สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพฝักสดของข้าวโพดหวาน

Facters Affected to Fresh Ear Quality of Sweet Corn

RCH
SB
351
.C7
ป647 ร

โดย

ผศ. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส

ดร.อุมา แสงคร้าม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....75523
วัน,เดือน,ปี.....- 6 พ.ย. 2550

.b.....11853817X
.i.....

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตาราง	(3)
บทนำ	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะคุณภาพและการพัฒนาเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน	10
ผลการทดลองที่ 1 และวิจารณ์	14
สรุปผลการทดลองที่ 1	21
การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน	21
ผลการทดลองที่ 2 และวิจารณ์	22
สรุปผลการทดลองที่ 2	25
การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่ ข้าวโพดข้าวเหนียวต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน	25
ผลการทดลองที่ 3 และวิจารณ์	27
สรุปผลการทดลองที่ 3	32
การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของเวลาการเก็บฝักสดในรอบวันและอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2	32
ผลการทดลองที่ 4 และวิจารณ์	32
สรุปผลการทดลองที่ 4	37
เอกสารอ้างอิง	39

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. แสดงน้ำหนักสดของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ (กรัม/100เมล็ด) ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร	19
2. แสดงน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ (กรัม/100เมล็ด) ที่อายุ 15-30 วันหลังจากการผสมเกสร	20
3. กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ในเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่เกิดจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่, ข้าวโพดข้าวเหนียวและจากการผสมตัวเอง	29
4. กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน sh_2 และ bt_1 เฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ที่เกิดจากผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่ และข้าวโพดข้าวเหนียว	29
5. กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส / มล.) ในเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่เกิดจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว	30
6. กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส / มล.)ในเมล็ดข้าวโพดหวาน ที่เกิดจากยีน sh_2 และ bt_1 เฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ที่เกิดจากผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่ และข้าวโพดข้าวเหนียว	30
7. กราฟแสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้(มก.กลูโคส / มล) ในเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่เกิดจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว	31
8. กราฟแสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (มก.กลูโคส / มล)ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน sh_2 และ bt_1 เฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ที่เกิดจากผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว	31
9. แสดงการเปลี่ยนแปลงความหวานของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 ซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างเวลา 6.00- 18.00 น. เป็นระยะเวลา 0-5 วัน	35
10. แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์2 ซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างเวลา 6.00-18.00 น. เป็นระยะเวลา 0-5 วัน	36
11. แสดงการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์2 ซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างเวลา 6.00-18.00 น. เป็นระยะเวลา 0-5 วัน	37

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงชนิด/ประเภทข้าวโพดหวาน ยีนควบคุมลักษณะ และตัวอย่างพันธุ์การค้าในสหรัฐอเมริกา	6
2. แสดงอิทธิพลร่วมระหว่างยีน จากละอองเกสรและยีนจาก polar nuclei	9
3. แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือความหวานของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร	17
4. แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร	17
5. แสดงค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร	18
6. แสดงน้ำหนักสดของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร	19
7. แสดงน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15-30 วันหลังจากการผสมเกสร	20
8. แสดงค่าความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน	23
9. แสดงค่าความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ได้จากากรผสมตัวเองและผสมกับละอองเกสรที่มียีนต่างกัน	24
10. แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (wss)ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2, bt_1 ที่ได้รับการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่ และข้าวโพดข้าวเหนียว	28
11. แสดงผลของเวลาที่เก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อความหวานของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2	34
12. แสดงผลของเวลาที่เก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2	35
13. แสดงผลของเวลาที่เก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2	36

บทนำ

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) เป็นข้าวโพดฝักสดชนิดหนึ่ง ปัจจุบันมีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศไทยมากกว่าข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn) และข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) ปัจจุบันเกษตรกรปลูกข้าวโพดหวานมากกว่า 200,000 ไร่/ปี ได้ผลผลิตฝักสดมากกว่า 355,000 ตัน/ปี ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกเฉลี่ยประมาณ 1,700 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตที่ได้ในแต่ละปีใช้บริโภคภายในประเทศในรูปของฝักต้มสดประมาณ 5% ส่วนอีก 95% ส่งออกในรูปผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ครีมข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ข้าวโพดหวานปรุงแต่งไม่แช่เย็นจนแข็ง ข้าวโพดหวานดิบ ข้าวโพดหวานแช่แข็ง เป็นต้น ปริมาณการส่งออกในรูปแบบต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2544 เท่ากับ 37,053 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวม 1,028 ล้านบาท ต่อมาในปี พ.ศ. 2546 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มเป็น 77,432 ตันและ 2,122 ล้านบาท ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณและมูลค่าการส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไปอีกนานหลายปี ข้าวโพดหวานเกิดจากข้าวโพดไร่ (field corn) ที่ยีนเพียงตำแหน่งเดียวมีการกลายพันธุ์ (single gene mutation) เปลี่ยนสภาพเป็นยีนด้อย ยีนที่กลายพันธุ์นี้มีผลทำให้ขบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดเปลี่ยนไป มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โมเลกุลโครงสร้างของเมล็ด (non-structural kernel carbohydrates) มากขึ้น ตัวอย่างเช่น การสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) น้ำตาลซูโคลส (sucrose) คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ [water soluble polysaccharides (WSP)] เป็นต้น ยีนควบคุมความหวานในข้าวโพดมีหลายชนิด เช่น sugary gene (susu), sugary extender gene or sugary enhancer gene (sese), shrunken gene เช่น sh2sh2 และ brittle gene เช่น bt1bt1 นอกจากนี้ยังมีข้าวโพดหวานที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของยีนมากกว่า 1 ตำแหน่ง ยีนต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้ลักษณะและคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวาน ทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อมในระหว่างการเจริญเติบโตในแปลงปลูก และปัจจัยสภาพแวดล้อมภายหลังการเก็บเกี่ยวหรือในระหว่างการขนส่งก่อนถึงผู้บริโภค เช่นอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในระหว่างการเจริญเติบโตโดย michaels และ Andrew (1986) พบว่าในระหว่างการเจริญเติบโตในแปลงปลูกหากอุณหภูมิอากาศสูงหรือปริมาณน้ำฝนมากเกินไปจะทำให้ข้าวโพดหวานมีการสะสมน้ำตาลในเมล็ดลดลง อายุการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวาน โดยพบว่าหลังการผสมเกสรปริมาณน้ำตาลในเมล็ดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และสูงสุดที่อายุประมาณ 15-21 วัน หลังการผสมเกสร นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านรายงานว่า ละอองเกสรจากข้าวโพดชนิดอื่น ๆ เช่น ละอองเกสรของข้าวโพดไร่ ทำให้คุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานลดลง การศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ หลายชนิดเหล่านี้ต่อการพัฒนาเมล็ดและคุณภาพฝักสดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนชนิดต่างๆ จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการผลิตข้าวโพดหวานในประเทศไทย ทั้งต่อเกษตรกรผู้ปลูก โรงงานแปร

รูปเพื่อการส่งออก และผู้บริโภค จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของปัจจัยหลายชนิดที่มีต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน 2 ชนิด ซึ่งนิยมปลูกกันมากในประเทศไทย ได้แก่ ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh2 และ bt1 นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาในข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนหลายชนิด (wxsush2) ควบคู่ไปด้วย ถึงแม้ว่าข้าวโพดหวานชนิดนี้จะยังไม่แพร่หลายในประเทศไทยก็ตาม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการพัฒนาเมล็ด การสะสมความหวาน น้ำตาลรีดิวซ์ สารคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh2, bt1 และ sush2 wx ที่อายุระหว่าง 15-30 วันหลังการ ผสมเกสรเพื่อกำหนดอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวานแต่ละชนิด
2. ศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนต่างชนิดกันต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดหนึ่ง
3. ศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียวต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนแต่ละชนิด
4. ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บฝักสดในรอบวัน อายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวาน

ตรวจเอกสาร

ข้าวโพดหวาน (sweet corn : *Zea mays* L.) จัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยส่งผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานในรูปแบบต่างๆออกไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศสูงเป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และฮังการี โดยในปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณการส่งออกรวม 77,432 ตัน คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 2,122 ล้านบาท (วิไลวรรณ และวันชัย, 2547) โดยมีอัตราเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่องทุกปี ข้าวโพดหวานเป็นข้าวโพดที่มีลักษณะคุณภาพเมล็ดแปรปรวนมากกว่าข้าวโพดชนิดอื่นๆ เนื่องจากอาจพัฒนามาจากข้าวโพดชนิด dent, flint หรือ flour corn ก็ได้ ลักษณะสำคัญของข้าวโพดหวานคือ เมื่อแก่เมล็ดจะเหี่ยวย่น (wrinkle) ข้าวโพดชนิดนี้เมื่อมีอายุประมาณ 20 วันหลังจากการผสมเกสรจะมีรสหวานกว่าข้าวโพดชนิดอื่นๆ เพราะมี recessive gene อยู่ ซึ่งทำให้น้ำตาลเปลี่ยนไปเป็นแป้งอย่างช้าๆ เนื่องจากคุณภาพของเมล็ดขึ้นกับปัจจัยหลายประการ การศึกษาผลของปัจจัยต่างๆต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวโพดหวานเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากราคาและปริมาณการซื้อขายข้าวโพดหวานกำหนดโดยคุณภาพเมล็ดเป็นสิ่งสำคัญ

ยีนควบคุมลักษณะความหวานในข้าวโพด

ข้าวโพดหวาน สามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามยีนควบคุมลักษณะที่สัมพันธ์กับความหวาน แต่โดยปกติจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม หลักๆคือ

1. ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนเดียว (single gene)

1.1 ข้าวโพดหวาน เนื่องจากยีนชูการ์รี (sugary gene,su/su) จะเป็นข้าวโพดหวานก็ต่อเมื่อยีน su อยู่ในสภาพยีนด้อยทั้งคู่ (homozygous recessive) ลักษณะเมล็ดของข้าวโพดหวานชนิดนี้ จะเหี่ยวย่นเล็กน้อย ค่อนข้างใส และเมล็ดจะดูแวววาว

1.2 ข้าวโพดหวานพิเศษ อาจมียีนตระกูลชรั้งเคน (shrunken gene) เช่น sh1sh1 หรือ sh2sh2 หรือยีนตระกูลบริตเติล (brittle gene) เช่น bt1bt1 หรือ bt2bt2 ควบคุมอยู่ ซึ่งข้าวโพดหวานพิเศษที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นยีนตระกูลชรั้งเคน ลักษณะเนื้อเมล็ด (kernel texture) ของข้าวโพดหวานพิเศษชนิดนี้จะหวานกรอบ (crispy) ส่วนเมล็ดพันธุ์จะเหี่ยวย่นมาก เมล็ดจะขุ่นทึบ

2. ข้าวโพดหวานที่เกิดจากหลายยีน (multiple gene)

ข้าวโพดหวานกลุ่มนี้มียีนเกี่ยวข้องมากกว่า 1 ยีน อาจเป็น 2 หรือ 3 ยีน ทำหน้าที่ร่วมกันหรือเสริมกัน ยีนที่ทำหน้าที่ร่วมกัน อาจร่วมกันในแบบที่ยีนทั้ง 2 ตำแหน่ง อยู่ในสภาพ homozygous recessive หรืออาจร่วมกันโดยยีนตำแหน่งหนึ่งอยู่ในสภาพ homozygous recessive แต่อีกตำแหน่งอยู่ในสภาพ heterozygous ข้าวโพดหวานชนิดที่ยีนตำแหน่งหนึ่งอยู่ในสภาพ

homozygous recessive แต่อีกตำแหน่งหนึ่งเป็น heterozygous เช่น susu/Sh_2sh_2 เมื่อนำเมล็ดไปปลูก ยีนที่เป็น heterozygous นั้นก็จะแยกตัวตามกฎของ Mendel มีผลทำให้ร้อยละ 25 ของเมล็ดเป็น double recessive ผู้รับประทานจะมีความรู้สึกว่าข้าวโพดนั้นหวานมากกว่าปกติ ตัวอย่างพันธุ์การค้าที่เกิดจากการทำงานของยีนแบบนี้ เช่น พันธุ์ Sugar Loaf (Lisec *et al.*, 2004) ข้าวโพดหวานชนิดนี้เมล็ดจะมี sucrose เป็นองค์ประกอบ ประมาณ 16% และมี water soluble polysaccharides ประมาณ 18% การบริโภคฝักสดจะรู้สึกหวานกว่าข้าวโพดหวานธรรมดา แต่หวานน้อยกว่าข้าวโพดหวานพิเศษที่เกิดจากยีนเดี่ยว แต่จะมีลักษณะที่เด่น คือ มีความนุ่มและมีความรู้สึกว่าเป็นครีม (creamy) เล็กน้อย

ข้าวโพดหวานประเภทที่เกิดจากยีนเสริมอาจจะมีเมล็ด 2 สี เช่น สีเหลือง และสีขาว โดยจะอยู่ในอัตราส่วน 75:25 ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน หรือวงการค้าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจะเรียกว่า ไบคัลเลอร์ (bicolor) ยังมีข้าวโพดหวานอีกชนิดหนึ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์พยายามสร้างขึ้นมา เนื่องจากปัญหาเรื่องความหวานซึ่งมีอยู่น้อยในข้าวโพดหวานธรรมดา และปัญหาเรื่องอัตราความงอกต่ำในข้าวโพดหวานพิเศษ นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานจึงได้พยายามนำยีนต่างๆมาอยู่ร่วมกันในสภาพ homozygous recessive เพื่อให้ได้ข้าวโพดหวานที่มีคุณภาพดีขึ้น และเสริมในเรื่องอัตราความงอกต่ำ ข้าวโพดหวานที่มียีนร่วมที่นิยมปรับปรุงพันธุ์กันมากที่สุดในขณะนี้ คือ ข้าวโพดหวานที่มียีนหวาน su se ปัจจุบันข้าวโพดหวานชนิดนี้ มีจำหน่ายเป็นการค้าหลายพันธุ์ด้วยกัน ตัวอย่างชนิดข้าวโพดหวาน ยีนควบคุมลักษณะ และพันธุ์การค้าในสหรัฐอเมริกา แสดงในตารางที่ 1

นอกจากนี้ (ธวัช, 2523) รายงานว่า ยีนแต่ละชนิดยังมีผลต่อคุณสมบัติอื่นๆของข้าวโพดหวาน ดังนี้

ยีน su (sugary gene) มีอยู่สองคู่ด้วยกันคือ su และ su2 ซึ่งยีน su ทำให้เกิดการสะสม phytoglycogen ซึ่งเป็น water soluble polysaccharide และเป็นตัวที่ทำให้เนื้อข้าวโพดหวานนุ่ม

ยีน sh (shrunken gene) มีอยู่หลายคู่ด้วยกันคือ sh sh2 sh3 sh4 และ sh5 มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดหวานมาก

ยีน bt (brittle gene) มีอยู่ 3 คู่คือ bt1 bt2 และ bt4 เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน shrunken มาก ซึ่งไม่สามารถบอกได้จากลักษณะของเมล็ด แต่อาจจะดูได้จากต้น ถ้าเป็น super sweet และมีต้นสีเขียว มีโอกาสเป็นไปได้ทั้ง sh และ bt แต่ถ้ามีต้นหรือดอกสีแดงแล้วจะเป็น bt แน่นอน

ยีน du (dull gene) ข้อมูลน้อยมากไม่มีการกล่าวถึงในเรื่องผลของยีน แต่มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

ยีน se (sugary enhance gene) เป็นยีนใหม่ล่าสุดที่มีการค้นพบ จะต้องแสดงออกร่วมกับ su เสมอ มีผลทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลมอลโตสเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงชนิด/ประเภทข้าวโพดหวาน ยีนควบคุมลักษณะ และตัวอย่างพันธุ์การค้าในสหรัฐอเมริกา

Isolation class	Describtive terminology	Homozygous recessive sugar gene	Variety example
I	Field, dent, or flour corn	none	Filed corn cvs
II*a	Sugary or standard sweet corn	su	Jubilee (yel)
			Double Taste (bi)
			Silver Queen (wh)
II*b	Sugary augmented with sugary enhancer ; or " EH " types	su se heterozygous	Kandy Korn EH (yel)
			D' Artagnan (bi)
			Silverado (wh)
		su se homozygous	Miracle (yel)
			Calico Bell (bi)
			(no whites)
II*c	Sugary augmented with shrunken - 2 ; or " SWEET gene HYBRID ", or " Synergistics "	su sh – 2 heterozygous	Sugar Loaf (yel)
			(no bicolors)
			(no whites)
III**a	Shrunken – 2, supersweets or " Xtra – Sweet " hybrids	sh – 2	Crisp N Sweet 710 (y)
			Honey and Pearl (bi)
			How Sweet It Is (wh)
III**b	Shrunken – 2 augmented with sugary ; or " Improved Supersweet Hybrid "	sh – 2 heterozygous	Sweetie 82 (yel)
			(no bicolors)
			(no whites)

ที่มา: Lisec *et al.*,2004.

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน

1. พันธุกรรมหรือพันธุ์ พันธุ์ของข้าวโพดเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง เนื่องจากพันธุ์เกี่ยวข้องกับยีนควบคุมลักษณะ โดยมีรายงานของ Lisec *et al.* (2004) กล่าวว่า ยีนซูการ์รี (susu) มีความหวาน 5 – 10 % ยีนเอนฮานเซอร์ (sese) มีความหวาน 7 – 15 % และยีนซูเปอร์หรือหวานพิเศษ (sh2) ซึ่งจะมีความหวานมากถึง 20 – 30 % บริกซ์

2. ปัจจัยสภาพแวดล้อม

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานมีหลายปัจจัย แต่ละปัจจัยมีผลต่อคุณภาพต่างกัน ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานที่สำคัญ ได้แก่

2.1 อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน ซึ่งในรายงานของ Michaels และ Andrew (1986) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อปลูกข้าวโพดหวานในฤดูร้อน จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง ในขณะที่ปริมาณซูโครสเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหวานที่ปลูกในสภาพอากาศที่เย็นกว่า

2.2 ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว การเก็บข้าวโพดหวานเพื่อบริโภคฝักสด หรือเพื่อการแปรรูปนั้น จะต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพข้าวโพดหวานให้เหมือนของสด มิฉะนั้นคุณภาพจะลดลงมาก ข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยวจากต้นแล้วความหวานจะลดลง เพราะน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และถูกเปลี่ยนให้เป็นแป้ง (ทวีศักดิ์, 2536) ซึ่งจากการศึกษาของชวนชม และนงเยาว์ (2541) จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บข้าวโพดหวานที่อายุ 14 – 16 วันหลังผสมเกสร ข้าวโพดหวานจะมีความหวานสูงสุด และหลังจากนั้นความหวานก็จะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ

การเก็บข้าวโพดหวานให้คงคุณภาพอยู่ได้นาน อาจทำโดยการเก็บข้าวโพดหวานแต่เช้าตรู่ตัดให้ส่วนของต้นติดมากับฝัก ให้มีความยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ซึ่งจะคงความสดและความหวานอยู่ได้ประมาณ 3 วันที่อุณหภูมิห้อง (ประกิต, 2534)

3. การเก็บรักษา มีเป้าหมายเพื่อยืดอายุออกไปให้คงคุณภาพได้นานขึ้น ซึ่งการเก็บรักษาจะประสบความสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ นับตั้งแต่วิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมด้วยความประณีตและรวดเร็ว รวมทั้งการปรับสภาพแวดล้อมหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสมเพื่อความสด ซึ่งในการเก็บเกี่ยวต้องคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น องค์ประกอบของบรรยากาศ (จริงแท้และธีรนุต, 2543)

ข้าวโพดหวานจะเสื่อมคุณภาพลงหลังจากหักฝักออกจากต้นแล้ว เนื่องจากน้ำตาลจะเปลี่ยนไปเป็นแป้งโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เพราะความร้อนเป็นตัวเร่งอัตราการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เพราะอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการต่างๆภายในผลิตผลทุกอย่าง อุณหภูมิจะเร่งการหายใจ การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่นๆ ภายในผลิตผลให้เกิดขึ้นเร็วทำให้ผลผลิตเสียหายได้ง่าย ดังนั้นในการเก็บรักษาจึงต้องใช้อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการรักษาผลผลิตให้มีคุณภาพดีอยู่ได้นานและเป็นปัจจัยสำคัญมากกว่าปัจจัยอื่นๆทุกปัจจัยรวมกัน และจากข้อมูลพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวโพดหวานให้คงอยู่ได้นาน คือ 0 องศาเซลเซียส (จริงแท้และธีรนุต, 2543) วิธีการรักษาคุณภาพ

จากรายงานเรื่อง การหาความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษาระยะยาวของข้าวโพดหวาน พบว่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศในห้องเก็บรักษาที่เหมาะสม คือ 95-98 % สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 5-8 วัน โดยที่ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดไม่ลดลง (จริงแท้และธีรนุต, 2543)

Appleman และ Arthur (1919 อ้างโดย ลพ. 2526) พบว่าข้าวโพดหวานจะมีการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งถึง 50% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่จะมีการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งเพียง 8 % เท่านั้นถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสในเวลาเท่ากันและยังพบว่าตั้งแต่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสขึ้นไป ข้าวโพดหวานจะมีอัตราการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวทุกๆ 10 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลทางการเกษตรเช่น ผัก ผลไม้ ดอกไม้ และข้าวโพดหวานเป็นต้น หลังการเก็บเกี่ยว ยังมีชีวิต ภายในเซลล์ยังคงมีกิจกรรมต่างๆเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา กิจกรรมที่สำคัญได้แก่ การหายใจเพื่อเผาผลาญพลังงานที่สะสมอยู่ ซึ่งอัตราการหายใจพบว่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในเซลล์ หรือสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิสูงอัตราการหายใจก็จะสูงตามไปด้วย ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการหายใจสูงย่อมมีการเปลี่ยนแปลง หรือเสื่อมสภาพหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว (จริงแท้, 2532)

อาหารสะสมในพืชที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะสะสมอยู่ในรูปต่างๆ เช่น น้ำตาล แป้ง หรือไขมัน ถ้าอาหารในผลิตผลถูกใช้ไปหมด ความมีชีวิตของผลผลิตนั้นก็จะจบสิ้นลง(จริงแท้, 2541)

น้ำตาลในผักและผลไม้ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิดคือ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และ ฟรุกโตส ซึ่งพบสะสมอยู่ในแวคิวโอล (vacuole) เป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดในผลิตผลต่างๆ จะแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่มีซูโครสอยู่เลย จึงทำให้รสชาติความหวานของผักและผลไม้แตกต่างกัน ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวนั้นปริมาณน้ำตาลอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของผลิตผลและสภาพแวดล้อม โดยปกติผลิตผลซึ่งมีการหายใจอยู่ตลอดเวลาจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ปริมาณที่มีสะสมอยู่ลดน้อยลง (จริงแท้, 2546)

สำหรับข้าวโพดหวานภายหลังการเก็บเกี่ยว ผลิตผลจะมีการหายใจตลอดเวลา ซึ่งจะใช้น้ำตาลเป็นสารเริ่มต้นทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดลง นอกจากนี้น้ำตาลยังเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปอื่นๆอีกเช่นการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง ทำให้ความหวานลดลง (จริงแท้ และธีรนุต, 2543)

ผลของละอองเกสรจากข้าวโพดชนิดอื่นต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวาน

Xenia effect เป็นปรากฏการณ์ที่พันธุกรรมหรือยีนจากละอองเกสรหรือเชื้อสืบพันธุ์เพศผู้มีผลต่อการพัฒนาและการแสดงลักษณะ (express) ของผลหรือเอนโดสเปิร์มในเมล็ดโดยทันทีแทนที่จะไปแสดงผลในรุ่นลูก

เมล็ดข้าวโพดมีสีต่าง ๆ กัน ตั้งแต่สีขาว สีเหลือง สีส้ม สีแดง หรือสีม่วง เกิดขึ้นเนื่องจากพันธุกรรมควบคุมสีของ endosperm หรือ pericarp เมื่อละอองเกสรของข้าวโพดเมล็ดสีเหลืองผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีขาว เมล็ดข้าวโพดบนฝักที่เกิดขึ้นจะเป็นสีเหลืองอ่อน โดยกลับกันถ้าละอองเกสรของข้าวโพดเมล็ดสีขาวผสมกับไข่ของข้าวโพดเมล็ดสีเหลือง เมล็ดข้าวโพดบนฝักที่เกิดขึ้นจะเป็นสีเหลืองปานกลาง (medium yellow) ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมระหว่างยีนจากละอองเกสร และยีนจาก polar nuclei (www.classroom.psu)

ตารางที่ 2 แสดงอิทธิพลร่วมระหว่างยีน จากละอองเกสรและยีนจาก polar nuclei

ยีนควบคุมสีใน Polar nuclei	ยีนควบคุมสีใน nucleus ของละอองเกสร	ยีนควบคุมสีใน endosperm และสีที่เกิดขึ้น
YY	Y	YYY สีเหลืองเข้ม
YY	y	YYy สีเหลืองปานกลาง
yy	Y	Yyy สีเหลืองอ่อน
yy	y	yyy สีขาว

ที่มา : www.classroom.psu

Xenia effect นอกจากจะเกิดขึ้นกับสีของแป้งแข็งใน endosperm แล้วยังอาจจะเกิดกับสีของ aleurone layer หรือควบคุมการเป็นหรือไม่เป็นข้าวโพดหวาน (sweetness kernel type)

การพัฒนาเมล็ดข้าวโพดหวาน

รังไข่ที่ได้รับการผสมจะพัฒนาไปเป็นเมล็ด ในระยะแรกเมล็ดจะมีขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ น้ำในเมล็ดจะใส ในระยะต่อมาเมื่อเมล็ดมีการสะสมน้ำหนักมากขึ้น น้ำในเมล็ดจะกลับมีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม ระยะนี้เป็นที่รู้จักกันว่าเป็นระยะที่มีน้ำนมหรือระยะประมาณ 15-25 วัน หลังจากการผสมเกสร จากนั้นน้ำนมจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นแป้งในที่สุด ในระยะก่อนที่จะมีน้ำนมนั้นเมล็ดข้าวโพดจะหวานมากแต่เมล็ดยังมีขนาดเล็ก น้ำตาลส่วนมากจะเปลี่ยนเป็นแป้งในระยะต่อมา ปริมาณของ sucrose ใน endosperm จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุประมาณ 15 วัน หลังการผสมเกสร ต่อมาจะลดลงแต่ลดในอัตราที่ช้ากว่าการลดลงของ reducing suger การเจริญของเมล็ดแต่ละเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังจากการผสมเกสรและเพิ่มขึ้นในลักษณะสหสัมพันธ์แบบเส้นตรงในทางบวกกับระยะเวลา พบว่า 90% ของ dry matter ในเมล็ดจะถูกสะสมในระยะนี้ หลังจากระยะนี้จะมีการสะสม dry matter อย่างช้า ๆ คือ อัตราการสะสมจะลดลงและหยุดการสะสมเมื่อเมล็ดถึงระยะ physiological maturity

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229, ชูการ์ 75, ATS 8, อินทรี 2 , ข้าวโพดหวานพันธุ์ผสมเปิดพันธุ์หวานสลับสี, ข้าวโพดไร่ และข้าวโพดข้าวเหนียว
2. สารเคมีที่ใช้ในแปลง ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 46-0-0 ยาฆ่าแมลงชนิดเม็ด ได้แก่ ฟูราดาน และสารป้องกันเชื้อรา สาเหตุของโรคราน้ำค้าง และโรคโคนเน่า ได้แก่ metaloxyl และ captan
3. เครื่องมืออุปกรณ์ในการผสมเกสรได้แก่ ถุงกระดาษสีน้ำตาลสำหรับเก็บรวบรวมละอองเกสร, ถุงกระดาษไขสีขาวสำหรับคลุมช่อดอกตัวเมีย กรรไกร คลิปหนีบกระดาษ หรือที่เย็บกระดาษ
4. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับเตรียมน้ำข้าวโพด ได้แก่ เครื่องปั่นแยกกาก เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)
5. Hand Refractometer สำหรับวัดความหวาน
6. เครื่องแก้วต่างๆ ได้แก่ บีกเกอร์ ปิเปต ขวดปรับปริมาตร และหลอดทดลอง
7. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ได้แก่ DNS (dinitrosalicylic reagent) ไมโครปิเปต Trip น้ำกลั่น อ่างน้ำร้อน (water bath) และเครื่อง spectrophotometer
8. เครื่องมืออุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ได้แก่ phenol (4%) sulfuric acid (95%) ไมโครปิเปต Trip น้ำกลั่น เครื่อง Vortex และเครื่อง spectrophotometer
9. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพฝักสดของข้าวโพดหวาน ในชุดงานวิจัยนี้ประกอบด้วยงานทดลองจำนวน 4 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะคุณภาพและการพัฒนาเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน

การทดลองครั้งนี้ใช้แผนทดลองแบบ Split – plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ โดยให้พันธุ์ข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ คือ พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229, ATS 8, ชูการ์ 75, อินทรีย์ 2 และพันธุ์ผสมเปิด พันธุ์หวานสลับสี เป็นปัจจัยใน main – plot และอายุการเก็บเกี่ยวฝักสดจำนวน 6 ระยะคือ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสรเป็นปัจจัยใน sub – plot ทำการเตรียมแปลงโดยการไถ – พรวน หลังจากนั้นทำการยกแปลงให้มีระยะห่างระหว่างแปลง

70 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูก 70 × 20 เซนติเมตร ใช้สารเคมีป้องกันเชื้อสาเหตุของโรคราน้ำค้างและโรคโคนเน่าคือ metaloxyl และcaptan คลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก รองก้นหลุมด้วยฟูราดาน ปลูกด้วยการใช้เมล็ดพันธุ์ 3 – 5 เมล็ดต่อหลุม ในช่วงแรกของการปลูกจะให้น้ำทุกวัน ในตอนเช้าสลับกับตอนเย็น หลังจากที่เมล็ดเริ่มงอกให้น้ำ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ประมาณ 2 สัปดาห์ เริ่มให้น้ำโดยวิธีปล่อยน้ำเข้าร่อง (furrow irrigation) 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หลังจากงอกประมาณ 2 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยจำนวน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 46 – 0 – 0 ในอัตรา 3,000 กรัม/หน่วยการทดลอง ที่อายุ 3 สัปดาห์หลังการงอก ครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยสูตร 15 – 15 – 15 ในอัตรา 0.55 กก./หน่วยการทดลอง และปูนขาว 45 กก./ไร่ หลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ประมาณ 2 สัปดาห์ สำหรับการกำจัดวัชพืชใช้จอบถากทำรุ่นไปพร้อมกับการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ครั้ง เก็บเกี่ยวฝักสดเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดคือที่ 15, 18, 21, 24, 27, 30 และ 33 วันหลังการผสมเกสร นำเมล็ดที่ได้ไปตรวจวัดความหวาน (brix) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยทำการทดลองที่แปลงทดลองและห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวันที่ 8 ธันวาคม 2548 ถึงวันที่ 17 มีนาคม 2549

การตรวจสอบความหวาน (brix) ของเมล็ดข้าวโพด

ก่อนที่ไหมจะเจริญเติบโตยืดออกมาจากปลายฝัก 1 วัน จะทำการคลุมช่อดอกตัวเมียและช่อดอกตัวผู้เพื่อรวบรวมละอองเกสร ผสมตัวเองในวันถัดไปและจดบันทึกวันผสมเกสร ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วันหลังการผสมเกสร โดยทำการเก็บเกี่ยวพันธุ์ละ 3 ซ้ำ ใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ฝักต่อหน่วยการทดลอง นำฝักสดที่เก็บมาจากแปลงมาเฉือนเมล็ดออกจากฝัก แล้วนำเมล็ดที่ได้ไปปั่นในเครื่องปั่นแยกกาก จากนั้นนำเฉพาะน้ำข้าวโพด ซึ่งมีสีเหลืองเข้ม – อ่อน ตามแต่ละพันธุ์ ใส่ลงไปในหลอดพลาสติก แล้วนำฝาจุกมาปิดเพื่อเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกตะกอนออก โดยเหวี่ยงด้วยความเร็ว 40 รอบต่อนาที 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 เป็นเวลา 5 นาที และครั้งที่ 2 เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเทเอาน้ำข้าวโพดที่ได้ออกจากตะกอน ไปตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หรือเรียกว่าบริกซ์ ด้วยเครื่อง Hand Refractometer ค่าที่วัดได้จะใช้เปรียบเทียบค่าความหวานของข้าวโพด ทั้งนี้เพราะของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส

การตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี DNS method

ใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำข้าวโพดที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนออกไปแล้วจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำข้าวโพดที่เจือจางจากขวดปรับปริมาตรใส่ในหลอดทดลองจำนวน 3 หลอดๆละ 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำ DNS ใส่ตามลงไปในหลอดทั้ง 3 หลอดๆ ละ 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มใน Water bath ที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

จากนั้นนำมาแช่น้ำเย็นจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ค่าที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับสารละลายกลูโคสมาตรฐาน แล้วคำนวณกลับให้ได้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดก่อนเจือจาง

การเตรียมสาร DNS (dinitrosalicylic reagent)

1. Dinitrosalic reagent (DNS reagent)

ละลาย 3,5-dinitrosalicylic acid 1 กรัม ใน 2N NaOH 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Potassium sodium tartrate ลงไป 30 กรัม คนให้ละลาย ปรับปริมาตรให้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคส จากกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง (MW=180.2) 5.0 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร โดยละลายกลูโคส 0.0901 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ปีเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (5.0 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองจำนวน 5 หลอด เติมน้ำกลั่น โดยให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DNS reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร แช่หลอดลงในน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยหลอดเปรียบเทียบ (blank) ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส เขียนกราฟระหว่างค่าที่อ่านได้กับปริมาณกลูโคสในแต่ละหลอด

การตรวจสอบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยวิธี phenol-sulfuric acid

ทำการดูดน้ำข้าวโพดจากการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร โดยดูดมา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เพื่อเจือจางจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นใช้ไมโครปีเปตดูดขึ้นมา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดทดลอง 3 หลอด จากนั้นเติม phenol (4%) หลอดละ 0.5 มิลลิลิตรและตามด้วย Sulfuric acid (95%) หลอดละ 2.5 มิลลิลิตร นำไป vortex ทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน แล้วคำนวณกลับให้ได้ค่าคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของน้ำข้าวโพดเริ่มต้นก่อนเจือจาง

การเตรียมสารเคมี และสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

1. Phenol solution (4%)

ละลาย phenol 40 กรัม ในน้ำกลั่น จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร

2. สารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมสารละลายกลูโคสเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (0.1 mg/ml) โดยซึ่งกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปริมาณ 5 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

วิธีวิเคราะห์

1.การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส

ปีเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ) เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายของสารละลายกลูโคสทั้งหมด 2 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริก (95%) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร (ระวังความร้อนจากกรดผสมน้ำ) เขย่าให้เข้ากัน (vortex) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคส (ไมโครกรัม)

2.การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง

ปีเปตตัวอย่างปริมาตร 2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมสารประกอบ phenol (4%) ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริก (95%) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร อ่านค่าคาร์โบไฮเดรต จากกราฟสารละลายมาตรฐานกลูโคส จากข้อที่ 1

คำนวณปริมาณร้อยละ (%) ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง (%โดยปริมาตร)

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเกินกว่า 1.0 หรือสูงกว่าค่าของกราฟมาตรฐาน

ให้ทำการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น บันทึกจำนวนที่เจือจาง

การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SAS และตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง โดยวิธี Least significant difference (LSD)

ผลการทดลองที่ 1 และวิจารณ์

ความหวาน

ความหวานของเมล็ดข้าวโพดวัดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือบริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ผลของพันธุ์ และอายุการเก็บฝักสด (ระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสร) ต่อความหวานของเมล็ด มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ เมื่อพิจารณาความหวานของเมล็ดที่อายุเก็บเกี่ยวเวลาใดเวลาหนึ่ง พบว่า ความหวานของเมล็ดระหว่างพันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<.01$) และเมื่อพิจารณาความหวานของเมล็ดในแต่ละพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<.01$) เมื่อพิจารณาตลอดอายุการเก็บเกี่ยวระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสร พบว่า เมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 (sh_2) มีความหวานเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 15.54 องศาบริกซ์ รองลงมาได้แก่ พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 (bt_1) ความหวานเฉลี่ยเท่ากับ 15.04 องศาบริกซ์ เมื่อพิจารณาผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานเฉลี่ยทั้ง 5 พันธุ์ พบว่าความหวานโดยเฉลี่ยของข้าวโพดหวานทั้ง 5 พันธุ์สูงสุดเท่ากับ 14.88 องศาบริกซ์ ที่อายุ 15 วันหลังการผสมเกสร หลังจากนั้นความหวานโดยเฉลี่ยค่อยๆ ลดลง เมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Magoon และ Culpepper (1924) อ้างโดยชวนชม และนงเยาว์ (2541) ที่กล่าวว่า เมล็ดที่มีอายุน้อยจะมีปริมาณน้ำตาลสูง และจะค่อยๆลดลงในระยะหลังจากที่เมล็ดเจริญเต็มที่

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าความหวานของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนชนิดเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์ ATS 8 และพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 ซึ่งเกิดจากยีนบิทเทิล - 1 (bt_1) เหมือนกัน แต่ก็มีค่าความหวานที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆ ระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสรแตกต่างกัน โดยพบว่าพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 มีความหวานสูงกว่าพันธุ์ ATS 8 ในทุกอายุการเก็บฝักสด นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาที่เมล็ดมีความหวานสูงสุดก็แตกต่างกัน กล่าวคือ เมล็ดของพันธุ์ ATS 8 มีความหวานสูงสุดที่อายุ 15 วันหลังการผสมเกสรเท่ากับ 14.7 องศาบริกซ์ ในขณะที่พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 ให้ความหวานสูงสุดที่อายุ 18 วันหลังการผสมเกสรเท่ากับ 16.7 องศาบริกซ์ เช่นเดียวกันกับข้าวโพดพันธุ์อินทรี2 และ ชูการ์ 75 ที่เกิดจากยีนชรั้งเค่น – 2 (sh_2) เหมือนกันก็มีค่าความหวานของเมล็ดแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาที่เมล็ดมีความหวานสูงสุดก็แตกต่างกัน กล่าวคือ เมล็ดของพันธุ์อินทรี 2 มีความหวานสูงสุดที่อายุ 24 – 27 วันหลังการผสมเกสรเท่ากับ 16.7 องศาบริกซ์ ในขณะที่พันธุ์ชูการ์ 75 มีความหวานสูงสุดที่อายุ 18 วันหลังการผสมเกสรเท่ากับ 14.3 องศาบริกซ์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ที่เกิดจากยีนควบคุมความหวาน (sugar gene) ชนิดเดียวกัน มีความหวานในเมล็ดที่อายุการพัฒนาเมล็ดต่างๆระหว่าง 15 – 30 วันแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า การแสดงผลของยีนควบคุมความหวานในข้าวโพด ต่อความหวานของเมล็ดข้าวโพดขึ้นอยู่กับยีนแวดล้อม หรือยีนที่เป็นองค์ประกอบ (gene components) อื่นๆด้วย

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีหน่วยการวัดเป็นมิลลิกรัมกลูโคส ดังแสดงในตารางที่ 4 และ พบว่าผลของอายุการเก็บฝักสด ระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสร ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ด มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดที่อายุเก็บเกี่ยวเวลาใดเวลาหนึ่ง พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดระหว่างพันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<.01) และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดในแต่ละพันธุ์ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ(P<.01) เมื่อพิจารณาตลอดอายุการเก็บเกี่ยวระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสร พบว่าเมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 (sh_2) มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 14.171 มิลลิกรัมกลูโคส รองลงมาได้แก่ พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 (bt_1) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยเท่ากับ 12.257 มิลลิกรัมกลูโคส เมื่อพิจารณาผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเมล็ดข้าวโพดหวานเฉลี่ยทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยเฉลี่ยของข้าวโพดทั้ง 5 พันธุ์สูงที่สุดเท่ากับ 15.685 มิลลิกรัมกลูโคส ที่อายุ 15 วันหลังการผสมเกสร หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยเฉลี่ยค่อยๆลดลง เมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lampe (1931) อ้างโดยชวนชมและนงเยาว์ (2541) กล่าวว่า เมล็ดข้าวโพดที่ยังอ่อนมีน้ำตาลอยู่สูง การสะสมแป้งมีน้อยมาก reducing sugar จะมีปริมาณสูงสุดในระยะแรกของการพัฒนาเมล็ดหลังจากนั้นจะลดลง

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนชนิดเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์ ATS 8 และพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 ซึ่งเกิดจากยีนบิทเทิล – 1 (bt_1) เหมือนกัน แต่ก็มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสรแตกต่างกัน โดยพบว่า พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าพันธุ์ ATS 8 เกือบจะทุกอายุการเก็บฝักสด เช่นเดียวกับข้าวโพดพันธุ์อินทรี 2 และพันธุ์ชูการ์ 75 ที่เกิดจากยีนชรั้งเคน – 2 (sh_2) เหมือนกัน ก็มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดแตกต่างกัน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ที่เกิดจากยีนควบคุมความหวาน (sugar gene) ชนิดเดียวกันมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดที่อายุการพัฒนาเมล็ดต่างๆระหว่าง 15 - 30 วันแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า การแสดงผลของยีนควบคุมความหวานในข้าวโพด ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดข้าวโพดขึ้นอยู่กับยีนแวดล้อม หรือยีนที่เป็นองค์ประกอบ (gene components) อื่นๆ ด้วยเช่นกัน

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต มีหน่วยการวัดเป็นมิลลิกรัมกลูโคส ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ผลของอายุการเก็บฝักสด ระหว่าง 15 – 30 วัน หลังการผสมเกสร ต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ด มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ เมื่อพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดที่อายุเก็บเกี่ยวเวลาใดเวลาหนึ่ง พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดระหว่างพันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<.01) และเมื่อพิจารณาปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเมล็ดในแต่ละพันธุ์ที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ(P<.01) เมื่อพิจารณาตลอดอายุการเก็บเกี่ยวระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสร พบว่า เมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 (bt_1) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 151.35 มิลลิกรัมกลูโคส รองลงมาได้แก่ พันธุ์อินทรี 2 (sh_2) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยเท่ากับ 140.65 มิลลิกรัมกลูโคส เมื่อพิจารณาผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต ในเมล็ดข้าวโพดหวานเฉลี่ยทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยเฉลี่ยของข้าวโพดหวานทั้ง 5 พันธุ์สูงที่สุด เท่ากับ 164.50 มิลลิกรัมกลูโคส ที่อายุ 15 วันหลังการผสมเกสร หลังจากนั้นปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยเฉลี่ยค่อยๆ ลดลง เมื่ออายุเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของทวีศักดิ์ (2536) ที่กล่าวว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานที่ลดลงนั้น เกิดจากน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดหวานถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนชนิดเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าข้าวโพดพันธุ์ ATS 8 และพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 ซึ่งเกิดจากยีนบิทเทิล – 1 (bt_1) เหมือนกัน แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่อายุเก็บเกี่ยวต่างๆระหว่าง 15 – 30 วันหลังการผสมเกสรแตกต่างกัน โดยพบว่า พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าพันธุ์ ATS 8 เกือบจะทุกอายุการเก็บฝักสด เช่นเดียวกับข้าวโพดพันธุ์อินทรี 2 และพันธุ์ชูการ์ 75 ที่เกิดจากยีนชรั้งเคน – 2 (sh_2) เหมือนกัน ก็มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าระยะที่เมล็ดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดก็แตกต่างกัน กล่าวคือเมล็ดพันธุ์ของพันธุ์อินทรี 2 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต สูงสุดที่อายุ 15 วัน หลังการผสมเกสร เท่ากับ 152.30 มิลลิกรัมกลูโคส ในขณะที่พันธุ์ชูการ์ 75 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดที่อายุ 18 วันหลังการผสมเกสร เท่ากับ 195.88 มิลลิกรัมกลูโคส จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ที่เกิดจากยีนควบคุมความหวาน (sugar gene) ชนิดเดียวกัน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดที่อายุการพัฒนาเมล็ดต่างๆ ระหว่าง 15 -30 วันแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า การแสดงผลของยีนควบคุมความหวานในข้าวโพดต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดข้าวโพดขึ้นอยู่กับยีนแวดล้อม หรือยีนที่เป็นองค์ประกอบ (gene components) อื่นๆ ด้วยเช่นกัน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือความหวาน (บริกซ์) ของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร

พันธุ์	ATS 8	# 1229	อินทรี 2	ชูการ์ 75	หวานสลับสี	Mean
อายุเก็บเกี่ยวหลังผสมเกสร (วัน)	(bt_1)	(bt_1)	(sh_2)	(sh_2)	(su – wx –sh_2)	
15	14.70 a	15.70 ab	14.00 b	13.30 a	14.00 a	14.87
18	14.00 ab	16.70 a	15.00 ab	14.30 a	13.70 a	14.73
21	14.00 ab	16.30 ab	16.00 ab	14.00 a	14.00 a	14.33
24	13.30 ab	14.30 bc	16.70 a	13.70 a	13.30 a	14.33
27	12.00 bc	14.30 bc	16.70 a	12.70 a	13.00 a	13.73
30	11.70 c	13.30 c	15.70 ab	12.30 a	13.30 a	13.33
Mean	13.14	15.04	15.54	13.29	13.37	
C.V. (%)	7.155					

LSD (0.01) (harvesting date) = 2.189

LSD (0.01) (variety) = 2.204

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร

พันธุ์	ATS 8	# 1229	อินทรี 2	ชูการ์ 75	หวานสลับสี	Mean
อายุเก็บเกี่ยวหลังผสมเกสร (วัน)	(bt_1)	(bt_1)	(sh_2)	(sh_2)	(su – wx – sh_2)	
15	8.30 bcd	5.10 c	5.90 b	9.70 a	7.30 a	15.69
18	5.90 d	8.10 bc	11.00 ab	7.10 a	7.10 a	14.62
21	7.20 cd	9.20 bc	16.10 a	8.50 a	11.20 a	14.42
24	9.80 bcd	12.10 bc	17.50 a	7.10 a	6.30 a	10.57
27	15.70 ab	13.40 b	16.80 a	8.50 a	13.30 a	10.44
30	18.50 a	14.80 b	15.10 a	7.10 a	12.70 a	7.48
Mean	10.69	12.26	14.17	8.71	9.77	
C.V. (%)	31.807					

LSD (0.01) (harvesting date) = 7.94

LSD (0.01)(variety) = 7.91

75523

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร

พันธุ์	ATS 8	# 1229	อินทรี 2	ชูการ์ 75	หวานสลับสี	Mean
อายุเก็บเกี่ยวหลังผสมเกสร (วัน)	(bt_1)	(bt_1)	(sh_2)	(sh_2)	($su - wx - sh_2$)	
15	132.6 ab	203.67 a	152.30 a	131.43 b	144.76 a	164.50
18	174.00 a	183.95ab	131.43 a	195.88 a	137.38 a	153.39
21	177.86 a	166.38 abc	140.23 a	114.93 b	124.98 ab	152.95
24	113.84 b	131.68 c	147.02 a	142.24 b	126.74 ab	139.24
27	98.84 b	131.01 c	147.52 a	103.53 b	112.75 ab	118.73
30	86.18 b	139.31 bc	130.93 a	95.90 b	83.33 b	109.33
Mean	125.45	151.35	140.65	126.68	119.62	
C.V. (%)	16.523					

LSD (0.01) (harvesting date) = 48.457

LSD (0.01) (variety) = 50.283

น้ำหนักสดของเมล็ด (Fresh seed weigh)

ผลการทดลอง พบว่า การสะสมน้ำหนักสดในเมล็ดที่อายุระหว่าง 15-30 วันหลังจากการผสมเกสรของข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำหนักสดสูงสุดในเมล็ดพบว่า พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 มีการสะสมน้ำหนักสดในเมล็ดสูงสุดมากกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ สะสมน้ำหนักสดในเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 38.05 กรัม/100เมล็ด ที่อายุ 30 วันหลังการผสมเกสร รองลงมาคือพันธุ์ชูการ์75 สะสมน้ำหนักในเมล็ดเท่ากับ 36.37 กรัม/100เมล็ด ที่อายุ 24 วันหลังการผสมเกสร นอกจากนี้ยังพบว่าการสะสมน้ำหนักสดในเมล็ดที่ระยะเวลาต่างๆ ภายหลังการผสมเกสรของข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยพบว่าหลังการผสมเกสร 15-21 วัน ข้าวโพดหวานทุกพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักสดในเมล็ดเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการเพิ่มที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 1) และทุกพันธุ์จะมีการสะสมน้ำหนักสดในเมล็ดสูงสุดที่อายุระหว่าง 24-30 วันหลังการผสมเกสร จากนั้นน้ำหนักสดในเมล็ดจะเริ่มลดลง

น้ำหนักแห้งของเมล็ด (Dry seed weigh)

จากผลการทดลองพบว่าข้าวโพดหวานทั้ง 5 พันธุ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดระหว่าง 15-30 วันหลังการผสมเกสรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและแต่ละพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และพบว่าข้าวโพดหวานแต่ละพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดที่อายุต่างๆ ระหว่าง 15-30 วันหลังการผสมเกสร แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ

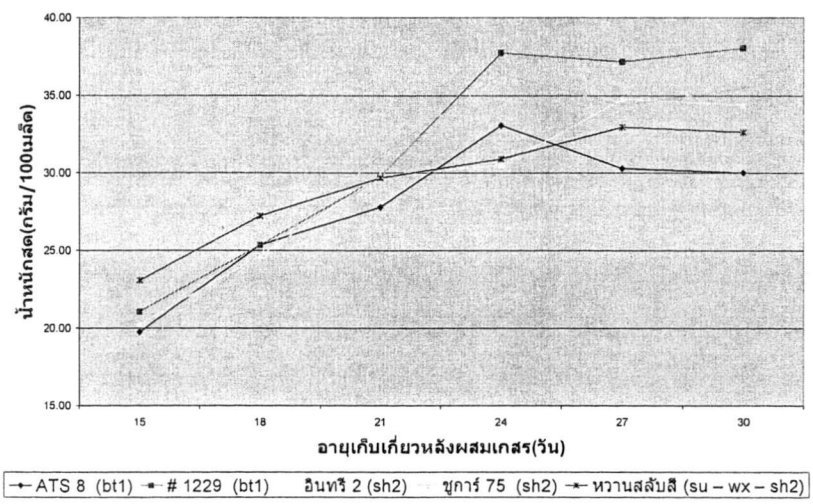
ความเชื่อมั่น 99% เช่นกัน และพบว่าที่อายุ 30 วันหลังการผสมเกสรข้าวโพดหวานทุกพันธุ์ยังไม่หยุดการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ด

ตารางที่ 6 แสดงน้ำหนักสดของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ (กรัม/100เมล็ด) ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร

พันธุ์ อายุเก็บเกี่ยวหลังผสมเกสร (วัน)	ATS 8 (bt1)	# 1229 (bt1)	อินทรี 2 (sh2)	ชูการ์ 75 (sh2)	หวานสลับสี (su – wx – sh2)	Mean
15	19.73 b	21.06 cd	20.25 c	18.86 c	23.07 b	20.59
18	25.35 ab	25.34 c	24.66 bc	24.78 b	27.21 ab	25.47
21	27.79 a	29.73 bc	29.82 a	31.12 ab	29.69 ab	29.63
24	33.06 a	37.73 a	30.50 ab	36.37 a	30.89 a	33.71
27	30.28 a	37.17 ab	34.75 a	34.36 a	32.96 a	33.90
30	30.01 a	38.05 a	34.39 a	35.48 a	32.64 a	34.11
Mean	27.70	31.51	29.06	30.16	29.41	29.57
C.V. (%) (harvesting date)	15.41					
C.V. (%) (variety)	14.59					

LSD (0.01) (harvesting date) = 7.536

LSD (0.01) (variety) = 7.475



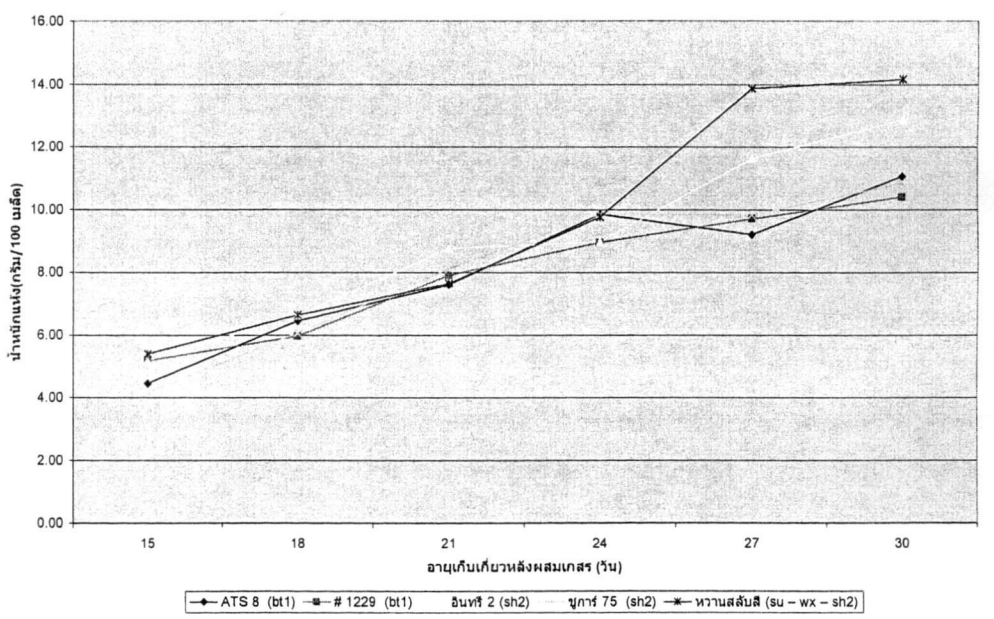
ภาพที่ 1 แสดงน้ำหนักสดของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15, 18, 21, 24, 27 และ 30 วัน หลังการผสมเกสร

ตารางที่ 7 แสดงน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ (กรัม/100เมล็ด) ที่อายุ 15-30 วันหลังจากการผสมเกสร

พันธุ์ อายุเก็บเกี่ยวหลังผสมเกสร (วัน)	ATS 8 (bt1)	# 1229 (bt1)	อินทรี 2 (sh2)	ชูการ์ 75 (sh2)	หวานสลับสี (su – wx – sh2)	Mean
15	4.45 c	5.18 b	5.18 c	4.16 c	5.39 c	4.87
18	6.44 c	5.96 b	6.62 b	6.06 bc	6.64 c	6.34
21	7.60 b	7.90 ab	8.75 b	8.11 ab	7.65 bc	8.00
24	9.84 ab	8.95 a	8.96 b	9.84 a	9.76 b	9.47
27	9.20 ab	9.70 a	11.63 a	9.82 a	13.87 a	10.84
30	11.06 a	10.40 a	12.87 a	10.83 a	14.17 a	11.87
Mean	8.10	8.02	9.00	8.14	9.58	
C.V. (%) (harvesting date)	17.22					
C.V. (%) (variety)	14.76					

LSD (0.01) (harvesting date) = 2.855

LSD (0.01) (variety) = 2.784



รูปที่ 2 แสดงน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดหวาน 5 พันธุ์ ที่อายุ 15-30 วันหลังจากการผสมเกสร

ผลการทดลองที่ 2 และวิจารณ์

ความหวาน

ความหวานของเมล็ดข้าวโพดวัดในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหน่วยวัดเป็นบริกซ์จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกันมีความหวานแตกต่างกัน ($P < .01$) ดังแสดงในตารางที่ 7 และเมื่อพิจารณาความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเองกับเมล็ดที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน พบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันทำให้เมล็ดมีความหวานลดลง ($P < .01$) เมื่อพิจารณาความหวานตามพันธุ์พบว่าเมล็ดของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 (bt_1) ที่ได้จากการผสมตัวเองมีความหวานเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.23 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ เมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 (sh_2) ที่ผสมตัวเองมีความหวานเฉลี่ยเท่ากับ 13.98 บริกซ์ เมื่อพิจารณาความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานเฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ตามชนิดยีนควบคุมความหวานพบว่าเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมโดยยีนบิทเทิล-1 (bt_1) (พันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 และพันธุ์ ATS8) ผสมตัวเองมีความหวานเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 13.55 บริกซ์ สูงกว่าเมล็ดที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรที่มียีน sh_2 ซึ่งมีความหวานเฉลี่ยเพียง 11.80 บริกซ์ รองลงมาได้แก่ เมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมโดยยีนซรั้งเคน-2 (sh_2) (พันธุ์อินทรี 2 และพันธุ์ซูการ์ 75) ผสมตัวเองมีความหวานเฉลี่ย 13.10 บริกซ์ สูงกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานที่มียีน sh_2 แต่ได้รับการผสมด้วยละอองเกสรที่มียีน bt1 ซึ่งมีความหวานเฉลี่ยเพียง 11.68 บริกซ์

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนชนิดหนึ่งมีผลต่อความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดเสมอ โดยทำให้ความหวานของเมล็ดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cobbledick (1997) และ Lisec *et al.*, (2004)

ตารางที่ 8 แสดงความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ จากการผสมตัวเองและได้รับการผสมจากละอองเกสรของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน

พันธุ์ (ยีน) ต้นแม่/แหล่งละอองเกสร	ความหวาน (brix)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคลส/มล.)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (มก.กลูโคลส/มล.)
1229(bt_1) / 1229(bt_1)	14.23 a	20.29 a	132.47 abc
1229(bt_1) / อินทรี 2 (sh_2)	11.78 bc	15.01 ab	85.41 c
ATS 8(bt_1)/ ATS 8(bt_1)	12.86 ab	13.52 ab	125.65 abc
ATS8(bt_1)/ อินทรี 2 (sh_2)	11.82 bc	14.62 ab	86.38 c
อินทรี2 (sh_2) /อินทรี 2 (sh_2)	13.98 a	12.56 ab	143.05 a
อินทรี 2 sh_2) / ATS8(bt_1)	12.41 bc	11.14 ab	91.78 bc
ซูการ์ 75 (sh_2) / ซูการ์ 75 (sh_2)	12.21 bc	7.15 b	136.76 ab
ซูการ์ 75 (sh_2) / ATS8(bt_1)	10.96 c	7.14 b	97.30 abc
Mean	12.53	12.68	112.35
F-test	**	**	**
CV(%)	5.79	34.22	19.30

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ผลการทดลองพบว่า เมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สะสมในเมล็ด หน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมกลูโคส/มิลลิลิตร แตกต่างกัน ($P < .01$) ดังแสดงในตารางที่ 8 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแยกตามพันธุ์พบว่าเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 , AST 8 และอินทรี 2 ทั้งเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองและที่ได้จากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันมีการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดที่อายุประมาณ 20 วัน หลังจากการผสมเกสรไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 9 แสดงความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ใน เมล็ดข้าวโพดหวานที่ได้จากการผสมตัวเองและผสมกับละอองเกสรที่มียีนต่างกัน

sugar gene		ค่าความหวาน	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
cob type	Pollen type	(brix)	(มก.กลูโคส/มล.)	(มก.กลูโคส/มล.)
bt_1	bt_1	13.55 a	16.91 a	129.16 a
bt_1	sh_2	11.80 b	14.82 ab	85.89 b
sh_2	sh_2	13.10 a	9.86 b	139.90 a
sh_2	bt_1	11.68 b	9.14 b	101.42 b
Mean		12.53	12.68	114.38
F-test		**	**	**
CV (%)		3.74	29.14	14.88

หมายเหตุ bt_1 เป็นยีนควบคุมความหวานในข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเบอร์ 1229 และพันธุ์ ATS 8
Sh_2 เป็นยีนควบคุมความหวานในข้าวโพดพันธุ์อินทรี 2 และพันธุ์ซูการ์ 75

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลริดิวซ์ที่สะสมในเมล็ดแยกตามยีนเฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ พบว่า ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน bt_1 มีการสะสมน้ำตาลในเมล็ดสูงกว่าข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 (ตารางที่ 9) และที่สำคัญพบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกันมีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดหนึ่งน้อยมาก และละอองเกสรจากข้าวโพดหวานต่างชนิดกันนี้มีผลทั้งเพิ่มและลดการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดเมื่อเปรียบเทียบกับการผสมตัวเอง จึงถือได้ว่าชนิดของยีนควบคุมความหวานในละอองเกสรไม่มีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดข้าวโพดหวาน

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้มีหน่วยของการวัดเป็นมิลลิกรัมกลูโคส/มิลลิลิตรของเหลวจากเมล็ด จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างกัน 2 ชนิด คือ sh_2 และ bt_1 พบว่าเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ที่ได้จากการผสมตัวเองและจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดแตกต่างกัน ($P < .01$) โดยพบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกัน มีแนวโน้มทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่อายุ 20 วัน หลังการผสมเกสรลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ได้จากการผสม

ตัวเองไม่ว่าแหล่งละอองเกสรจะเป็นยีน sh_2 หรือ bt_1 ต่างก็แสดงผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนอีกชนิดหนึ่งลดลงเหมือนกัน

สรุปผลการทดลองที่ 2

1.ละอองเกสรที่มียีนควบคุมความหวานต่างชนิดกันมีผลทำให้ความหวานและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดหนึ่งลดลงแต่พบว่าไม่มีผลต่อการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนอีกชนิดหนึ่งแต่อย่างใด

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่ ข้าวโพดข้าวเหนียว ต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวาน

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ กรรมวิธีในการทดลอง โดยการผสมละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียวกับข้าวโพดหวานที่มียีนควบคุมลักษณะความหวานต่างกัน ทั้งหมด 4 พันธุ์ และทำการผสมตัวเอง ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดไร่ และข้าวโพดข้าวเหนียว รวมสิ่งทดลองทั้งหมด 14 สิ่งทดลอง คือ

1.1 อินทรีย์ 2 (sh_2) x ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 2504
1.2 ซูการ์ 75 (sh_2) x ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 2504
1.3 พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229 (bt_1) x ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 2504
1.4 ATS 8 (bt_1) x ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 2504
1.5 อินทรีย์ 2 (sh_2) x ข้าวโพดข้าวเหนียว พันธุ์เทียน 22
1.6 ซูการ์ 75 (sh_2) x ข้าวโพดข้าวเหนียว พันธุ์เทียน 22
1.7 พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229 (bt_1) x ข้าวโพดข้าวเหนียว พันธุ์เทียน 22
1.8 ATS 8 (bt_1) x ข้าวโพดข้าวเหนียว พันธุ์เทียน 22
1.9 อินทรีย์ 2 (sh_2) ผสมตัวเอง
1.10 ซูการ์ 75 (sh_2) ผสมตัวเอง
1.11 พันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เบอร์ 1229 (bt_1) ผสมตัวเอง
1.12 ATS 8 (bt_1) ผสมตัวเอง
1.13 ข้าวโพดไร่ พันธุ์สุวรรณ 2504 ผสมตัวเอง
1.14 ข้าวโพดข้าวเหนียว พันธุ์เทียน 22 ผสมตัวเอง

2.การปลูกปฏิบัติดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกโดยการไถพรวน จำนวน 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1-2 สัปดาห์ ใช้ระยะปลูก 75 X 25 เซนติเมตร อัตราปลูก 3-5 เมล็ดต่อหลุม หลังจากต้นข้าวโพดงอกประมาณ 1 สัปดาห์ ทำการปลูกซ่อม และถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม

ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตร 50 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และ 3 ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หลังใส่ปุ๋ยครั้งแรก 15 และ 30 วัน ตามลำดับ

การป้องกันกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน ใช้จอบถากต้นวัชพืช พรวนดิน พร้อมกับกลบโคนต้น ด้วยดิน หลังการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และ 3

การให้น้ำ จะให้น้ำโดยในระยะแรกหลังการปลูก รดน้ำทุกวัน จนเมล็ดข้าวโพดงอกและสามารถตั้งตัวได้ จะให้น้ำตามร่องทุก 10 วัน

เตรียมช่อดอกตัวเมียโดยการ คลุมฝักก่อนที่ไหมจะโผล่ โดยใช้กรรไกรตัดที่ปลายฝักเพื่อให้ไหมโผล่ออกมาอย่างสม่ำเสมอ ก่อนที่จะคลุมฝักด้วยกระดาษไข (glassine bag) พร้อมทั้งดึงแผ่นกาบใบที่หุ้มช่อดอกตัวเมียออกไป การเตรียมช่อดอกตัวเมียนั้นทำในช่วงเวลา 8.00-9.00 น.

การเตรียมช่อดอกตัวผู้ โดยใช้ถุงกระดาษคลุมช่อดอกตัวผู้ (tassel bag) คลุมที่ช่อดอกตัวผู้ที่เริ่มบาน แล้วพับมุมกระดาษขึ้นแนบกับกานช่อดอกใช้คลิปหนีบกระดาษตรึงไว้ ควรทำการเตรียมช่อดอกในช่วงเวลา 16.00 น. เป็นต้นไป

วิธีการผสม

การเก็บละอองเกสร โดยการเคาะที่ถุงกระดาษที่คลุมช่อดอกตัวผู้ไว้ 4-5 ครั้ง แกะคลิปออกจากนั้นดึงถุงกระดาษออกจากช่อดอกซึ่งละอองเกสรจะอยู่ภายในถุงนั้น

การผสม เมื่อได้ละอองเกสรจากต้นที่เตรียมไว้แล้ว นำไปผสมกับช่อดอกตัวเมียของต้นแม่ที่ต้องการ โดยดึงถุงคลุมช่อดอกตัวเมีย (glassine bag) ออกแล้วจึงเทละอองเกสรลงบนไหมของช่อดอกตัวเมีย จากนั้นใช้ถุงเก็บละอองเกสรที่เขียนวันที่ผสมไว้แล้ว คลุมทับลงไป

3.การบันทึกข้อมูล

ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน ที่อายุ 19-20 วัน หลังจากได้รับการจากผสมละอองเกสรข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดไร่และการผสมตัวเอง เพื่อนำมาวิเคราะห์ ดังนี้

(1) ความหวาน (บริกซ์) โดยการนำฝักข้าวโพดที่ทำการเก็บเกี่ยว มาทำการคัดแยกเอาเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์ นำเมล็ดข้าวโพดที่ได้มาทำการปั่นแยกกากโดยใช้เครื่องปั่นแยกกาก จากนั้นนำน้ำข้าวโพดที่ได้ใส่ในหลอดทดลองแล้วนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) เพื่อให้ตกตะกอน โดยครั้งที่ 1 ใช้เวลา 5 นาที นำน้ำใสที่ได้มาปั่นเหวี่ยงครั้งที่ 2 อีกครั้ง ใช้เวลา 3 นาที แล้วนำน้ำข้าวโพดที่ได้ ไปตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด หรือค่าบริกซ์ ด้วย Hand refractmeter ค่าที่วัดได้จะใช้เปรียบเทียบแทนค่าความหวาน ทั้งนี้เนื่องจากของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (water soluble solid : wss) ในข้าวโพดส่วนใหญ่จะได้แก่ น้ำตาลซูโครส

(2) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ นำน้ำข้าวโพดที่ได้จากข้อ (1) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น โดยปิเปตน้ำข้าวโพด 1 มล. ใส่ในขวด 100 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. จากนั้นปิเปตน้ำข้าวโพดเจือจางที่ได้ ปริมาตร 1 มล. ใส่ในหลอดทดลองจำนวน 5 หลอด เติม DNS regent (3,5-dinitrosalicylic acid และ potassium tart rate ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์) หลอดละ 1 มล. แล้วจึงนำไปต้มในอ่างน้ำเดือด (water bath) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปแช่ไว้ในอ่างน้ำเย็นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (nm.) นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับสารละลายกลูโคสมาตรฐาน แล้วคำนวณกลับให้ได้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำข้าวโพดก่อนเจือจาง

(3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด นำน้ำข้าวโพดที่ได้จากข้อ (2) มาเจือจางซ้ำด้วยน้ำกลั่นโดยปิเปตน้ำข้าวโพดจากข้อ (2) ปริมาตร 20 มล. ใส่ในขวด 100 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. หลังจากนั้นปิเปตน้ำข้าวโพดที่เจือจางแล้วปริมาตร 2 มล. ใส่หลอดทดลองจำนวน 5 หลอด เติมสารละลาย phenol (4%) หลอดละ 0.5 มล. และกรดซัลฟูริคเข้มข้น (96%) หลอดละ 2.5 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร (nm.) เปรียบเทียบกับค่าดูดกลืนแสงของสารละลายกลูโคสมาตรฐานแล้วคำนวณกลับ ให้ได้คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของน้ำข้าวโพดเริ่มต้นก่อนเจือจาง

ผลการทดลองที่ 3 และวิจารณ์

ผลการทดลอง พบว่า อิทธิพลของละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ต่อคุณภาพฝักสดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ bt_1และ sh_2 เป็นไปในทำนองเดียวกันหรือตอบสนองต่อชนิดของละอองเกสรเหมือนๆกัน กล่าวคือ พบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ ต่างก็ทำให้ความหวานของเมล็ดข้าวโพดที่เกิดจากยีน bt_1 และ sh_2 มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเองและยังพบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ ทำให้ความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน 2 ชนิดนี้ (bt_1/sh_2) ลดลงมาอยู่ในระดับเดียวกัน (ตารางที่ 9 และภาพที่ 4) นอกจากนี้ ยังพบว่าผลของละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหวานในเมล็ด กล่าวคือ ละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ต่างก็ทำให้ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน

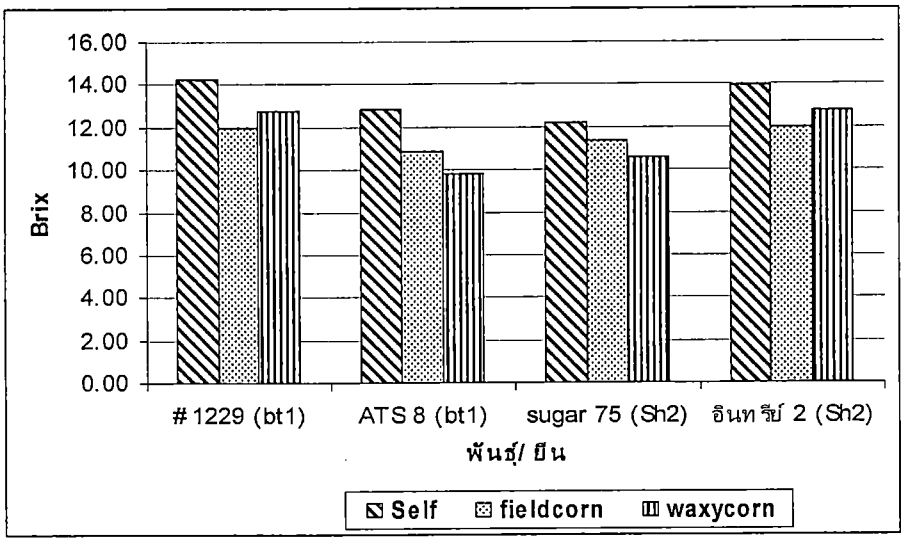
bt_1 และ sh_2 สะสมคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P<.01) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเอง (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3,4)

เมื่อพิจารณาผลของละอองเกสร (xenia effect) ต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดข้าวโพดหวาน พบว่า ละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่กลับทำให้ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนทั้ง 2 ชนิดนี้ (bt_1/sh_2) มีการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดสูงกว่าเมล็ดที่เกิดจากการผสมตัวเอง (ตารางที่ 9และภาพที่ 5,6)

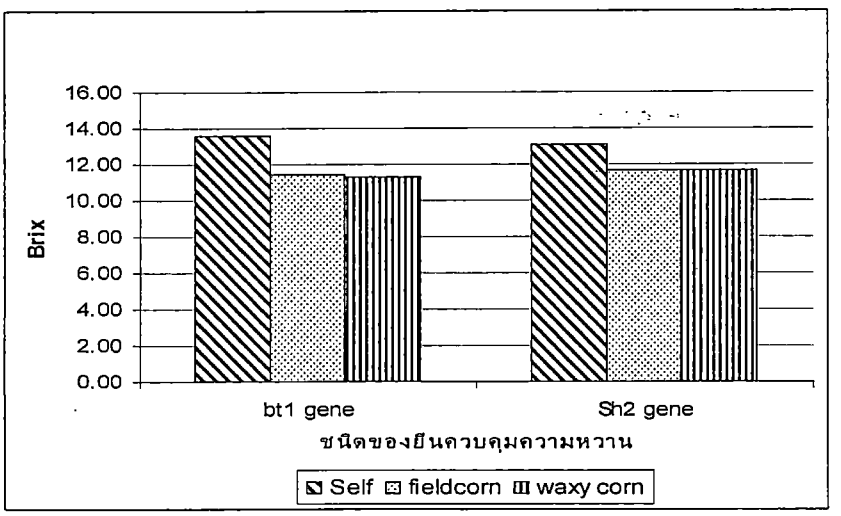
ตารางที่ 10 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (wss)ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2, bt_1 ที่ได้รับการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่ และข้าวโพดข้าวเหนียว

กลุ่มยีน/แหล่งละอองเกสร	ความหวาน (บริกซ์)	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส / มล.)	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (มก.กลูโคส / มล.)
bt_1 gene / Self	13.55 a	11.131 b	123.555 ab
bt_1 gene / field corn	11.44 ab	18.709 ab	59.313 c
bt_1 gene / waxy corn	11.26 ab	18.479 ab	101.940b
sh_2 gene / Self	13.10 a	7.744 c	133.798 a
sh_2 gene / field corn	11.68 ab	23.237 a	61.077 c
sh_2 gene / waxy corn	11.66 ab	18.325 ab	74.134 c
Field corn / Self	13.28 a	14.341 b	74.265 c
Waxy corn / Self	10.40 b	20.642 ab	66.325 c
F - test	**	**	**
$LSD_{.01}$	2.209	6.354	23.249
C.V. (%)	9.1615	18.6074	13.3794

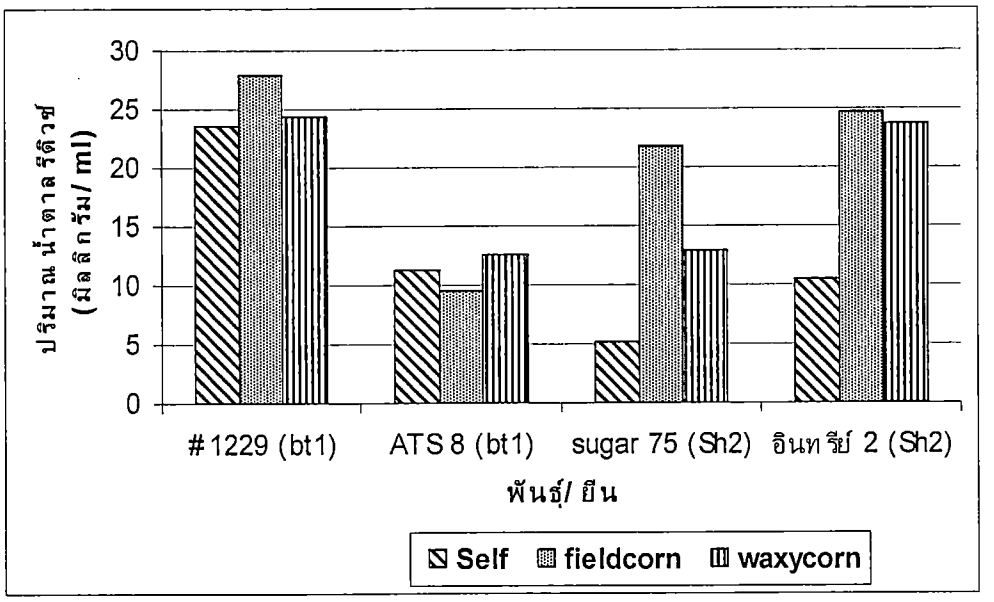
หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



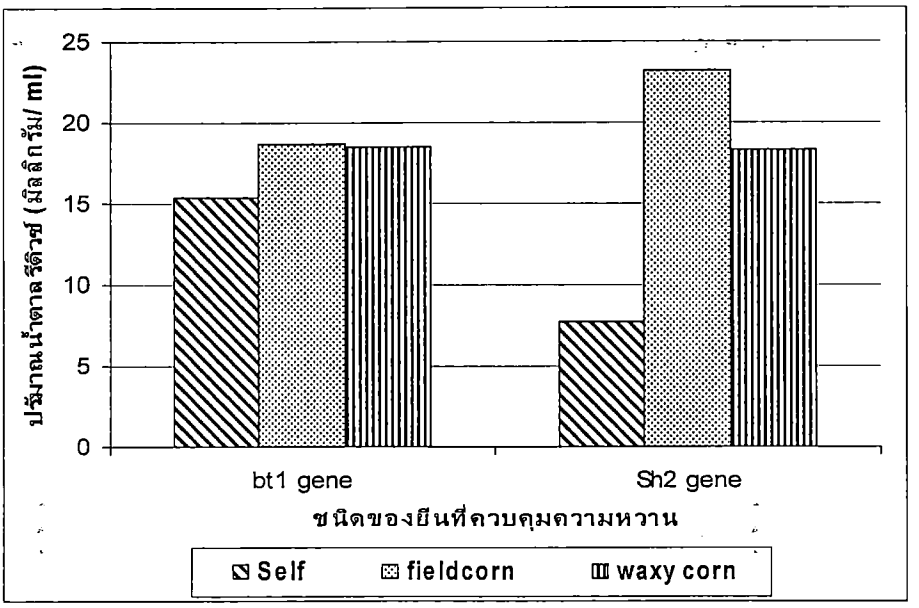
ภาพที่ 3 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (บริกซ์) ในเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่เกิดจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว



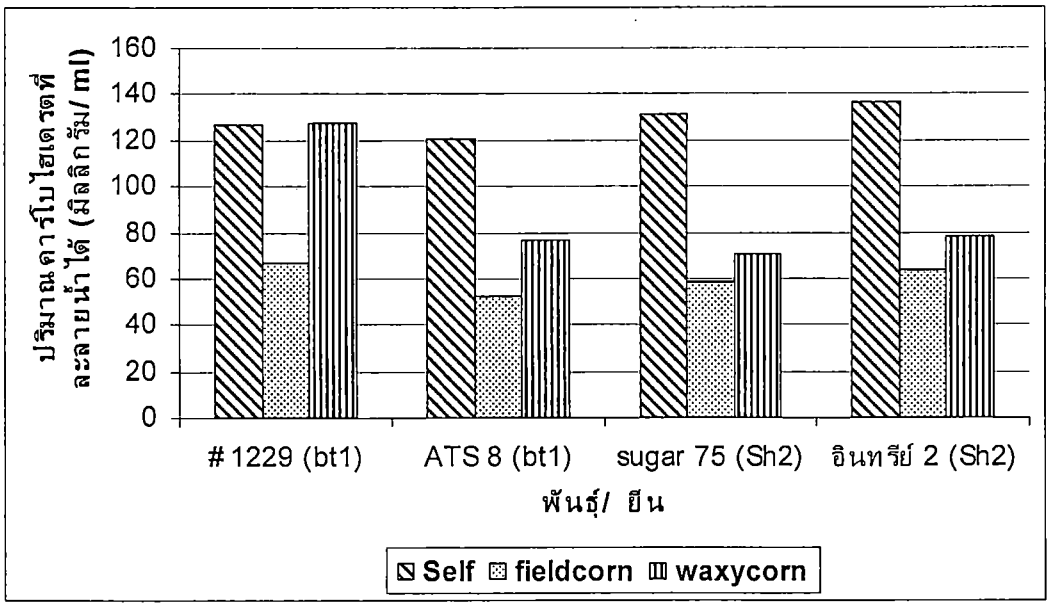
ภาพที่ 4 กราฟแสดงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (บริกซ์) ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน sh_2 และ bt_1 เฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ที่เกิดจากผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว



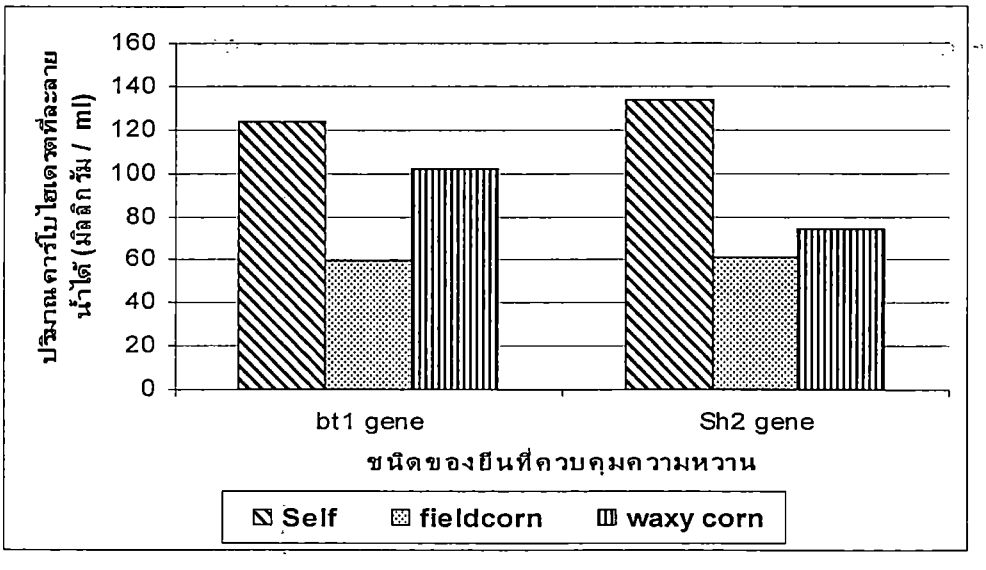
ภาพที่ 5 กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส / มล.) ในเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่เกิดจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว



ภาพที่ 6 กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มก.กลูโคส / มล.)ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน sh_2 และ bt_1 เฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ที่เกิดจากผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว



ภาพที่ 7 กราฟแสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้(มก.กลูโคส / มล) ในเมล็ดข้าวโพดหวาน 4 พันธุ์ ที่เกิดจากการผสมด้วยละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว



ภาพที่ 8 กราฟแสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (มก.กลูโคส / มล)ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน sh_2 และ bt_1 เฉลี่ยจาก 2 พันธุ์ที่เกิดจากผลของละอองเกสรจากข้าวโพดไร่และข้าวโพดข้าวเหนียว

สรุปผลการทดลองที่ 3 และวิจารณ์

1.ผลของละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ ทำให้คุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน bt_1 และ sh_2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดไร่ต่างก็มีผลทำให้ความหวานและปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้ในเมล็ดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน 2 ชนิดนี้ (bt_1 / sh_2) ลดลง อย่างไรก็ตามกลับพบว่าละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่ทำให้น้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน 2 ชนิดนี้ เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวโพดหวาน

2.ละอองเกสรจากข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดไร่มีผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดหรือฝักสดของข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีน bt_1 และ sh_2 ในระดับเดียวกันหรือเหมือนๆ กัน

การทดลองที่ 4 ศึกษาผลของเวลาการเก็บฝักสดในรอบวันและอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วย 2 ปัจจัยการทดลอง

ปัจจัยที่ 1 คือ เวลาเก็บเกี่ยวในรอบวันประกอบด้วย 5 ระยะเวลา ได้แก่

1.1 เก็บฝักสดที่เวลา 6.00 น.

1.2 เก็บฝักสดที่เวลา 9.00 น.

1.3 เก็บฝักสดที่เวลา 12.00 น.

1.4 เก็บฝักสดที่เวลา 15.00 น.

1.5 เก็บฝักสดที่เวลา 18.00 น.

ปัจจัยที่ 2 คือ อายุการเก็บรักษาฝักสดที่อุณหภูมิห้อง (26-33°C) มี 6 ระดับ คือ 0-1,2,3,4 และ 5 วัน

ผลการทดลองที่ 4 และวิจารณ์

ความหวาน

การทดลองเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บฝักสดในรอบวัน และอายุการเก็บรักษา ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพฝักสดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 พบว่าระยะเวลาการเก็บฝักสดในรอบวันมีผลต่อความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ซึ่งแสดงเป็นค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<.01$) โดยเฉลี่ยจากทุกระยะเวลาการเก็บรักษา

หากพิจารณาความหวานโดยเฉลี่ยจากทุกระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าเมล็ดจากฝักที่เก็บใน 18.00น. มีความหวานโดยเฉลี่ยต่ำกว่าเมล็ดที่เก็บจากฝักในช่วงเวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (P<.01) และพบว่าเมล็ดที่เก็บจากฝักในช่วงเวลา 6.00น. มีแนวโน้มให้ความหวานเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดที่เก็บจากฝักใน ช่วงเวลาอื่นๆ (ตารางที่10) นอกจากนี้ พบว่าผลของอายุการเก็บรักษา ต่อความหวานของเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 อย่างมีนัยสำคัญ (P<.01) โดยพบว่าฝักที่เก็บมาใหม่ๆ (อายุการเก็บรักษา =0 วัน) มีความหวานสูงสุดเฉลี่ยจากทุกระยะเวลาการเก็บเกี่ยวในรอบวัน เท่ากับ 14.73 บริกซ์ และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 0-5 วันพบว่าความหวานจะลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยของ วรรณวิภา และสุดารัตน์(2547) โดยพบว่าความหวานจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 10 วัน และไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเก็บฝักสดในรอบวัน กับอายุการเก็บรักษาต่อความหวานของเมล็ดอย่างไรก็ตาม พบว่าฝักสดที่เก็บเกี่ยวในเวลา 18.00น. เมื่อนำไปเก็บรักษาเป็นเวลามากกว่า 24 ชั่วโมง ความหวานในเมล็ดมีแนวโน้มลดลงเร็วกว่าเมล็ดจากฝักที่เก็บเกี่ยวในระยะเวลาอื่นๆ

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกูลโคส/มิลลิลิตร)

การทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บฝักสดในรอบวัน ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ที่สะสมในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 แต่อายุการเก็บรักษา มีผลต่อต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 อย่างมีนัยสำคัญ (P<.01) โดยพบว่าฝักที่เก็บมาใหม่ๆ (อายุการเก็บรักษา =0 วัน) ในทุกระยะเวลาการเก็บเกี่ยวในรอบวันมีน้ำตาลรีดิวซ์สะสมในเมล็ดสูงที่สุด และเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าไม่ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเก็บฝักสดในรอบวัน กับอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในเมล็ดเช่นเดียวกับที่พบในกรณีความหวานในเมล็ด

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(มิลลิกรัมกูลโคส/มิลลิลิตร)

ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาการเก็บฝักสดในรอบวัน และอายุการเก็บรักษามีผล ต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 อย่างมีนัยสำคัญ (P<.01) โดยพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่สะสมในเมล็ดซึ่งเก็บที่ระยะเวลา 6.00 น. มีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในเมล็ดที่เก็บจากฝักในช่วงเวลาอื่น เมล็ดจากฝักที่เก็บเกี่ยวที่เวลา 18.00 น. มีการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเมล็ดโดยเฉลี่ยน้อยกว่าฝักที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาอื่นๆ (ตารางที่12) นอกจากนี้ฝักสดที่เก็บมาใหม่ๆ (อายุการเก็บรักษา 0 วัน) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด สูงกว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในเมล็ดจากฝักที่ผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1-5 วัน อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเมล็ดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 5 วัน

ตารางที่ 11 แสดงผลของเวลาที่เก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อความหวาน(บริกซ์) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2

อายุการเก็บรักษา(วัน)	เวลาที่เก็บเกี่ยว					เฉลี่ย
	6.00 น.	9.00 น.	12.00 น.	15.00 น.	18.00 น.	
0	15.17	14.72	14.57	14.47	13.58	14.73a
1	14.10	14.31	14.07	14.23	13.07	14.20b
2	13.53	13.65	13.27	13.27	12.70	13.60c
3	13.37	12.93	13.03	13.03	12.20	13.04d
4	12.70	12.73	12.81	12.81	12.09	12.75de
5	12.63	12.42	12.42	12.42	11.30	12.33e
เฉลี่ย	13.58a	13.46a	13.36a	13.37a	12.49b	13.44

LSD .01 (harvesting time;A) = 0.43

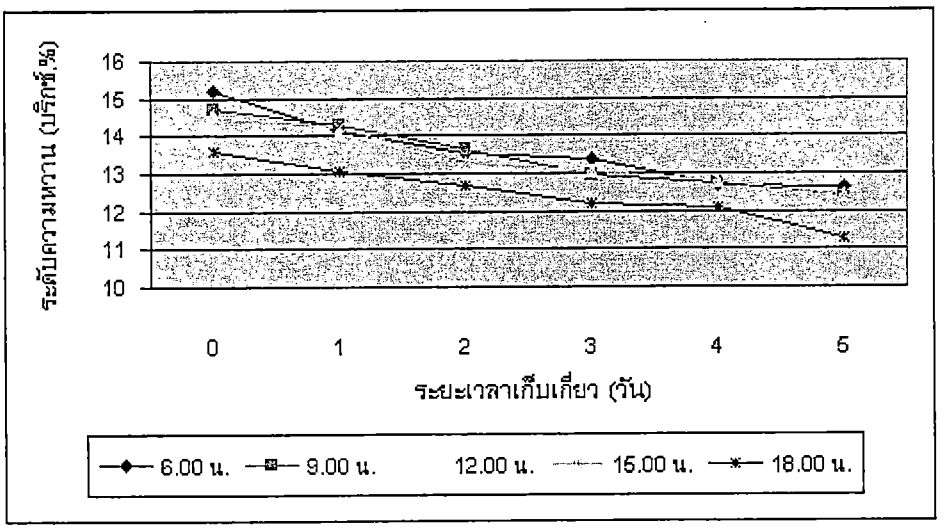
LSD .01 (storage period;B) = 0.47

CV.(%) = 3.6347

F - test (A) **

F - test (B) **

F-test (AB) ns



ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหวานของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 ซึ่งเก็บเกี่ยว ระหว่างเวลา 6.00- 18.00 น. เป็นระยะเวลา 0-5 วัน

ตารางที่ 12 แสดงผลของเวลาที่เก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 (มิลลิกรัมกลูโคส)

อายุการเก็บรักษา(วัน)	เวลาที่เก็บเกี่ยว					เฉลี่ย
	6.00 น.	9.00 น.	12.00 น.	15.00 น.	18.00 น.	
0	19.40	19.11	18.73	19.39	19.03	19.13 a
1	18.72	17.11	17.73	17.11	17.11	17.56 b
2	16.83	16.59	15.91	15.71	15.19	16.05 bc
3	15.69	15.11	14.87	14.75	13.76	14.84 c
4	14.94	14.84	13.62	12.86	12.52	13.76 cd
5	12.29	11.94	12.06	11.83	11.12	11.85 e
เฉลี่ย	16.31	15.78	15.49	15.28	14.79	15.53

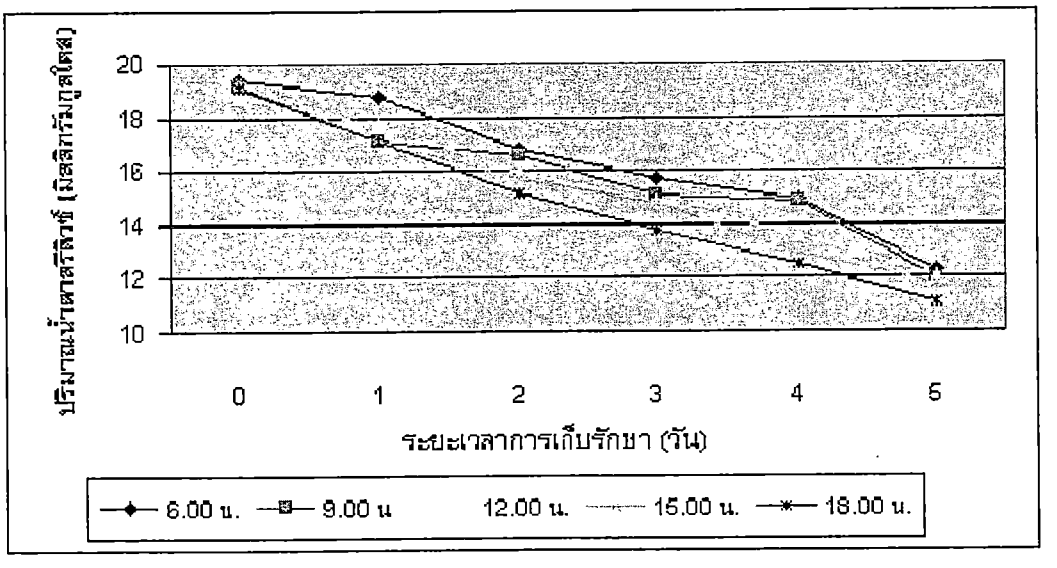
LSD .01 (storage period;B) = 1.53

CV.(%) = 10.1621

F - test (A) ns

F - test (B) **

F - test (AB) ns



ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 ซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างเวลา 6.00-18.00 น. เป็นระยะเวลา 0-5 วัน

ตารางที่ 13 แสดงผลของเวลาที่เก็บเกี่ยว และอายุการเก็บรักษาต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 (มิลลิกรัมกลูโคส)

	เวลาที่เก็บเกี่ยว					
อายุการเก็บรักษา(วัน)	6.00 น.	9.00 น.	12.00 น.	15.00 น.	18.00 น.	เฉลี่ย
0	156.29	154.45	148.27	148.82	134.98	146.63a
1	148.96	147.62	136.78	131.84	130.64	136.72b
2	141.48	129.40	130.83	124.78	114.87	124.97c
3	124.97	119.16	126.08	122.66	92.63	115.13d
4	115.79	112.65	116.85	108.41	89.68	106.90e
5	107.35	107.90	99.55	98.76	66.84	93.26f
เฉลี่ย	132.47a	128.53ab	126.39ab	122.55b	104.94c	120.60

LSD .01 (harvesting time;A) = 6.48

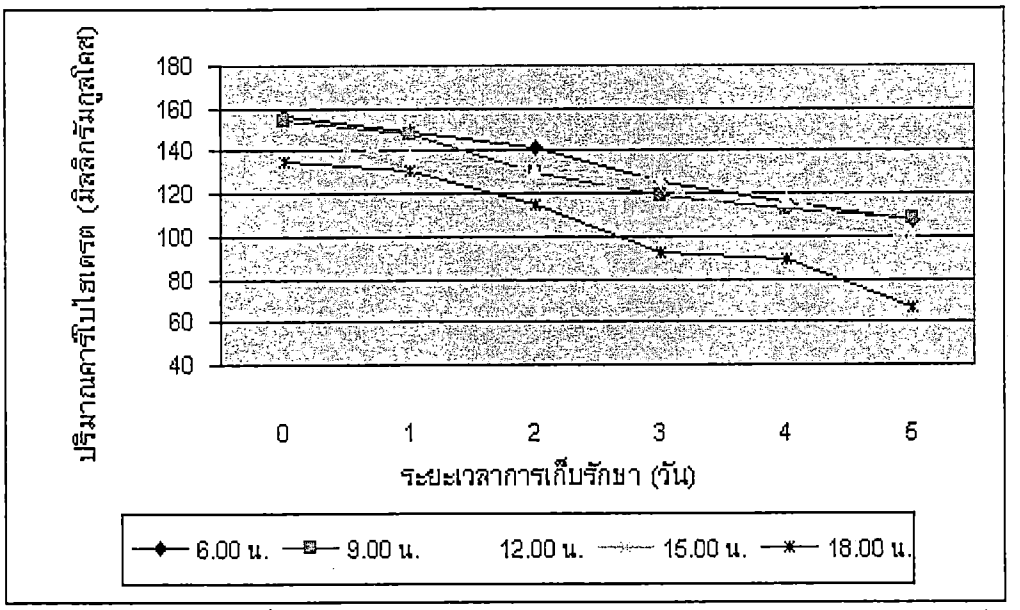
LSD .01 (storage period;B) = 7.10

CV.(%) = 3.1713

F - test (A) **

F - test (B) **

F - test (AB) ns



ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์2 ซึ่งเก็บเกี่ยวระหว่างเวลา 6.00-18.00 น. เป็นระยะเวลา 0-5 วัน

สรุปผลการทดลองที่ 4

การเก็บฝักในช่วงเวลาต่างๆในรอบวันพบว่ามีผลต่อความหวานและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ ทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี2 กล่าวคือหากเกษตรกรทำการเก็บฝักสดในช่วงเวลา 6.00 น. จะได้ฝักสดที่เมล็ดมีความหวานและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดสูงที่สุด และสูงกว่าการเก็บฝักสดในช่วงเวลาอื่น

ฝักสดของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จะมีความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ละสมอยู่ในเมล็ดสูงสุดในระยะเวลาหลังจากการเก็บฝักสดใหม่ๆ (อายุเก็บรักษา 0 วัน) หลังจากนั้นความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้จะค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 5 วัน โดยเฉพาะคุณภาพฝักสดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการเก็บรักษาฝักสดในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลานานกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณวิภาและสุดารัตน์ (2547) ซึ่งรายงานว่าคุณภาพของข้าวโพดฝักสดจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 10 วัน

แม้ว่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บฝักสดในรอบวันกับอายุการเก็บรักษา ต่อคุณภาพฝักสดจะไม่มีนัยสำคัญ แต่จะพบว่าฝักสดที่เก็บเกี่ยวในช่วงเช้า (6.00 น.) มีแนวโน้มที่จะคงรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาไว้ได้ดีที่สุด และดีกว่าฝักที่เก็บในช่วงเวลาอื่นๆในรอบวัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเวลาเก็บฝักสดในรอบวันล่าช้าออกไปเป็น 9.00น. 12.00น. 15.00น. และ

18.00น. จะทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่ในฝักเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความร้อนดังกล่าวจะทำให้ผลผลิตเสื่อมคุณภาพเร็ว ดังนั้นเมื่อเกษตรกรเก็บข้าวโพดหวานแล้วควรรีบนำส่งโรงงานหรือกระจายให้ถึงมือผู้บริโภคโดยเร็วไม่ควรเก็บฝักไว้นานเกินกว่า 24 ชั่วโมง หากเกษตรกรมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการเก็บรักษานานกว่านี้ เกษตรกรควรจะเก็บเกี่ยวฝักสดออกจากแปลงปลูกให้ทันในช่วงเช้าประมาณ 6.00น.-9.00 น.

เอกสารอ้างอิง

กรินไชย ศรีโคกกรวด และจรรยาลักษณ์ บุญยานุเคราะห์. 2544. ผลของอายุเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวาน และข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 27 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2532. อิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้น ในเอกสารการฝึกอบรม Improovement of Postharvest Techiques to Reduce Losses of Perishable Commodities Product in The Highlands of Northern Thailand. โครงการหลวง. หน้า 126 -133

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีระวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 396หน้า

จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2543. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้. ศูนย์ส่งเสริม และฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 89 หน้า.

ชวนชม ดีรัศมี และนงเยาว์ กลั่นแก้ว. 2541.ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการพัฒนา และคุณภาพฝักสดของข้าวโพดหวาน 3 พันธุ์. ปัญหาปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร. 46 หน้า.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2536. พันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อการอุตสาหกรรม. ใน: เอกสารประกอบการสัมมนาการผลิตข้าวโพดหวานเพื่ออุตสาหกรรม วันที่ 28 – 29 มกราคม 2536. กรุงเทพมหานคร. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 56 – 57.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ และราเชนทร์ ถิราพร. 2539. ข้าวโพดฝักสด. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 113 หน้า.

ธวัช ลวะเปารยะ. 2523. แนะนำพืชพันธุ์ใหม่. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 25(6) : 9 – 25.

ประกิต ชลวัฒนะกุล. 2534. การรักษาคุณภาพข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยว.ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 13 หน้า.

ลพ ภวภูตานนท์. 2526. ผลของ hydro cooling และอุณหภูมิเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 16 หน้า

วิไลวรรณ พรหมคำ และวันชัย ถนอมทรัพย์. 2547. สถานการณ์การผลิต และการตลาดของข้าวโพดหวาน และข้าวโพดฝักอ่อน. ใน: การผลิตข้าวโพดฝักอ่อน และข้าวโพดหวานเพื่ออุตสาหกรรมการแปรรูป. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท. กรมวิชาการเกษตร. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. ชัยนาท. หน้า 1 – 9.

วรรณวิภา ภุมภารักษ์และสุดารัตน์ รุนใจ. 2547. ผลของ hydro cooling และระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีคุณภาพของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 หลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

Cobbledick, R.H. 1997. High sugar sweet corn. Ontario University. USA.

Lisec, B., Grath, D.M. and T. Cross. 2004. Sweet corn for processing. Oregon State University. Oregon.

Michaels, T.E. and R.H. Andrew. 1986. Sugar accumulation in Shrunken – 2 sweet corn kernels. Crop Science. 26 : 104 – 106.

http//www.classroom. psu