยน UDP-glucose ไปเป็น Glucose-1-P และในขณะเดียวกันก็สามารถเปลี่ยน Glucose-1-P ไปเป็น UDP-glucose และท้ายที่สุดถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของน้ำตาลซูโครสทำให้เมล็ดสะสมน้ำตาลซูโครสเพิ่มสูงขึ้น (พูนพิภพ, 2552; Sene *et al*., 2000) ดังนั้นหากพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylase สูงจะเกิดการสร้างสาร PPi ในวิถีเพิ่มสูงขึ้น เกิดการยับยั้งการสร้าง ADP-glucose กระตุ้นการสะสมน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นได้ แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylase และ เอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylas ในเมล็ดข้าวโพด พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylase มีปริมาณสูงกว่า เอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylas โดยเฉพาะในข้าวโพดหวานพิเศษยีน *shrunken 2* กิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylas เพียง 15-20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกิจกรรมเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylas ทำให้เมล็ดข้าวโพดสามารถเปลี่ยน Glucose-1-P เพื่อเก็บสะสมในรูปของน้ำตาลซูโครสได้มากขึ้น เมล็ดข้าวโพดจึงสะสมน้ำตาลสูโครสเพิ่มสูงขึ้น (Tsai *et al*., 1970) และได้มีผู้ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ในทิศทางตรงกันข้ามกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์แป้งเปลี่ยน ADP-glucose กลับไปเป็น Glucose-1-Phosphateโดยหากพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylaseในทิศทางตรงกันข้ามกับปฏิกิริยาการสังเคราะห์แป้งนี้มีปริมาณสูง จะเกิดการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สะสมแป้งในเมล็ดข้าวโพดหวานลดลง ในขณะที่เกิดการสะสมน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น (สุกัลยา, 2547)

จากงานทดลองดังกล่าวจึงนำมาอธิบายผลการทดลองในพันธุ์พ่อแม่ได้ว่า ในพันธุ์พ่อซึ่งน่าจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ทั้งในไซโตซอลและแอมิโลพลาสต์ต่ำทำให้เกิดการเปลี่ยนสารตั้งต้น Glucose-1-P ไปเป็น ADP-glucose ได้น้อยในส่วนไซโตซอล และในส่วนแอมิโลพลาสต์ยิ่งน้อยกว่า จึงเกิดสาร PPi ทั้งในบริเวณไซโตซอลต่ำและยิ่งต่ำกว่าในส่วนแอมิโลพลาสต์ นอกจากนั้นในพันธุ์พ่ออาจมีกิจกรรมของเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylase ที่สามารถเปลี่ยน Glucose-1-P ไปเป็น UDP-glucose และสะสมสาร PPi ในไซโตซอลเพิ่มสูงขึ้น โดย PPi ที่เกิดขึ้นในไซโตซอลนั้นมีส่วนยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ทำให้บริเวณไซโตซอลสร้างสาร ADP-glucose ได้ต่ำลงไปอีก ในขณะเดียวกันเกิดการสร้างน้ำตาลซูโครสเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ในพันธุ์พ่อมีปริมาณน้ำตาลซูโครสสูง ในขณะที่มีปริมาณแป้ง ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตสต่ำ ในขณะที่พันธุ์แม่มีกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase สูงทั้งในส่วนไซโตซอล และในส่วนแอมิโลพลาสต์ เกิดการสังเคราะห์แป้งในเมล็ดสูงรวมถึงมีปริมาณ PPi ในวิถีสูงเช่นเดียวกัน โดย PPi ที่เกิดขึ้นสามารถควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ได้ในระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากคาดว่าในพันธุ์แม่น่าจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ในระดับสูง PPi ที่ได้จากกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase และ UDP-glucose pyrophosphorylase จึงไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase ได้ ในพันธุ์แม่จึงยังสามารถเปลี่ยน Glucose-1-P ไปเป็น ADP-glucose ได้สูงทำให้ Glucose-1-P ในวิถีลดต่ำลง ส่งผลให้มีสารตั้งต้นในกระบวนการเปลี่ยน Glucose-1-P ไปเป็นน้ำตาลซูโครสน้อย เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ UDP-glucose pyrophosphorylase ต่ำ สร้าง PPi ในวิถีได้น้อย ดังนั้นในพันธุ์แม่จึงยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ ADP-glucose pyrophosphorylase เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แป้งต่อไป จึงทำให้ในพันธุ์แม่มีปริมาณน้ำตาลซูโครสต่ำ ในขณะเดียวกันมีปริมาณแป้งในเมล็ด ปริมาณน้ำตาลกลูโคส และ ฟรุกโตสสูงกว่าพันธุ์พ่อ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของข้าวโพดหวานทั้ง 89 สายพันธุ์ มีข้าวโพดหวานบางสายพันธุ์มีความดีเด่นเหนือกว่าพันธุ์พ่อ บางสายพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดหรือปริมาณน้ำตาลซูโครสมากกว่าพ่อ บางพันธุ์มีคะแนนความหวานมากกว่าพ่อ บางพันธุ์มีปริมาณแป้ง ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดน้อยกว่าพ่อ แต่ไม่พบว่ามีข้าวโพดหวานพิเศษสายพันธุ์ใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดีกว่าพ่อทุกประการ แต่เมื่อพิจารณาสายพันธุ์มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์พ่อ และมีคะแนนความหนาเปลือกน้อยกว่าพันธุ์พ่อ อีกทั้งเป็นสายพันธุ์ที่อยู่ในลำดับต้น ๆ เสมอ ได้แก่ รหัสสายพันธุ์ RA0036 RA0075 RA0084 RA0006 และ RA0042 (สายพันธุ์หมายเลข 3 32 47 65 และ 80) จึงเป็นพันธุ์ที่น่าสนใจ แต่ในการทดลองครั้งนี้ทดสอบเพียงลักษณะทางคุณภาพของฝักข้าวโพดเท่านั้นไม่ได้ศึกษาถึงคุณลักษณะประการอื่น เช่นความสามารถในการต้านทานโรคและแมลงซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกัน ดังนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะอื่น ๆ ของข้าวโพดหวานพิเศษระหว่างการเจริญเติบโตด้วย

ในข้าวโพดหวานสายพันธุ์หนึ่ง ๆ อาจมีระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน สำหรับในการทดลองครั้งนี้เก็บเกี่ยวที่ 20 วันหลังการผสมเกสร แต่เนื่องจากในข้าวโพดจะมีการสะสมน้ำตาลในเมล็ดตั้งแต่ได้รับการผสมเกสร และเมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งน้ำตาลที่สะสมสูงสุดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้ง (Kumar, 1981) ดังนั้นในข้าวโพดหวานยีนเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์อาจมีระยะความบริบูรณ์ (mature) ที่ไม่เท่ากัน โดยมีความสามารถในการสะสมน้ำตาลได้ไม่เท่ากัน ในบางพันธุ์สามารถสะสมน้ำตาลได้ปริมาณมากตั้งแต่ 14 วันหลังการผสมเกสร ในขณะที่บางสายพันธุ์อาจต้องใช้เวลามากกว่านั้น (Hale *et al.*, 2005) ดังนั้นสำหรับการทดลองนี้สายพันธุ์อื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกคัดเลือกออกมาหากเก็บเกี่ยวที่ระยะอื่นอาจมีปริมาณน้ำตาลสูงก็เป็นได้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดพบว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวกไม่สูงนักและมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียง 0.36 จึงไม่สามารถชี้ชัดลงไปได้ว่าการใช้เครื่องมือวัดความหนาหรือการชิมความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีประสิทธิภาพในการตัดสินความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ เนื่องจากในการชิมเปลือกหุ้มเมล็ดนั้นความรู้สึกหนาที่สัมผัสได้เกิดจากความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด ทำให้เมื่อใช้เวลาเท่ากันในการเคี้ยวชิมเปลือกหุ้มเมล็ด เปลือกหุ้มเมล็ดที่เหนียวจะถูกบดสลายได้ยากกว่าเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีความบางกว่าแม้ว่าใช้เปลือกหุ้มเมล็ดที่มีปริมาณเท่ากันก็ตาม

ด้านความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความหวานและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงลบนั้น หมายความว่าในเมล็ดข้าวโพดหวานที่มีคะแนนความหวานสูง หรือมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดสูงจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง อาจเนื่องมาจากเมล็ดของพันธุ์เหล่านั้นมีการพัฒนาเปลือกหุ้มเมล็ดช้ากว่าพันธุ์อื่น ๆ เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวเดียวกันที่ 20 วันหลังการผสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกสร จึงมีความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดต่ำ ในขณะที่เมล็ดสะสมน้ำตาลสูงและยังไม่เปลี่ยนไปเป็นแป้ง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Brech *et al*. (1990) ที่ทดสอบหาปริมาณน้ำตาล และปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดในข้าวโพดหวานยีน *shrunken 2* สายพันธุ์ต่าง ๆ พบว่า ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดมีความเชื่อมโยงกับปริมาณน้ำตาลในเมล็ด โดยในเมล็ดที่มีปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดต่ำจะมีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูง และพบได้ทั้งสองฤดูปลูก สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีประเด็นที่น่าสนใจอีกประเด็นคือ คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหวานสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.78 ซึ่งในอดีตไม่พบว่ามีผู้ทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับคะแนนความหวาน มีเพียงงานบางส่วนของ คัมภีร์ ในปี 2545 ที่ทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกับความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดที่ได้จากการวัด พบว่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ และ Azanza *et al*. (1996b) พบว่า ปริมาณน้ำตาลซูโครสในเมล็ดไม่มีความสัมพันธ์กับแรงเจาะทะลุเปลือกหุ้มเมล็ด สำหรับทดลองครั้งนี้ที่พบว่าคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับคะแนนความหวานสูง ส่วนหนึ่งอาจเป็นเหตุผลมาจากพันธุกรรมของข้าวโพด ที่มีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ดีจากพ่อ ทำให้การพัฒนาของเปลือกหุ้มเมล็ดไม่เท่ากัน นอกจากนั้นการใช้วิธีการชิมยังมีองค์ประกอบอื่นร่วมด้วย เช่นปริมาณแป้งภายในเมล็ด โดยหากบริเวณใกล้เปลือกหุ้มเมล็ดมีแป้งมาเกาะมาก วิธีการชิมจะไม่สามารถแยกแยะระหว่างความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดและปริมาณแป้งได้ อาจก่อให้เกิดความรู้สึกว่าเปลือกหุ้มเมล็ดนั้นหนา ต่างจากการวัดด้วยวิธีการใช้เครื่องมือที่สามารถกำจัดองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่เปลือกหุ้มเมล็ดออกไปให้ได้มากที่สุดก่อนการวัด

นอกจากนั้นความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดที่แตกต่างกัน เกิดจากการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดจากพันธุ์พ่อแม่มาสู่รุ่นลูก ในงานทดลองของ Helm and Zuber (1972) พบว่า ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสามารถในการถ่ายทอดทางลักษณะได้สูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จึงอาจเป็นไปได้ที่ความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดจะแสดงออกไปในทิศทางเดียวกับการแสดงออกของปริมาณน้ำตาล เป็นผลเนื่องมาจากการแสดงออกของยีนทั้งสองถูกถ่ายทอดจากพ่อแม่ได้พร้อม ๆ กัน เนื่องจากมีตำแหน่งของยีนที่ใกล้กัน

ด้านผลจากการวิเคราะห์ปริมาณแป้งในเมล็ดพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับน้ำตาลทุกชนิด อธิบายได้ว่า เมื่อเมล็ดข้าวโพดมีปริมาณแป้งเพิ่มสูงขึ้นระดับน้ำตาลในเมล็ดลดลงเนื่องจากน้ำตาลถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้ง สอดคล้องกับคะแนนความหวานที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณแป้ง เนื่องจากในข้าวโพดหวาน น้ำตาลสามารถเปลี่ยนเป็นแป้งได้ตลอดเวลาตั้งแต่อยู่บนต้น และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเวลาผ่านไปข้าวโพดหวานจะสะสมน้ำตาลในเมล็ดลดลง ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งเพิ่มสูงขึ้น

อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความหวานและปริมาณน้ำตาลที่วิเคราะห์ได้จากการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูงสุดและต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ทางเคมีมีความแตกต่างกันประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วิธีการชิมความหวานคะแนนที่ได้มีความแตกต่างกันสูงถึง 150 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากในการชิมแต่ละครั้งผู้ชิมจะสามารถรับรู้ถึงทั้งรสของน้ำตาลและแป้งซึ่งองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ก่อให้เกิดรสชาติที่มีความแตกต่างกันออกไป ความหวานที่ผู้ชิมสัมผัสจึงสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายระดับ แตกต่างจากวิธีการวัดปริมาณน้ำตาลโดยการสกัดออกมาจากเมล็ดซึ่งตรวจวัดได้เฉพาะน้ำตาลเท่านั้นทำให้แยกแยะความแตกต่างกันได้ไม่มากนัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

1. ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีมากที่สุดในเมล็ดข้าวโพดหวานพิเศษ คิดเป็น 86 เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด รองลงมาได้แก่ น้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส ตามลำดับ ปริมาณแป้งในเมล็ดข้าวโพดหวานเฉลี่ย 52 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์

2. ปริมาณน้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับคะแนนความหวานที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีการชิมมากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65

3. ปริมาณแป้งในเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณน้ำตาลทุกชนิดและคะแนนความหวานที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีการชิม

4. ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดและคะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.36

5. การทดสอบด้วยประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิมระหว่างความหนาเปลือกหุ้มเมล็ดกับความหวานมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้ามโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.78

6. ข้าวโพดหวานพิเศษจำนวน 19 สายพันธุ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ดสูงกว่าพันธุ์พ่อ ข้าวโพดหวานพิเศษ 10 สายพันธุ์ มีคะแนนความหนาเปลือกน้อยกว่าพันธุ์พ่อ และข้าวโพดหวานพิเศษที่มีคุณภาพฝักดีกว่าพันธุ์พ่อ ได้แก่ ข้าวโพดหวานพิเศษรหัสสายพันธุ์ RA0036 (สายพันธุ์หมายเลข 3) RA0075 (สายพันธุ์หมายเลข 32) RA0084 (สายพันธุ์หมายเลข 47) RA0006 (สายพันธุ์หมายเลข 65) และ RA0042 (สายพันธุ์หมายเลข 80)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. **ปรับปรุงพันธุ์: ความหลากหลายของแนวคิด**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2521. **เทคโนโลยีของน้ำตาล**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คัมภีร์ พรหมบุตร. 2545. **การเปรียบเทียบลักษณะโดยรวมของลูกผสมข้าวโพดหวาน (sh_2) ที่ได้จากการผสมระหว่างสายพันธุ์ ที่มาจากกลุ่มพันธุ์กรรมที่คล้ายกันแต่ต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เอกทรรศนาวรรณ. 2551. **พันธุ์ข้าวโพดหวานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 54(1): 17-37.

ตรึงตา บัวสระแก้ว. 2532. **ความสัมพันธ์ของการวัดความอ่อนนุ่มของเมล็ดสดข้าวโพดโดยใช้การกัดและการใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน: การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พูนพิภพ เกษมทรัพย์. 2552. **ชีววิทยา 2.** พิมพ์ครั้งที่ 3. โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา, กรุงเทพฯ

ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรรณี เดชกำแหง. 2530. **เคมีอาหารเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร, กรุงเทพฯ.

สุกัลยา ภู่ทอง. 2547. **การยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดหวานโดยการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. **ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวโพดปี 2541-2552**. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/index_question.php?wcad=1&t=&filename=webboard, 20 มีนาคม 2552.

วิเชียร กีรตินิจกาล. 2538. การปรับปรุงความอ่อนนุ่มในข้าวโพดหวานโดยวิธีการคัดเลือก 2 วิธี, น. 138-143. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 (สาขาพืช)**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณี ชอบพัฒนา. 2537. **ผลของพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว และระยะเวลาในการลวกต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานแช่แข็ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รังสินี โสธรวิทย์. 2550. **เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. 2535. **อิทธิพลของความร้อนในกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณน้ำตาล สี และเนื้อสัมผัสของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่าง ๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ราเชนทร์ ถิรพร. 2539. **ข้าวโพด: การผลิต การใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์ปัญหา และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร**. บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ละอองวรรณ เหมจินดา. 2530**. ผลของพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยวและปริมาณแป้งต่อคุณภาพของข้าวโพดกระป๋อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรัตน์ มงคลพร. 2548**. เครื่องหมายโมเลกุลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช**. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

โอรส รักชาติ. 2548**. สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของสตาร์ชจากพืชหัวในสกุล Dioscorea บางชนิดที่พบในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก**,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Amir, J. and J.H. Cherry. 1972. Purification and Properties of Adenosine Diphophoglucose Pyrophosphorylase from Sweet Corn. **Plant Physiol**. 49: 893-897.

Andrew, R.H., R.A Brink and N.P. Neal. 1944. Some Effect of the Waxy and Sugary Gene on Endosperm Development in Maize, น. 4-7. *ใน* รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย, ผู้รวบรวม. **อิทธิพลของความร้อนในกระบวนการแปรรูปต่อปริมาณน้ำตาล สี และเนื้อสัมผัส ของข้าวโพดหวานพันธุ์ต่าง ๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Azanza F., B.P. Klein and J.A. Juvik. 1996a. Sensory Characterization of Sweet Corn Lines Differing in Physical and Chemical Composition. **J. Food. Sci**. 61: 253-257.

———. ——— and A.B. Zur. 1996b. Variation in Sweet Corn Kernel Characteristics Associated with Stand Establishment and Eating Quality. **Euphytica**. 87: 7-18.

Bailey, D.M and R.M. Bailey. 1938. The Relation of Pericarp to Tenderness in Sweet corn. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci**. 36: 555-559

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Brecht, J.K., S.A. Sargent and R.S. Tervola. 1990. Postharvest Quality of Supersweet (sh_2) Sweet Corn Cultivars. **Proc. Fla. State. Hort. Soc**. 103: 283-288.

Coe, E.H.Jr., M.G. Neuffer and D.A. Hoisington. 1988. The Genetics of Corn. pp.81-258. *In* G.F.Spargue and J.W. Dudly, eds. Corn and Corn Improvement. 3rd. **Amer. Soc. of Amer**. Maddison

Culpepper, C.W. and C.A.Magoon. 1927. A Study of The Factor Determination Quality in Sweet Corn, pp. 313-317. *In* T.A. Hale., R.L. Hassell ,T. Phillips and E. Halpin eds. Taste Panel Perception of Sweetness and Sweetness Acceptability Compared to High Pressure Liquid Chromatography Analysis of Sucrose and Total Sugars among Three Phenotype (*su, se* and sh_2) at Varying Maturities of Fresh Sweet Corn. **HortTechnology**. 15: 313-317.

DeMan, J.M. 1990. Principle of Food Chemistry. *ใน* นิธิยา รัตนาปนนท์, ผู้รวบรวม. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเอส พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

Doehlert, D.C., T.M. Kuo, J.A. Juvik., E.P. Beers and S.H. Duke. 1993. Characteristic of Carbohydrate Metabolism in Sweet Corn (*sugary*-1) Endosperms**. J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 118: 661-666.

Feng, Z.L., J. Liu, F.L. Fu and W.C. Li. 2008. Molecular Mwchanism of Sweet and Waxy in Maize. Int.J.Plant Breed. Genet. 2(2): 93-100.

Garwood, D.L., F.J. McArdle, S.F. Vanderslice and J.C. Shannon. 1976. Postharvest Carbohydrate Transformation and Processed Quality of High Sugar Maize Genotypes. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 101: 400-404.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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 sci**. 42: 355-359.

Hale, T.A., R.L. Hassell ,T. Phillips and E. Halpin. 2005. Taste Panel Perception of Sweetness and Sweetness Acceptability Compared to High Pressure Liquid Chromatography Analysis of Sucrose and Total Sugars among Three Phenotype (*su, se* and sh_2) at Varying Maturities of Fresh Sweet Corn. **HortTechnology**. 15: 313-317.

Hallauer, A. R. 2001. **Speciatly Corn**. 2nd ed. CRC PressLLc, Boca Raton.

Helm, J.L. and M.S. Zuber. 1972. Inheritance of Pericarp Thickness in Corn Belt Maize. **Crop sci.** 12: 428-430.

Kumar, R. and R. Singh. 1981. Free Sugar and Their Relationship with Size and Starch Content in Developing Wheat Grains. **J. Sci. Fod. Agr**. 32: 229-234.

Marshall, W.S and W.F. Tracy. 2003. Sweet Corn, pp. 537-565. *In* P.J. White and L.A. Johnson, eds. **Corn Chemistry and Technology**. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, USA.

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. **J. Food. Sci**. 47: 753-755.

Sene, M., C. Thevenot and J. Prioul. 1997. Simultaneous Spectrophotometric Determination of Amylose and Amylopectin in Starch from Maize Kernel by Multi-wavelength Analysis. **J. Cereal. Sci**. 26: 211-221.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

———— ., ————., ————., M.Causse and C. Damerval. 2000. Qualitative Trait Loci Affecting Amylose, Amylopectin and Starch Content in Maize Recombination Inbred Lines. **Plant. Physiol. Bioch**. 38: 459-472.

Schultz, J. A. and J.A. Juvik. 2004. Current Models for Starch Synthesis and the *sugary enhancer 1 (se1)* Mutation in *Zea mays* . **Plant. Physiol. Bioch**. 42: 457-464.

————. 1997. History, Genetics, and Breeding of Supersweet (*shrunken2*) Sweet corn. **Plant Breeding Reviews**. 14: 189-236.

————. 2001. Sweet corn, pp. 155-197. *In* A.R. Hallauer, ed. **Speciatly Corn**. 2nd ed. CRC PressLLc, Boca Raton.

Tsai, C.Y, F. Salamini and O. E. Nelson. 1970. Enzymes of Carbohydrate Metabolism in the Developing Endosperm of Maize. **Plant Physio**. 46: 299-306.

Zeeman, S.C., T. Umemoto, W.L. Lue, P. AU-Yeung. C. Martin, A.M. Smith and J. Chen. 1998. A Mutant of *Arbidopsis* Lacking A Chloroplasic Isoamylase Accumulates Both Starch and Phytologycogen. **Plant Cell**. 10: 1699-1711.

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าความน่าจะเป็น (*P*-value) ขององค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดหวานพิเศษทั้ง 89 สายพันธุ์

	ค่าเฉลี่ย	*P*-value
คะแนนความหวาน	3.26	<0.01
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)	52.84	<0.01
ปริมาณน้ำตาลซูโครส (mg/gFW)	45.71	<0.01
ปริมาณน้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)	4.37	<0.01
ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)	2.76	<0.01
ปริมาณแป้งหมดในเมล็ด (%)	5.79	<0.01
ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)	2.54	<0.05
คะแนนความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	2.79	<0.01

P-value > 0.05 = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสของข้าวโพดหวานพิเศษ 112 สายพันธุ์

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\overline{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\overline{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\overline{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\overline{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
1	RA0041	42.3	37.6	46.3	42.1	4.4	3.4	3.4	3.7	3.5	0.2	2.4	2.0	2.8	2.4	0.4	48.1	43.0	52.8	48.0	4.9
2	RA0109	44.2	39.7	44.6	42.8	2.7	4.3	4.1	4.5	4.3	0.2	3.0	2.9	3.8	3.2	0.5	51.5	46.7	52.9	50.4	3.2
-	RA0030	56.3	58.2	-	57.3	1.3	5.3	4.8	-	5.1	0.4	3.3	2.9	-	3.1	0.3	64.9	65.9	-	65.4	0.7
3	RA0036	57.2	49.0	58.4	54.9	5.1	5.7	3.3	3.5	4.2	1.3	3.3	2.2	2.5	2.7	0.6	66.2	54.5	64.3	61.7	6.3
4	RA0019	50.7	50.0	57.2	52.6	3.9	4.5	3.7	4.5	4.3	0.5	3.1	2.3	2.8	2.7	0.4	58.3	56.0	64.5	59.6	4.4
5	RA0087	49.3	54.3	53.0	52.2	2.6	4.3	4.4	4.2	4.3	0.1	2.9	2.8	3.3	3.0	0.2	56.5	61.5	60.5	59.5	2.6
6	RA0008	44.7	39.1	45.4	43.1	3.5	5.5	5.2	4.4	5.0	0.6	2.8	2.9	2.5	2.7	0.2	53.0	47.2	52.3	50.8	3.2
7	RA0111	38.4	37.1	41.7	39.1	2.4	4.2	3.5	3.0	3.6	0.6	2.3	1.9	1.9	2.0	0.2	44.9	42.5	46.6	44.7	2.1
-	RA0082	52.2	45.7	-	49.0	4.6	5.2	4.3	-	4.8	0.6	2.8	2.2	-	2.5	0.4	60.2	52.2	-	56.2	5.7
8	RA0026	51.0	56.9	49.8	52.6	3.8	3.5	3.7	2.4	3.2	0.7	2.1	1.8	1.4	1.8	0.4	56.6	62.4	53.6	57.5	4.5
-	RA0125	59.1	51.7	-	55.4	5.2	5.4	4.1	-	4.8	0.9	3.3	2.6	-	3.0	0.5	67.8	58.4	-	63.1	6.7

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
9	RA0060	41.3	39.7	43.1	41.4	1.7	3.5	2.9	3.1	3.2	0.3	2.3	1.7	1.9	2.0	0.3	47.1	44.3	48.0	46.5	1.9
10	RA0050	47.1	40.6	49.9	45.9	4.8	4.2	3.6	4.5	4.1	0.5	2.5	2.4	3.3	2.7	0.5	53.8	46.6	57.7	52.7	5.6
-	RA0132	48.6	39.7	-	44.2	6.3	4.2	3.6	-	3.9	0.4	2.5	2.1	-	2.3	0.3	55.3	45.4	-	50.4	7.0
-	RA0058	43.6	43.7	-	43.7	0.1	4.0	3.5	-	3.8	0.4	2.7	2.4	-	2.6	0.2	50.3	49.6	-	50.0	0.5
-	RA0085	32.3	38.3	-	35.3	4.2	3.3	3.0	-	3.2	0.2	2.4	1.8	-	2.1	0.4	38.0	43.1	-	40.6	3.6
-	RA0135	43.2	41.7	-	42.5	1.1	4.9	3.9	-	4.4	0.7	3.1	2.8	-	3.0	0.2	51.2	48.4	-	49.8	2.0
11	RA0002	43.1	43.7	43.4	43.4	0.3	4.0	3.3	2.6	3.3	0.7	2.4	2.2	1.8	2.1	0.3	49.5	49.2	47.8	48.9	0.9
12	RA0088	45.6	55.2	52.8	51.2	5.0	4.9	5.6	4.8	5.1	0.5	2.6	3.2	3.1	3.0	0.3	53.1	64.0	60.7	59.3	5.6
13	RA0033	43.0	42.5	48.6	44.7	3.4	5.2	4.3	3.9	4.5	0.7	3.1	2.6	2.4	2.7	0.4	51.3	49.4	54.9	51.9	2.8
14	RA0044	38.0	37.3	40.0	38.4	1.4	5.8	4.4	4.9	5.0	0.7	3.2	2.4	2.9	2.8	0.4	47.0	44.1	47.8	46.3	1.9
15	RA0129	43.7	50.1	66.6	53.5	11.8	4.1	3.5	7.2	4.9	2.0	2.4	1.8	4.7	3.0	1.5	50.2	55.4	78.4	61.3	15.0

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
16	RA0064	41.3	41.8	45.4	42.8	2.2	2.8	4.2	2.8	3.3	0.8	1.8	2.9	2.1	2.3	0.6	45.9	48.9	50.3	48.4	2.2
17	RA0012	47.2	35.9	36.8	40.0	6.3	3.6	2.1	2.3	2.7	0.8	2.3	1.6	1.5	1.8	0.4	53.1	39.6	40.7	44.5	7.5
18	RA0067	47.9	47.7	52.2	49.3	2.5	5.0	5.6	4.1	4.9	0.8	2.7	3.0	3.1	2.9	0.2	55.6	56.3	59.4	57.1	2.0
-	RA0051	41.3	43.0	-	42.2	1.2	4.1	4.9	-	4.5	0.6	2.1	3.5	-	2.8	1.0	47.5	51.4	-	49.5	2.8
19	RA0054	47.3	49.3	44.6	47.1	2.4	5.2	4.5	4.0	4.6	0.6	2.2	2.2	2.6	2.3	0.2	54.7	56.0	51.2	54.0	2.5
20	RA0023	38.6	38.2	41.6	39.5	1.9	3.6	2.8	3.0	3.1	0.4	2.1	1.5	2.1	1.9	0.3	44.3	42.5	46.7	44.5	2.1
21	RA0097	46.2	44.2	56.2	48.9	6.4	4.4	3.7	4.1	4.1	0.4	2.5	2.2	3.1	2.6	0.5	53.1	50.1	63.4	55.5	7.0
22	RA0021	50.5	49.2	48.9	49.5	0.9	4.1	4.6	3.9	4.2	0.4	2.3	2.2	2.5	2.3	0.2	56.9	56.0	55.3	56.1	0.8
-	RA0043	65.8	46.0	-	55.9	14.0	2.9	2.5	-	2.7	0.3	1.7	1.4	-	1.6	0.2	70.4	49.9	-	60.2	14.5
23	RA0077	43.9	53.5	63.1	53.5	9.6	3.4	3.7	4.3	3.8	0.5	1.7	2.6	3.2	2.5	0.8	49.0	59.8	70.6	59.8	10.8
24	RA0066	46.9	46.2	45.5	46.2	0.7	4.2	4.8	3.9	4.3	0.5	2.3	3.6	2.9	2.9	0.7	53.4	54.6	52.3	53.4	1.2

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
25	RA0045	40.2	43.6	53.7	45.8	7.0	3.9	4.1	3.9	4.0	0.1	2.4	2.4	3.0	2.6	0.4	46.5	50.1	60.6	52.4	7.3
26	RA0024	43.9	46.2	50.8	47.0	3.5	3.9	4.0	3.7	3.9	0.2	1.7	1.9	2.6	2.1	0.5	49.5	52.1	57.1	52.9	3.9
27	RA0126	43.4	51.0	48.9	47.8	3.9	4.3	4.7	4.3	4.4	0.2	2.2	2.4	3.0	2.6	0.4	49.9	58.1	56.3	54.8	4.3
-	RA0046	49.3	46.8	-	48.1	1.8	3.2	4.8	-	4.0	1.1	2.0	2.6	-	2.3	0.4	54.5	54.2	-	54.4	0.2
28	RA0095	40.3	45.8	42.8	43.0	2.8	5.0	5.9	4.3	5.1	0.8	2.2	3.0	2.8	2.7	0.4	47.5	54.7	49.9	50.7	3.7
-	RA0083	49.6	52.1	-	50.9	1.8	4.6	5.1	-	4.9	0.4	2.3	2.9	-	2.6	0.4	56.5	60.1	-	58.3	2.6
29	RA0130	51.5	60.3	63.3	58.4	6.1	3.1	3.2	2.8	3.0	0.2	1.9	2.1	1.8	1.9	0.1	56.5	65.6	67.8	63.3	6.0
30	RA0059	42.9	45.0	53.6	47.2	5.7	5.3	5.1	5.3	5.2	0.1	2.9	2.7	3.7	3.1	0.5	51.1	52.8	62.6	55.5	6.2
31	RA0031	47.2	46.6	46.8	46.9	0.3	4.8	3.7	3.9	4.1	0.6	2.3	2.3	2.9	2.5	0.3	54.3	52.6	53.5	53.5	0.9
32	RA0075	50.7	52.1	62.6	55.1	6.5	5.7	4.9	4.8	5.1	0.5	3.0	3.0	3.5	3.2	0.3	59.4	60.0	70.9	63.4	6.5
33	RA0114	41.5	44.0	54.7	46.7	7.0	4.6	5.5	6.1	5.4	0.7	2.2	3.5	4.6	3.4	1.2	48.3	53.0	65.4	55.6	8.8

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
34	RA0127	33.4	46.3	38.8	39.5	6.5	3.8	3.5	4.6	4.0	0.6	1.7	1.6	2.5	1.9	0.5	38.9	51.4	45.9	45.4	6.3
35	RA0001	37.4	40.6	46.9	41.6	4.8	3.2	2.7	2.9	2.9	0.3	1.4	2.0	1.8	1.7	0.3	42.0	45.3	51.5	46.3	4.8
36	RA0119	56.1	53.0	49.9	53.0	3.1	4.2	3.1	3.1	3.5	0.6	2.0	1.9	1.9	1.9	0.1	62.3	58.0	54.8	58.4	3.8
37	RA0052	47.2	43.5	50.2	47.0	3.3	4.9	4.4	3.8	4.4	0.6	2.4	2.2	2.5	2.4	0.2	54.5	50.1	56.5	53.7	3.3
38	RA0115	49.4	52.3	54.6	52.1	2.6	5.1	4.4	4.9	4.8	0.4	2.5	3.3	3.9	3.3	0.7	57.0	60.0	63.5	60.2	3.3
39	hA9104	40.1	41.1	43.9	41.7	2.0	5.0	5.1	4.9	5.0	0.1	2.3	3.2	3.5	3.0	0.6	47.4	49.4	52.3	49.7	2.4
40	RA0094	45.6	40.9	50.5	45.7	4.8	4.7	4.2	4.3	4.4	0.3	2.4	2.5	3.7	2.9	0.7	52.7	47.6	58.6	53.0	5.5
41	RA0049	36.8	36.2	43.8	38.9	4.2	4.5	3.0	3.7	3.7	0.8	2.3	2.3	2.8	2.5	0.3	43.6	41.5	50.3	45.1	4.6
-	RA0022	45.6	48.7	-	47.2	2.2	4.1	3.8	-	4.0	0.2	1.7	1.9	-	1.8	0.1	51.4	54.4	-	52.9	2.1
42	RA0037	48.9	54.3	52.1	51.8	2.7	3.5	3.8	3.6	3.6	0.2	2.1	1.9	2.3	2.1	0.2	54.5	60.0	57.9	57.5	2.8
43	RA0089	39.7	49.8	45.0	44.8	5.1	4.4	3.1	3.6	3.7	0.7	2.5	2.0	2.7	2.4	0.4	46.6	54.9	51.3	50.9	4.2

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
44	RA0053	49.8	44.0	50.5	48.1	3.6	4.1	4.0	4.2	4.1	0.1	2.7	2.5	3.1	2.8	0.3	56.6	50.5	57.8	55.0	3.9
-	RA0099	32.3	43.5	-	37.9	7.9	2.8	3.4	-	3.1	0.4	1.4	1.9	-	1.7	0.4	36.5	48.8	-	42.7	8.7
45	RA0118	47.3	46.3	49.7	47.8	1.7	5.0	4.7	5.4	5.0	0.4	3.0	2.8	4.4	3.4	0.9	55.3	53.8	59.5	56.2	2.9
46	RA0029	47.7	39.1	49.4	45.4	5.5	4.7	3.4	3.0	3.7	0.9	3.0	2.0	2.3	2.4	0.5	55.4	44.5	54.6	51.5	6.1
47	RA0084	54.4	50.2	63.8	56.2	7.0	5.6	5.5	5.5	5.5	0.1	3.4	3.2	4.1	3.6	0.5	63.4	58.9	73.4	65.2	7.4
48	RA0073	40.7	37.4	44.7	40.9	3.7	4.7	4.5	5.5	4.9	0.5	2.8	2.6	3.6	3.0	0.5	48.2	44.5	53.8	48.8	4.7
-	RA0032	39.4	-	41.4	40.4	1.4	4.3	-	3.6	4.0	0.5	2.0	-	2.5	2.3	0.4	45.7	-	47.5	46.6	1.3
49	RA0092	40.9	44.4	50.9	45.4	5.1	4.1	3.9	4.4	4.1	0.3	2.2	2.2	3.2	2.5	0.6	47.2	50.5	58.4	52.0	5.8
50	RA0131	45.3	41.0	46.5	44.3	2.9	3.8	3.8	3.5	3.7	0.2	1.6	2.4	2.7	2.2	0.6	50.7	47.2	52.8	50.2	2.8
51	RA0121	46.6	45.8	47.5	46.6	0.8	5.1	4.3	5.1	4.8	0.5	2.6	2.8	3.3	2.9	0.4	54.3	52.9	55.9	54.4	1.5
52	RA0018	46.5	51.6	60.3	52.8	7.0	6.4	6.4	6.5	6.4	0.1	3.5	4.2	5.0	4.2	0.7	56.4	62.2	71.8	63.5	7.8

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
-	RA0061	49.2	49.2	-	49.2	0.0	3.8	3.5	-	3.7	0.2	1.3	1.7	-	1.5	0.3	54.3	54.4	-	54.4	0.1
53	hA9035	54.2	48.3	51.1	51.2	3.0	4.4	3.3	3.6	3.8	0.6	2.1	2.2	2.5	2.3	0.2	60.7	53.8	57.2	57.3	3.5
54	RA0110	43.5	38.7	42.5	41.6	2.5	4.5	4.1	4.5	4.4	0.2	2.7	2.3	2.3	2.4	0.2	50.7	45.1	49.2	48.3	2.9
55	RA0027	49.2	49.7	52.0	50.3	1.5	4.0	4.7	4.0	4.2	0.4	2.3	2.9	2.7	2.6	0.3	55.5	57.3	58.7	57.2	1.6
56	RA0106	43.0	37.4	46.5	42.3	4.6	3.6	3.3	3.9	3.6	0.3	1.9	1.9	2.7	2.2	0.4	48.5	42.6	53.1	48.1	5.2
-	RA0028	42.3	36.5	-	39.4	4.1	3.7	4.4	-	4.1	0.5	2.1	2.6	-	2.4	0.4	48.1	43.5	-	45.8	3.3
57	RA0062	56.6	59.2	57.9	57.9	1.3	4.0	4.4	4.8	4.4	0.4	2.3	2.7	3.2	2.7	0.5	62.9	66.3	65.9	65.0	1.9
58	RA0133	44.6	48.5	51.2	48.1	3.3	4.0	3.1	3.5	3.5	0.5	2.6	1.9	2.3	2.3	0.4	51.2	53.5	57.0	53.9	2.9
59	RA0134	37.1	44.1	48.3	43.2	5.7	3.9	4.2	3.8	4.0	0.2	1.7	2.4	2.6	2.2	0.5	42.7	50.7	54.7	49.4	6.1
60	RA0086	40.5	35.8	37.9	38.1	2.4	7.5	7.0	5.9	6.8	0.8	4.5	4.0	3.7	4.1	0.4	52.5	46.8	47.5	48.9	3.1
-	RA0116	57.4	54.7	-	56.1	1.9	3.0	5.0	-	4.0	1.4	1.7	2.9	-	2.3	0.9	62.1	62.6	-	62.4	0.4

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
61	RA0009	29.7	38.0	26.6	31.5	5.9	3.8	4.0	4.5	4.1	0.4	2.5	2.5	2.6	2.5	0.1	36.0	44.5	33.8	38.1	5.7
62	RA0040	49.2	46.0	49.8	48.3	2.0	3.7	4.7	4.2	4.2	0.5	2.2	2.7	3.1	2.7	0.4	55.1	53.4	57.1	55.2	1.9
63	RA0003	37.4	34.1	34.4	35.3	1.8	3.8	3.2	3.2	3.4	0.3	2.4	2.0	2.1	2.2	0.2	43.6	39.3	39.7	40.9	2.4
64	RA0071	57.3	51.6	51.7	53.5	3.3	5.1	4.3	5.3	4.9	0.5	2.6	2.4	3.0	2.7	0.3	65.0	58.3	60.0	61.1	3.5
65	RA0006	60.4	50.8	67.3	59.5	8.3	5.2	4.2	3.7	4.4	0.8	3.0	2.2	2.7	2.6	0.4	68.6	57.2	73.7	66.5	8.5
66	RA0113	41.6	37.1	41.7	40.2	2.6	5.3	5.5	4.5	5.1	0.5	2.9	3.2	3.1	3.1	0.2	49.8	45.8	49.3	48.3	2.2
67	RA0080	44.0	43.0	47.6	44.9	2.4	3.4	4.8	4.0	4.1	0.7	2.5	3.2	3.0	2.9	0.4	49.9	51.0	54.5	51.8	2.4
68	RA0017	39.8	24.3	35.5	33.2	8.0	5.8	4.0	4.7	4.8	0.9	3.4	2.7	4.0	3.4	0.7	49.0	31.0	44.3	41.4	9.3
69	RA0101	40.6	30.5	46.1	39.1	7.9	5.8	4.8	6.1	5.6	0.7	4.0	3.6	4.6	4.1	0.5	50.4	38.9	56.8	48.7	9.1
70	RA0078	42.3	41.5	40.5	41.4	0.9	7.6	5.5	7.2	6.8	1.1	6.2	3.4	5.1	4.9	1.4	56.1	50.4	52.7	53.1	2.9
-	RA0107	31.9	34.3	-	33.1	1.7	5.7	6.7	-	6.2	0.7	3.6	4.2	-	3.9	0.4	41.2	45.2	-	43.2	2.8

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
71	RA0025	37.8	34.9	48.4	40.4	7.1	5.6	4.3	3.8	4.6	0.9	3.9	2.7	2.9	3.2	0.6	47.3	41.9	55.1	48.1	6.6
72	RA0020	48.1	45.9	48.1	47.4	1.3	4.7	5.2	5.0	5.0	0.3	3.4	3.5	4.0	3.6	0.3	56.2	54.6	57.1	56.0	1.3
-	RA0124	-	46.0	47.2	46.6	0.9	-	4.0	4.4	4.2	0.3	-	2.4	3.0	2.7	0.5	-	52.4	54.7	53.5	1.6
-	RA0047	39.9	38.2	-	39.1	1.2	5.7	5.1	-	5.4	0.4	3.2	3.0	-	3.1	0.1	48.8	46.3	-	47.6	1.8
73	RA0105	56.6	46.0	47.4	50.0	5.8	4.1	2.9	3.4	3.5	0.6	2.6	2.0	2.6	2.4	0.4	63.3	50.9	53.4	55.9	6.6
74	RA0039	43.0	44.7	47.1	44.9	2.0	3.0	4.7	4.9	4.2	1.0	3.3	3.0	4.5	3.6	0.8	49.3	52.4	56.5	52.8	3.6
75	RA0076	38.1	34.2	42.2	38.2	4.0	4.4	3.8	3.9	4.0	0.3	2.7	2.5	3.3	2.8	0.4	45.2	40.5	49.4	45.0	4.5
76	RA0093	32.4	45.0	50.1	42.5	9.1	4.1	3.6	3.6	3.8	0.3	2.6	2.6	2.8	2.7	0.1	39.1	51.2	56.4	48.9	8.9
-	RA0055	41.1	39.1	-	40.1	1.4	4.8	3.6	-	4.2	0.9	2.8	2.5	-	2.7	0.2	48.7	45.2	-	47.0	2.5
77	RA0016	44.7	36.3	47.7	42.9	5.9	5.4	4.2	5.7	5.1	0.8	3.5	2.6	4.2	3.5	0.8	53.6	43.1	57.6	51.4	7.5
-	RA0063	40.4	38.5	-	39.5	1.3	4.2	4.1	-	4.2	0.1	2.8	2.6	-	2.7	0.1	47.4	45.2	-	46.3	1.6

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
78	RA0074	48.9	48.1	46.2	47.7	1.4	3.5	2.6	3.6	3.2	0.5	2.6	2.2	2.6	2.5	0.2	55.0	52.9	52.3	53.4	1.4
79	RA0057	44.7	38.4	40.6	41.2	3.2	2.6	3.3	3.9	3.3	0.7	1.8	1.8	2.3	2.0	0.3	49.1	43.5	46.8	46.5	2.8
80	RA0042	46.9	48.9	54.8	50.2	4.1	5.3	5.1	5.4	5.3	0.2	3.0	2.6	3.7	3.1	0.5	55.2	56.6	63.9	58.6	4.6
81	RA0117	49.9	45.3	47.6	47.6	2.3	5.7	5.4	6.4	5.8	0.5	3.0	3.2	5.2	3.8	1.2	58.6	53.9	59.1	57.2	2.9
82	RA0010	40.2	38.9	38.2	39.1	1.0	6.0	4.3	6.7	5.7	1.2	3.6	2.8	5.0	3.8	1.1	49.8	46.0	50.0	48.6	2.3
83	RA0056	35.8	42.7	37.3	38.6	3.6	4.2	2.9	3.5	3.5	0.7	2.6	1.7	2.0	2.1	0.5	42.6	47.3	42.8	44.2	2.7
84	RA0090	37.8	44.2	42.9	41.6	3.4	5.4	4.5	5.1	5.0	0.5	2.4	2.6	3.6	2.9	0.6	45.6	51.3	51.6	49.5	3.4
85	RA0015	42.3	44.5	52.6	46.5	5.4	5.4	4.6	4.6	4.9	0.5	2.6	3.0	3.4	3.0	0.4	50.3	52.1	60.6	54.3	5.5
-	RA0098	49.6	49.7	-	49.7	0.1	4.2	3.8	-	4.0	0.3	2.4	2.3	-	2.4	0.1	56.2	55.8	-	56.0	0.3
86	RA0005	42.9	29.3	37.2	36.5	6.8	4.3	3.9	4.3	4.2	0.2	2.7	2.7	3.1	2.8	0.2	49.9	35.9	44.5	43.4	7.1
87	RA0072	42.3	35.8	46.5	41.5	5.4	6.1	5.0	5.5	5.5	0.6	3.5	3.0	3.1	3.2	0.3	51.9	43.8	55.0	50.2	5.8

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	น้ำตาลซูโครส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลกลูโคส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลฟรุกโตส (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD	น้ำตาลทั้งหมดในเมล็ด (mg/gFW)			$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3		
88	RA0091	52.8	46.5	47.8	49.0	3.3	5.2	5.0	3.6	4.6	0.9	3.6	3.3	2.5	3.1	0.6	61.6	54.8	53.9	56.8	4.2
89	RA0104	45.0	44.5	51.9	47.1	4.1	6.9	5.9	6.1	6.3	0.5	4.3	3.9	4.4	4.2	0.3	56.2	54.3	62.3	57.6	4.2

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดและปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 112 สายพันธุ์

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
1	RA0041	5.20	4.81	5.01	0.28	2.68	2.13	2.41	0.39
2	RA0109	7.25	6.35	6.80	0.64	3.23	1.88	2.56	0.95
-	RA0030	6.85	5.73	6.29	0.79	1.92	2.41	2.17	0.35
3	RA0036	2.90	4.54	3.72	1.16	2.39	2.68	2.54	0.21
4	RA0019	5.70	3.91	4.81	1.27	3.15	2.58	2.87	0.40
5	RA0087	5.26	4.85	5.06	0.29	2.86	1.78	2.32	0.76
6	RA0008	5.28	5.17	5.23	0.08	2.56	2.36	2.46	0.14
7	RA0111	6.29	7.69	6.99	0.99	2.95	3.15	3.05	0.14
-	RA0082	5.20	6.04	5.62	0.59	3.56	3.63	3.60	0.05
8	RA0026	6.47	6.93	6.70	0.33	2.20	2.36	2.28	0.11
-	RA0125	3.91	4.73	4.32	0.58	1.85	2.38	2.12	0.37
9	RA0060	7.13	7.08	7.11	0.04	3.47	2.33	2.90	0.81
10	RA0050	5.58	6.01	5.80	0.30	2.83	2.94	2.89	0.08

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\overline{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\overline{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
-	RA0132	6.18	7.52	6.85	0.95	2.12	3.42	2.77	0.92
-	RA0058	6.84	9.38	8.11	1.80	2.23	3.48	2.86	0.88
-	RA0085	8.97	8.94	8.96	0.02	2.65	2.57	2.61	0.06
-	RA0135	5.68	6.24	5.96	0.40	1.79	2.60	2.20	0.57
11	RA0002	4.95	5.76	5.36	0.57	3.36	2.53	2.95	0.59
12	RA0088	6.13	5.56	5.85	0.40	2.63	2.76	2.70	0.09
13	RA0033	6.38	7.68	7.03	0.92	3.21	3.01	3.11	0.14
14	RA0044	6.16	6.21	6.19	0.04	2.95	3.53	3.24	0.41
15	RA0129	5.53	6.23	5.88	0.49	2.72	2.64	2.68	0.06
16	RA0064	6.22	6.74	6.48	0.37	2.68	1.97	2.33	0.50
17	RA0012	5.79	7.01	6.40	0.86	2.18	2.15	2.17	0.02
18	RA0067	5.16	4.40	4.78	0.54	2.52	2.55	2.54	0.02
-	RA0051	6.83	6.37	6.60	0.33	2.96	3.00	2.98	0.03

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
19	RA0054	7.43	7.33	7.38	0.07	2.28	2.64	2.46	0.25
20	RA0023	6.16	5.62	5.89	0.38	2.88	2.56	2.72	0.23
21	RA0097	5.55	4.36	4.96	0.84	2.21	3.07	2.64	0.61
22	RA0021	4.32	5.44	4.88	0.79	2.13	2.63	2.38	0.35
-	RA0043	3.83	6.54	5.19	1.92	2.65	2.94	2.80	0.21
23	RA0077	4.23	4.46	4.35	0.16	2.71	2.75	2.73	0.03
24	RA0066	5.49	5.63	5.56	0.10	2.74	2.37	2.56	0.26
25	RA0045	5.44	5.32	5.38	0.08	2.22	2.36	2.29	0.10
26	RA0024	4.43	4.98	4.71	0.39	2.87	3.09	2.98	0.16
27	RA0126	5.90	5.42	5.66	0.34	2.87	2.52	2.70	0.25
-	RA0046	5.61	5.84	5.73	0.16	2.54	3.29	2.92	0.53
28	RA0095	7.09	5.50	6.30	1.12	3.15	2.35	2.75	0.57
-	RA0083	4.74	3.56	4.15	0.83	1.93	2.61	2.27	0.48

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
29	RA0130	4.86	3.91	4.39	0.67	2.96	4.22	3.59	0.89
30	RA0059	4.87	4.86	4.87	0.01	2.07	2.33	2.20	0.18
31	RA0031	6.15	6.27	6.21	0.08	2.78	2.62	2.70	0.11
32	RA0075	4.96	5.81	5.39	0.60	2.30	2.16	2.23	0.10
33	RA0114	4.65	5.08	4.87	0.30	2.10	2.76	2.43	0.47
34	RA0127	6.73	6.12	6.43	0.43	2.95	1.97	2.46	0.69
35	RA0001	6.78	7.71	7.25	0.66	2.67	2.71	2.69	0.03
36	RA0119	5.25	5.26	5.26	0.01	2.43	3.09	2.76	0.47
37	RA0052	5.46	5.52	5.49	0.04	2.39	2.45	2.42	0.04
38	RA0115	4.21	5.00	4.61	0.56	1.85	2.31	2.08	0.33
39	hA9104	7.79	6.98	7.39	0.57	3.24	2.95	3.10	0.21
40	RA0094	6.30	5.47	5.89	0.59	2.31	2.05	2.18	0.18
41	RA0049	4.50	4.98	4.74	0.34	2.16	2.38	2.27	0.16

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
-	RA0022	5.69	5.55	5.62	0.10	2.08	2.64	2.36	0.40
42	RA0037	7.69	5.98	6.84	1.21	1.72	2.63	2.18	0.64
43	RA0089	5.52	4.52	5.02	0.71	1.90	2.62	2.26	0.51
44	RA0053	8.14	7.19	7.67	0.67	2.24	2.16	2.20	0.06
-	RA0099	5.30	4.85	5.08	0.32	4.00	3.81	3.91	0.13
45	RA0118	4.43	3.92	4.18	0.36	2.72	2.61	2.67	0.08
46	RA0029	5.37	4.64	5.01	0.52	1.91	2.20	2.06	0.21
47	RA0084	3.87	4.48	4.18	0.43	1.87	1.89	1.88	0.01
48	RA0073	6.65	6.31	6.48	0.24	3.68	3.04	3.36	0.45
-	RA0032	8.92	7.83	8.38	0.77	3.22	2.34	2.78	0.62
49	RA0092	7.79	7.39	7.59	0.28	1.92	2.30	2.11	0.27
50	RA0131	8.00	8.25	8.13	0.18	2.77	1.91	2.34	0.61
51	RA0121	5.75	4.30	5.03	1.03	1.91	1.74	1.83	0.12

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
52	RA0018	5.91	4.68	5.30	0.87	2.56	2.32	2.44	0.17
-	RA0061	7.29	6.02	6.66	0.90	2.48	2.24	2.36	0.17
53	hA9035	4.68	5.63	5.16	0.67	2.61	2.10	2.36	0.36
54	RA0110	6.57	6.63	6.60	0.04	3.00	2.70	2.85	0.21
55	RA0027	5.54	5.79	5.67	0.18	2.32	2.57	2.45	0.18
56	RA0106	6.40	7.23	6.82	0.59	2.53	2.48	2.51	0.04
-	RA0028	4.31	3.99	4.15	0.23	3.63	2.56	3.10	0.76
57	RA0062	5.62	3.29	4.46	1.65	2.50	2.10	2.30	0.28
58	RA0133	6.31	5.93	6.12	0.27	2.77	2.32	2.55	0.32
59	RA0134	7.23	3.30	5.27	2.78	2.68	2.50	2.59	0.13
60	RA0086	6.32	5.46	5.89	0.61	3.01	3.07	3.04	0.04
-	RA0116	4.27	4.13	4.20	0.10	2.09	2.43	2.26	0.24
61	RA0009	8.70	5.77	7.24	2.07	2.70	2.14	2.42	0.40

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
62	RA0040	4.89	5.93	5.41	0.74	2.53	3.02	2.78	0.35
63	RA0003	7.18	5.74	6.46	1.02	1.63	2.53	2.08	0.64
64	RA0071	6.31	5.71	6.01	0.42	2.33	2.65	2.49	0.23
65	RA0006	4.98	3.11	4.05	1.32	3.98	2.30	3.14	1.19
66	RA0113	7.03	8.13	7.58	0.78	2.17	3.31	2.74	0.81
67	RA0080	5.39	4.26	4.83	0.80	2.49	2.23	2.36	0.18
68	RA0017	8.50	7.49	8.00	0.71	2.49	2.97	2.73	0.34
69	RA0101	5.54	7.02	6.28	1.05	2.48	2.08	2.28	0.28
70	RA0078	4.36	4.81	4.59	0.32	2.88	2.20	2.54	0.48
-	RA0107	5.47	4.72	5.10	0.53	3.37	2.58	2.98	0.56
71	RA0025	5.76	6.29	6.03	0.37	3.31	2.28	2.80	0.73
72	RA0020	4.79	4.78	4.79	0.01	3.11	2.89	3.00	0.16
-	RA0047	6.42	6.25	6.34	0.12	2.37	2.73	2.55	0.25

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
73	RA0105	5.01	5.24	5.13	0.16	1.90	2.25	2.08	0.25
74	RA0039	9.96	6.38	8.17	2.53	2.73	2.48	2.61	0.18
75	RA0076	7.79	9.04	8.42	0.88	2.44	3.41	2.93	0.69
76	RA0093	7.01	5.47	6.24	1.09	2.53	1.80	2.17	0.52
-	RA0055	7.19	8.20	7.70	0.71	2.16	2.15	2.16	0.01
77	RA0016	5.52	7.77	6.65	1.59	2.86	2.35	2.61	0.36
-	RA0063	6.36	6.38	6.37	0.01	2.09	3.08	2.59	0.70
78	RA0074	5.50	4.36	4.93	0.81	2.54	2.06	2.30	0.34
79	RA0057	7.88	8.08	7.98	0.14	3.05	3.38	3.22	0.23
80	RA0042	4.46	5.28	4.87	0.58	2.03	2.26	2.15	0.16
81	RA0117	4.25	5.28	4.77	0.73	2.60	2.03	2.32	0.40
82	RA0010	4.13	3.48	3.81	0.46	2.35	2.17	2.26	0.13
83	RA0056	5.31	5.20	5.26	0.08	2.14	2.11	2.13	0.02

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	รหัสสายพันธุ์	ปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ด (%)		$\overline{X}$	SD	ปริมาณเปลือกหุ้มเมล็ด (%)		$\overline{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2		
84	RA0090	5.96	7.65	6.81	1.20	3.00	2.67	2.84	0.23
85	RA0015	3.86	4.54	4.20	0.48	1.68	2.61	2.15	0.66
-	RA0098	5.37	4.59	4.98	0.55	1.95	2.02	1.99	0.05
86	RA0005	6.74	6.97	6.86	0.16	2.89	2.26	2.58	0.45
87	RA0072	5.84	7.65	6.75	1.28	1.90	1.97	1.94	0.05
88	RA0091	5.30	5.03	5.17	0.19	2.88	2.76	2.82	0.08
89	RA0104	4.59	2.99	3.79	1.13	2.07	2.21	2.14	0.10

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 คะแนนความหวานและคะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวโพดหวานพิเศษ 112 สายพันธุ์

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
1	RA0041	4	3	3	3	3	3.20	0.45	4	4	3	4	4	3.80	0.45
2	RA0109	3	4	4	4	4	3.80	0.45	3	4	4	4	3	3.60	0.55
-	RA0030	5	5	-	-	-	5.00	0.00	4	4	-	-	-	4.00	0.00
3	RA0036	5	5	5	4	3	4.40	0.89	5	5	5	5	4	4.80	0.45
4	RA0019	3	3	3	-	-	3.00	0.00	2	2	3	-	-	2.33	0.58
5	RA0087	3	4	4	3	-	3.50	0.58	3	4	3	3	-	3.25	0.50
6	RA0008	3	2	3	-	-	2.67	0.58	2	2	2	-	-	2.00	0.00
7	RA0111	2	2	2	3	2	2.20	0.45	2	2	3	3	3	2.60	0.55
-	RA0082	3	2	2	2	-	2.25	0.50	2	1	1	1	-	1.25	0.50
8	RA0026	4	5	2	2	-	3.25	1.50	4	4	2	3	-	3.25	0.96
-	RA0125	5	4	-	-	-	4.50	0.71	4	4	-	-	-	4.00	0.00
9	RA0060	3	4	3	-	-	3.33	0.58	3	3	3	-	-	3.00	0.00
10	RA0050	3	2	2	-	-	2.33	0.58	2	2	3	-	-	2.33	0.58

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
-	RA0132	4	3	-	-	-	3.50	0.71	3	3	-	-	-	3.00	0.00
-	RA0058	2	2	-	-	-	2.00	0.00	1	1	-	-	-	1.00	0.00
-	RA0085	3	3	-	-	-	3.00	0.00	2	3	-	-	-	2.50	0.71
-	RA0135	4	3	-	-	-	3.50	0.71	5	2	-	-	-	3.50	2.12
11	RA0002	3	3	3	3	-	3.00	0.00	2	4	2	4	-	3.00	1.15
12	RA0088	3	4	4	5	4	4.00	0.71	4	4	4	4	5	4.20	0.45
13	RA0033	2	2	3	3	-	2.50	0.58	2	2	2	2	-	2.00	0.00
14	RA0044	2	3	3	2	-	2.50	0.58	2	2	3	3	-	2.50	0.58
15	RA0129	3	4	5	-	-	4.00	1.00	4	3	5	-	-	4.00	1.00
16	RA0064	3	3	3	3	3	3.00	0.00	3	4	3	3	4	3.40	0.55
17	RA0012	3	2	2	3	-	2.50	0.58	4	3	2	4	-	3.25	0.96
18	RA0067	4	3	3	3	-	3.25	0.50	4	4	3	2	-	3.25	0.96
-	RA0051	2	2	-	-	-	2.00	0.00	2	2	-	-	-	2.00	0.00

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
19	RA0054	3	3	3	4	4	3.40	0.55	3	3	2	3	3	2.80	0.45
20	RA0023	3	3	3	3	3	3.00	0.00	2	4	3	3	2	2.80	0.84
21	RA0097	4	4	4	3	-	3.75	0.50	4	4	4	3	-	3.75	0.50
22	RA0021	4	5	3	3	-	3.75	0.96	4	4	3	2	-	3.25	0.96
-	RA0043	5	2	-	-	-	3.50	2.12	5	2	-	-	-	3.50	2.12
23	RA0077	4	3	3	-	-	3.33	0.58	4	3	3	-	-	3.33	0.58
24	RA0066	3	3	3	3	2	2.80	0.45	4	3	3	4	3	3.40	0.55
25	RA0045	3	3	4	4	4	3.60	0.55	4	4	4	4	4	4.00	0.00
26	RA0024	5	4	4	4	4	4.20	0.45	4	4	4	4	3	3.80	0.45
27	RA0126	3	3	3	-	-	3.00	0.00	2	3	2	-	-	2.33	0.58
-	RA0046	4	4	-	-	-	4.00	0.00	3	3	-	-	-	3.00	0.00
28	RA0095	2	2	2	2	2	2.00	0.00	1	2	3	2	3	2.20	0.84
-	RA0083	5	3	-	-	-	4.00	1.41	4	4	-	-	-	4.00	0.00

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
29	RA0130	4	4	3	3	3	3.40	0.55	3	3	3	3	2	2.80	0.45
30	RA0059	4	4	4	-	-	4.00	0.00	3	4	3	-	-	3.33	0.58
31	RA0031	3	3	2	-	-	2.67	0.58	3	3	3	-	-	3.00	0.00
32	RA0075	5	4	4	4	4	4.20	0.45	5	4	4	4	4	4.20	0.45
33	RA0114	4	3	3	4	4	3.60	0.55	3	4	3	3	3	3.20	0.45
34	RA0127	3	5	2	3	2	3.00	1.22	2	5	4	2	4	3.40	1.34
35	RA0001	2	2	3	-	-	2.33	0.58	2	2	2	-	-	2.00	0.00
36	RA0119	5	4	3	-	-	4.00	1.00	4	4	2	-	-	3.33	1.15
37	RA0052	3	3	3	3	3	3.00	0.00	2	2	1	3	3	2.20	0.84
38	RA0115	4	3	3	4	4	3.60	0.55	4	4	4	4	4	4.00	0.00
39	hA9104	2	2	2	2	-	2.00	0.00	2	2	3	3	-	2.50	0.58
40	RA0094	3	3	3	3	-	3.00	0.00	3	3	3	3	-	3.00	0.00
41	RA0049	3	3	3	3	3	3.00	0.00	4	3	3	4	4	3.60	0.55

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
-	RA0022	3	4	-	-	-	3.50	0.71	2	4	-	-	-	3.00	1.41
42	RA0037	3	3	3	4	3	3.20	0.45	4	3	3	4	4	3.60	0.55
43	RA0089	2	4	4	3	3	3.20	0.84	4	5	5	3	4	4.20	0.84
44	RA0053	4	4	4	3	3	3.60	0.55	4	3	4	3	4	3.60	0.55
-	RA0099	2	2	-	-	-	2.00	0.00	1	2	-	-	-	1.50	0.71
45	RA0118	3	4	3	3	3	3.20	0.45	3	3	3	3	3	3.00	0.00
46	RA0029	3	3	3	3	3	3.00	0.00	3	4	4	3	3	3.40	0.55
47	RA0084	4	3	5	4	5	4.20	0.84	5	4	5	4	4	4.40	0.55
48	RA0073	3	3	4	3	2	3.00	0.71	3	3	5	4	1	3.20	1.48
-	RA0032	2	3	2	3	-	2.50	0.58	1	3	2	3	-	2.25	0.96
49	RA0092	4	4	4	3	3	3.60	0.55	3	4	4	4	3	3.60	0.55
50	RA0131	4	4	3	4	-	3.75	0.50	4	4	3	4	-	3.75	0.50
51	RA0121	4	5	3	-	-	4.00	1.00	4	5	4	-	-	4.33	0.58

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
52	RA0018	4	4	3	-	-	3.67	0.58	3	4	4	-	-	3.67	0.58
-	RA0061	3	3	-	-	-	3.00	0.00	3	4	-	-	-	3.50	0.71
53	hA9035	5	4	4	4	4	4.20	0.45	4	4	4	4	4	4.00	0.00
54	RA0110	4	3	2	5	3	3.40	1.14	3	2	3	4	3	3.00	0.71
55	RA0027	5	4	3	4	4	4.00	0.71	4	3	3	4	4	3.60	0.55
56	RA0106	3	2	3	2	4	2.80	0.84	3	2	4	1	4	2.80	1.30
-	RA0028	3	2	-	-	-	2.50	0.71	2	2	-	-	-	2.00	0.00
57	RA0062	3	4	4	4	4	3.80	0.45	3	4	4	3	3	3.40	0.55
58	RA0133	4	3	3	3	3	3.20	0.45	4	3	4	4	4	3.80	0.45
59	RA0134	3	2	3	3	-	2.75	0.50	2	2	2	3	-	2.25	0.50
60	RA0086	2	2	2	2	2	2.00	0.00	1	2	1	2	1	1.40	0.55
-	RA0116	5	4	-	-	-	4.50	0.71	5	4	-	-	-	4.50	0.71
61	RA0009	2	2	2	2	2	2.00	0.00	2	2	1	2	2	1.80	0.45

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
62	RA0040	4	3	4	-	-	3.67	0.58	4	4	4	-	-	4.00	0.00
63	RA0003	3	2	3	2	2	2.40	0.55	3	3	3	3	3	3.00	0.00
64	RA0071	4	5	3	-	-	4.00	1.00	3	4	3	-	-	3.33	0.58
65	RA0006	5	4	5	4	4	4.40	0.55	5	4	5	5	4	4.60	0.55
66	RA0113	3	2	2	2	2	2.20	0.45	1	1	1	2	2	1.40	0.55
67	RA0080	4	5	5	5	4	4.60	0.55	5	5	4	5	5	4.80	0.45
68	RA0017	2	2	3	2	-	2.25	0.50	2	2	4	2	-	2.50	1.00
69	RA0101	3	3	5	5	5	4.20	1.10	3	3	4	4	4	3.60	0.55
70	RA0078	3	3	3	2	-	2.75	0.50	3	3	2	4	-	3.00	0.82
-	RA0107	2	2	-	-	-	2.00	0.00	2	3	-	-	-	2.50	0.71
71	RA0025	3	4	4	3	-	3.50	0.58	2	4	4	3	-	3.25	0.96
72	RA0020	3	4	4	4	-	3.75	0.50	3	3	3	4	-	3.25	0.50
-	RA0124	3	4	2	-	-	3.00	1.00	3	3	3	-	-	3.00	0.00

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
-	RA0047	3	3	-	-	-	3.00	0.00	3	3	-	-	-	3.00	0.00
73	RA0105	5	5	4	4	4	4.40	0.55	5	5	4	4	4	4.40	0.55
74	RA0039	3	3	3	-	-	3.00	0.00	1	1	3	-	-	1.67	1.15
75	RA0076	2	2	2	2	2	2.00	0.00	1	1	1	1	1	1.00	0.00
76	RA0093	2	5	4	3	3	3.40	1.14	3	5	3	3	3	3.40	0.89
-	RA0055	3	3	-	-	-	3.00	0.00	2	3	-	-	-	2.50	0.71
77	RA0016	4	3	4	4	2	3.40	0.89	4	3	4	4	1	3.20	1.30
-	RA0063	3	3	-	-	-	3.00	0.00	3	3	-	-	-	3.00	0.00
78	RA0074	2	2	3	3	-	2.50	0.58	3	3	4	4	-	3.50	0.58
79	RA0057	2	2	2	2	-	2.00	0.00	3	2	2	3	-	2.50	0.58
80	RA0042	5	3	3	4	4	3.80	0.84	5	4	3	3	4	3.80	0.84
81	RA0117	4	4	3	-	-	3.67	0.58	5	4	4	-	-	4.33	0.58
82	RA0010	3	3	3	3	3	3.00	0.00	4	4	3	3	3	3.40	0.55

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

หมายเลขสายพันธุ์	สายพันธุ์	คะแนนความหวาน					$\bar{X}$	SD	คะแนนความหนาของเปลือกหุ้มเมล็ด					$\bar{X}$	SD
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5			ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ซ้ำที่ 5		
83	RA0056	3	3	3	3	2	2.80	0.45	3	2	3	3	3	2.80	0.45
84	RA0090	2	2	3	3	3	2.60	0.55	2	2	3	3	3	2.60	0.55
85	RA0015	3	3	3	3	3	3.00	0.00	4	3	4	4	4	3.80	0.45
-	RA0098	5	4	-	-	-	4.50	0.71	4	3	-	-	-	3.50	0.71
86	RA0005	2	2	2	2	2	2.00	0.00	2	2	2	3	3	2.40	0.55
87	RA0072	3	3	4	4	2	3.20	0.84	3	2	4	4	3	3.20	0.84
88	RA0091	5	5	4	4	3	4.20	0.84	5	5	5	5	4	4.80	0.45
89	RA0104	3	3	3	3	4	3.20	0.45	3	3	3	3	3	3.00	0.00

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

SD (standard deviation) = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวจุฑามาศ กูลนฤมิตร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 กุมภาพันธ์ 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์จากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์