



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของ
ข้าวโพดหวาน

Effect of Storage Condition on Seed Quality and Biochemical Changes of Sweet Corn

นามผู้วิจัย นางสาวพรพรรณ ศรีทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พิรพงษ์ แสงวานังคกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชเนษฎ์ ม้าลำพอง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์นวรรตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของ
ข้าวโพดหวาน

Effect of Storage Condition on Seed Quality and Biochemical Changes of
Sweet Corn

โดย

นางสาวพรพรรณ ศรีทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรพรรณ ศรีทอง 2555: ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวโพดหวาน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
จุฑามาศ ร่มแก้ว, Ph.D. 100 หน้า

การศึกษาผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวโพดหวาน โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 และ SS1226 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความงอก ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ และความงอกในไร่ สูงกว่าพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 10 เดือน ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 ยังคงมีความงอก และความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ สูงกว่า 90 และ 85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นระยะเวลา 12 เดือน เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจะมีการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณ malondialdehyde เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลง การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ และความสามารถในการเก็บรักษาสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จากการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 และ SS1226 มาเร่งอายุเป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน พบว่า ความงอก และความงอกในไร่ ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณ malondialdehyde เพิ่มขึ้น ปริมาณ malondialdehyde มีความสัมพันธ์กับความงอก ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ของพันธุ์ SK0001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.858^{**} , 0.976^{**} และ -0.878^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์กับพันธุ์ SS1226 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.924^{**} , 0.933^{*} และ -0.919^{**} ตามลำดับ ดังนั้นปริมาณ malondialdehyde สามารถประเมินการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานได้

Pronpan Srithong 2012: Effect of Storage Condition on Seed Quality and Biochemical Changes of Sweet Corn. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Assistant Professor Jutamas Romkaew, Ph.D. 100 pages.

Effect of storage condition on seed quality and biochemical changes of sweet corn were studied. Two sweet corn varieties; SK0001 and SS1226 were stored at 10 °C- 45 % RH, 20 °C - 45 % RH and room temperature for 12 months. The results revealed that SS1226 had germination, vigor as determined by accelerated aging (AA) and field emergence higher than SK0001. After 10 months storage, germination and vigor as determined by AA of SS1226 had still more than 90 and 85 %, respectively. Longer storage periods and higher seed deterioration occurred. As electrical conductivity and malondialdehyde content increased, germination and vigor as determined by AA decreased. Sweet corn seed storage at 10 °C - 45 % RH and 20 °C - 45 % RH had higher seed quality and storability than those of room temperature. The relationship between seed quality and malondialdehyde was found that malondialdehyde increased as germination, germination energy, vigor as determined by AA and field emergence decreased, whereas electrical conductivity increased. In addition, SK0001 and SS1226 were accelerated for 0, 3, 6, 9 and 12 days. It was found that germination and field emergence decreased, while electrical conductivity and malondialdehyde increased. The relationship among malondialdehyde with germination, electrical conductivity and field emergence of SK0001 had correlation coefficient (r) -0.858**, 0.976** and -0.878** and SS1226 had correlation coefficient (r) -0.924**, 0.933* and -0.919**, respectively. Therefore, malondialdehyde content used to determine seed deterioration of sweet corn.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑามาศ ร่มแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก ดร. พिरพงษ์ แสงวนวงศ์กุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนัญญ์ ม้าลำพอง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการวางแผนการ
ทดลอง รวมทั้งการเรียบเรียงตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบ
ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทศพล พรพรม ประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย
และรองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำใน
การแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชูศักดิ์ จอมพุก ตลอดจนคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำในด้านการศึกษาดลอดมา ขอขอบคุณ คุณยุพิน อ่อนศิริ และคุณคะนิงสุข ผลดก ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ช่วยแนะนำวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด ขอขอบคุณคุณกาญจนา ตะถา ที่ให้การสนับสนุน และแนะนำการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานจำกัด ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน และขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ นิสิตภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อสังวาล แม่ลออ ศรีทอง และขอขอบคุณญาติพี่น้องทุกท่านที่เป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา

พรพรรณ ศรีทอง

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	29
สรุปผลการทดลอง	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	31
2 ความงอก (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	35
3 Germination energy (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	38
4 ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	42
5 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g. seed}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	45
6 ความงอกในไร่ (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	49
7 ปริมาณ malondialdehyde ($\mu\text{mol}/\text{g f.w.}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	52
8 ปริมาณ total phenol (ppm) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	55
9 ปริมาณ reducing sugar (mg/ml) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
10 ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน	60
11 ความงอก (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน	62
12 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน	64
13 ความงอกในไร่ (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน	66
14 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุ (accelerated aging test) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน	68
15 ความสัมพันธ์ของความชื้นของเมล็ด (MC) ความงอก (G) germination energy (GE) ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ (AA) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความงอกในไร่ (FE) ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ปริมาณ total phenol (TP) และปริมาณ reducing sugar (RS) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	71
16 สมการถดถอยของความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde (x) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	72
17 ความสัมพันธ์ของความชื้นของเมล็ด (MC) ความงอก (G) germination energy (EG) ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ (AA) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความงอกในไร่ (FE) ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ปริมาณ total phenol (TP) และปริมาณ reducing sugar (RS) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
18	76
19	78
20	78
21	80
22	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเมล็ด ความงอก และ germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน | 94 |
| 2 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน | 95 |
| 3 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ malondialdehyde, total phenol และ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน | 96 |
| 4 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเมล็ด ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน | 97 |

ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของ ข้าวโพดหวาน

Effect of Storage Condition on Seed Quality and Biochemical Changes of Sweet Corn

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. *saccharata*) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย ประเทศไทยมีความต้องการใช้ข้าวโพดหวานสำหรับบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งออก ในรูปของฝักสดและอุตสาหกรรมแปรรูป ทั้งแบบบรรจุกระป๋องทั้งเมล็ด ข้าวโพดครีม แบบบรรจุทั้งฝักในถุงพลาสติกสุญญากาศ และแบบแช่แข็งทั้งเมล็ดและทั้งฝัก (วันชัย และวิไลวรรณ, 2547) ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานเป็นอันดับ 2 ของโลก ปี 2552 มีมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวโพดรวม 5,105 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) และ จากข้อมูลสมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูประบุปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวานกระป๋อง ในปี 2554 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 184,000 ตัน มูลค่าประมาณ 5,700 ล้านบาท (สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป, 2555) ปัจจุบันข้าวโพดหวานที่ผลิตและจำหน่ายเกือบทั้งหมดเป็นข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single cross) ที่ควบคุมด้วยยีน *shrunken - 2* (*sh₂*) (ทวีศักดิ์, 2540; ทวีศักดิ์, 2550) ซึ่งมีส่วนแบ่งประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของตลาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน (สกล และคณะ, 2550) ข้าวโพดหวานพิเศษลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* มีข้อจำกัด คือ มีความงอก และความแข็งแรงต่ำกว่าข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sugary* (*su*) และ *brittle* (*bt*)

เนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งมีชีวิตมีการเสื่อมสภาพไปตามเวลา คุณภาพเมล็ดพันธุ์จะสูงที่สุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Harrington, 1972) การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นการเสื่อมคุณภาพจะเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์พืช ความชื้นของเมล็ด และอุณหภูมิขณะเก็บรักษา สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* จะมีการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เร็วกว่าข้าวโพดหวานชนิดอื่น ซึ่ง Lee *et al.* (2006) ศึกษาสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน

su และข้าวโพดหวานพิเศษที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 เดือน พบว่า การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานในทุกสภาพการเก็บรักษา Calos and McCarty (1996) พบว่า การที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีน้ำตาลมาก และมีแป้งสะสมน้อย ทำให้มีปัญหาด้านการผลิต คือ เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงต่ำ จากการวิเคราะห์เมล็ดที่มีอายุเก็บเกี่ยวพร้อมกันในสายพันธุ์ที่ควบคุมด้วยยีนปกติ (field corn), *su*, *bt* และ *sh₂* พบว่าในยีนปกติ และ *su* ความแข็งแรงของเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งในเมล็ดเพิ่มขึ้น ส่วนพวก *bt* แม้ว่ามีแป้งน้อยแต่ก็สามารถงอกได้ดีและเมล็ดมีความแข็งแรงสูง สำหรับ *sh₂* มีความแข็งแรงและความงอกต่ำ

ในระหว่างการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ มีทั้งการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างสรีรวิทยา และชีวเคมี ซึ่งเกิดขึ้นภายในเซลล์และในอวัยวะต่าง ๆ ภายในเมล็ด การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ การเสื่อมสภาพของผนังเมมเบรน การเปลี่ยนแปลงของไขมัน โปรตีน เอนไซม์ ขบวนการหายใจ ความผิดปกติของโครโมโซม และการเสื่อมสภาพของดีเอ็นเอ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวมานี้ อาจเป็นได้ทั้งสาเหตุหรือเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ และพบว่าการเกิดอนุมูลอิสระและ lipid peroxidation เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมในเมล็ดขณะเก็บรักษา (Wilson and McDonald, 1986; McDonald, 1999) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้วัดปริมาณของ lipid peroxidation คือ malondialdehyde (Sung and Jeng, 1994)

จากการที่ข้าวโพดหวานแต่ละชนิดมีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน จึงทำให้เกิดความสนใจในการศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* และวิเคราะห์ปริมาณ malondialdehyde ซึ่งสันนิษฐานว่ามีความเกี่ยวข้องกับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งพบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* คุณภาพของเมล็ดลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และขณะเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพนั้น มีความสอดคล้องกับปริมาณ malondialdehyde ที่เพิ่มขึ้น (กาญจนา, 2552) อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลเปรียบเทียบของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานชนิดอื่น ๆ ที่มีปลูกอยู่ในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงได้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *bt* มาใช้ในการศึกษา และเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* มาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และองค์ประกอบทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 และ bt ในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีบางประการของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 และ bt ในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีบางประการของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 และ bt ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

การตรวจเอกสาร

1. ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* var. *saccharata* มีชื่อสามัญว่า sweet corn อยู่ในวงศ์ Gramineae จัดอยู่ในสกุลย่อย saccharata มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเหนือ แต่ Cabelly (1966) พบว่า ข้าวโพดหวานมีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง มีโครโมโซม $2n = 20$ เหมือนข้าวโพดไร่ทั่วไป ในสภาพธรรมชาติเป็นพืชผสมข้าม Edmonds *et al.* (1964) รายงานว่า บรรพบุรุษของข้าวโพดหวานนั้น อาจมีถิ่นกำเนิดมาได้ 2 ทาง คือ 1) Teosine หรือ 2) จากข้าวโพดป่า (pod corn) ซึ่งสูญพันธุ์ไปแล้วเป็นต้นตระกูลของข้าวโพด เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานมียีนที่ควบคุมการสร้างแป้งในเมล็ด เกิดการผ่าเหล่าจากยีนข่ม (dominant gene) ไปเป็นยีนด้อย (recessive gene) มีผลทำให้ขบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในเอนโดสเปิร์มของข้าวโพดไม่สมบูรณ์ (Huelsen, 1954)

โดยปกติข้าวโพดไร่มีอาหารสะสมส่วนใหญ่เป็นพวกแป้ง แต่เมื่อเกิดการผ่าเหล่าขึ้น ขั้นตอนในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งถูกจำกัด เนื่องจากเอนไซม์ในกระบวนการสร้างแป้งเกิดความผิดปกติ (Tracy, 1997, 2001; Schultz *et al.*, 2004) ทำให้มีการสร้างแป้งจากน้ำตาลซูโครสช้าลง จึงเกิดการสะสมน้ำตาลซูโครสในปริมาณที่สูง ส่วนการสะสมในรูปแป้งกลับลดลง น้ำตาลที่อยู่ในเมล็ดข้าวโพดมีอยู่ 2 ชนิด คือ ริคิซซึ่งซูการ์ (reducing sugar) และซูโครส (sucrose) จากการที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีการสะสมน้ำตาลซูโครสสูง มีผลทำให้เมล็ดเหี่ยวแห้งเมื่อแก่เต็มที่ การเหี่ยวแห้งของเมล็ดเกี่ยวข้องกับปริมาณการสะสมน้ำตาลในเอนโดสเปิร์ม หากเมล็ดเหี่ยวแห้งมาก แสดงว่ามีปริมาณของน้ำตาลซูโครสสะสมในปริมาณที่สูง (อำพล, 2536) กระบวนการสร้างแป้ง และน้ำตาลภายในเมล็ดข้าวโพดขึ้นอยู่กับความแตกต่างทางพันธุกรรม ความแตกต่างนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมแป้งและน้ำตาลในสัดส่วนที่แตกต่างกันออกไป (ทวีศักดิ์, 2540)

1.1 ความสำคัญของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในหลายรูปแบบเช่น ข้าวโพดหวานแปรรูปบรรจุกระป๋อง ทั้งแบบบรรจุทั้งเมล็ด (whole kernel corn) ข้าวโพดครีม (cream style corn) ข้าวโพดหวานแช่แข็ง (frozen corn on cob) แบบแช่แข็งทั้งเมล็ด แช่แข็งทั้งฝักแบบเมล็ดแห้ง (dehydrate) แบบบรรจุทั้งฝักในถุงพลาสติก

สุญญากาศ และน้ำนมข้าวโพด (sweet corn milk) (โชคชัย, 2551; ทวีศักดิ์, 2540) ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าวโพดหวานในประเทศขยายตัวอย่างมาก สังเกตได้จากปริมาณความต้องการข้าวโพดหวานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานของประเทศ ในปี 2552 มีพื้นที่การผลิตข้าวโพดหวานประมาณ 283,400 ไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) และในปี 2553 ที่ผ่านมามีประเทศไทยมี มีพื้นที่การผลิตข้าวโพดหวานประมาณ 288,715 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) โดยผลผลิตส่วนใหญ่จะถูกส่งเข้าโรงงานแปรรูปผลผลิต นอกจากนั้น การส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวโพดหวานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ปี 2552 มีมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปข้าวโพดรวม 5,105 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2552) และ จากข้อมูลสมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูปประมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวโพดหวาน กระป๋อง ในปี 2554 มีปริมาณการส่งออกประมาณ 184,000 ตัน มูลค่าประมาณ 5,700 ล้านบาท (สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป, 2554) ตลาดส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่ สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐเกาหลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกเมล็ดพันธุ์รายใหญ่ ภาวะตลาดเมล็ดพันธุ์ในปี 2554 มีแนวโน้มเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเมล็ดพันธุ์การค้ามีมูลค่าเศรษฐกิจทั้งตลาดในประเทศและส่งออกรวมปีละประมาณ 7,000 ล้านบาท ไทยส่งออกเมล็ดพันธุ์พืชมากเป็นอันดับ 3 ของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก และเป็นอันดับ 12 ของโลก ในปี พ.ศ. 2554 ไทยมีรายได้จากการส่งออกเมล็ดพันธุ์เป็นมูลค่า 3,853 ล้านบาท และมีศักยภาพก้าวสู่การเป็นศูนย์กลางเมล็ดพันธุ์เขตร้อนของเอเชีย โดยเฉพาะการส่งออกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานก็เป็นธุรกิจที่มีปริมาณและมูลค่าการส่งออกที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ในปี 2551 มีปริมาณ 315.03 ตัน คิดเป็นมูลค่า 98 ล้านบาท ปี 2552 มีปริมาณ 337.56 ตัน คิดเป็นมูลค่า 103.35 ล้านบาท (ฝ่ายพันธุ์พืช สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2553) ปี 2553 มีปริมาณ 456.57 ตัน คิดเป็นมูลค่า 108.73 ล้านบาท (สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์, 2555) ปี 2554 มีปริมาณ 931 ตัน คิดเป็นมูลค่า 231.65 ล้านบาท (ฝ่ายพันธุ์พืช สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2555) ตลาดส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่ อินโดนีเซีย อินเดีย ศรีลังกา เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน กลุ่มอเมริกาใต้ เช่น เอกวาดอร์ โคลัมเบีย บราซิล และอาร์เจนตินาเหนือ

1.2 ประเภทของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. การกลายพันธุ์ของการสังเคราะห์แป้ง (starch synthesis mutants) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยอาศัยผลกระทบของการกลายพันธุ์ต่อองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต (Boyer and Shannon, 1984)

กลุ่ม 1 คือ bt_1 , bt_2 และ sh_2 มีการสะสมน้ำตาล และมีการลดการสร้างคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ระยะเมล็ดสุกแก่ เรียกข้าวโพดที่มีกลุ่มยีน กลุ่มนี้ว่า “supersweet” เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูงถึง 4-8 เท่าของน้ำตาลในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วง 18-21 วันหลังผสมเกสร (days after pollination, DAP) ข้าวโพดหวานในกลุ่มนี้ไม่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้งได้ ดังนั้นจึงมีช่วงที่รักษาน้ำตาลในเมล็ดได้ยาวนานกว่า ถ้าเปรียบเทียบกับ su_1 (ในกลุ่ม 2) ปริมาณน้ำตาลจะเริ่มลดในช่วง 18-20 DAP แต่ในกลุ่ม 1 ปริมาณน้ำตาลจะเริ่มลดในช่วง 21-28 DAP ซึ่งลักษณะคุณภาพอื่น ๆ เช่น ความนุ่มจะลดลงหลังจากช่วงนี้เช่นกัน ดังนั้น ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานในกลุ่มที่ 1 นี้คือ 18-24 DAP แต่ข้าวโพดหวานในกลุ่มที่ 1 นี้มีข้อเสียในเรื่องของการงอก คือ งอกช้าและความแข็งแรงของต้นกล้าน้อยกว่าข้าวโพดยีน su_1 ยีน sh_2 อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 3 ตำแหน่ง 111.2 มีน้ำตาลซูโครส 20 - 30 เปอร์เซ็นต์ มีความหวานมาก และอาจจะกรอบ ส่วนยีน bt อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 5 ตำแหน่ง 22 มีน้ำตาลซูโครส 20-30 เปอร์เซ็นต์ มีความหวานกรอบ ยีนทั้งสองนี้ให้ผลต่อข้าวโพดหวานคล้ายคลึงกันมากไม่สามารถแยกได้จากลักษณะของเมล็ด

กลุ่ม 2 คือ ae_1 , $dull_1$, su_1 และ wx_1 มีการเปลี่ยนชนิดและปริมาณของการสร้างโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) หลังจากที่มีความเข้มข้นน้ำตาลเพิ่มขึ้นไปจนกระทั่งสูงสุด ในเอนโดสเปิร์มของ su_1 น้ำตาลจะเปลี่ยนเป็น water-soluble polysaccharide (WSP) ทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยว เป็นผลให้ความหวานลดลง มีการสูญเสีย น้ำของน้ำตาลอย่างต่อเนื่อง จากจุดสูงสุดซึ่งอยู่ในช่วง 18-20 DAP และที่ 28 DAP ระดับน้ำตาลจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์จากระดับที่เหมาะสมสำหรับการรับประทานหรือมากกว่านั้น การเปลี่ยนน้ำตาลเป็น WSP และแป้งจะเร็วขึ้นถ้าอากาศร้อน ดังนั้นช่วงเวลาที่เหมาะสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวโพดกลุ่ม su_1 จะต้องเก็บอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะถ้าอากาศร้อน

2. จำแนกข้าวโพดหวานตามหน่วยพันธุกรรม (gene) ที่ควบคุมได้ดังนี้ (ทวิศักดิ์, 2540)

1. กลุ่มที่ควบคุมด้วยยีนซูการ์รี่ (sugary gene, *su/su*) มีอยู่สองคู่ด้วยกัน คือ *su₁* และ *su₂* ได้มีรายงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2467 ว่า *su* ทำให้เกิดการสะสม phytoglycogen ซึ่งเป็น water soluble polysaccharide และเป็นตัวที่ทำให้ข้าวโพดหวานนุ่ม ข้าวโพดหวานกลุ่มนี้มีปลูกในประเทศไทยมานาน มีความหวานเล็กน้อย มีน้ำตาลซูโครส (sucrose) ประมาณ 10.2 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีซูโครสประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดมีสีเหลืองอ่อน มีเปลือกหุ้มเมล็ดค่อนข้างเหนียว เวลารับประทานมักติดฟัน เมล็ดแก่จะเหี่ยวยุบ เนื่องจากมีแป้งในเมล็ดเพียง 28 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดเกิดการยุบตัวมาก

2. กลุ่มที่ควบคุมด้วยยีนขรุ้งเค่น (shrunk gene, *sh/sh* หรือ *sh₂/sh₂*) มีอยู่หลายตัวด้วยกัน คือ *sh₁*, *sh₂*, *sh₃*, *sh₄* และ *sh₅* มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น มีการค้นพบยีน *sh* ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2464 และในปี พ.ศ. 2487 ก็มีการค้นพบ *sh₂* ข้าวโพดหวานกลุ่มนี้มีความหวานสูงกว่าในกลุ่มแรก มีซูโครสประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อต้มและทิ้งไว้จนเย็นจะเหี่ยวเร็วกว่ากลุ่มแรก เมล็ดมีสีเหลืองส้ม เปลือกหุ้มเมล็ดเหนียวน้อยกว่ากลุ่มแรก เวลารับประทานมักจะไม่ค่อยติดหรือมีติดอยู่บนซังเพียงเล็กน้อย เวลารับประทานมักจะไม่ค่อยติดหรือมีติดอยู่บนซังเพียงเล็กน้อย เมล็ดแก่จะยุบตัวมากกว่า เพราะมีแป้งเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ข้าวโพดหวานที่อยู่ในกลุ่มนี้ เช่น พันธุ์อินทรี 2 ซูการ์ 73 ไฮบริด 5 และไฮบริด 10 เป็นต้น

3. กลุ่มที่ควบคุมด้วยยีนบริทเทิล (brittle gene, *bt/bt* หรือ *bt₂/bt₂*) มี 3 คู่ คือ *bt*, *bt₂* และ *bt₄* เป็นยีนที่มีผลคล้าย shrunk มาก และเราไม่สามารถบอกได้จากลักษณะของเมล็ด แต่อาจจะดูได้จากต้น ข้าวโพดหวานในกลุ่มนี้จะมีมีความหวานใกล้เคียงกับกลุ่มที่สอง เมล็ดมีสีเหลืองนวล เปลือกหุ้มเมล็ดบาง เวลารับประทานกัลดหลุดจากซังง่าย จึงไม่ติดฟัน และจะมีความหวานกรอบมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ พันธุ์ที่มียีนบริทเทิลควบคุมความหวาน เช่น พันธุ์เอทีเอส - 2 หรือซูการ์

74

4. กลุ่มที่มียีนเสริม ข้าวโพดหวานชนิดนี้จะมียีนที่เป็น homozygous recessive อยู่หนึ่งตำแหน่งแต่อีกตำแหน่งหนึ่ง จะเป็น heterozygous เมื่อนำเมล็ดไปปลูกเพื่อผลิตฝักสด ยีนที่เป็น heterozygous จะแยกตัวตามกฎของ Mendel มีผลทำให้ 25 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดที่มารับประทานนั้นเป็น double recessive ทำให้ผู้รับประทานมีความรู้สึกว่าข้าวโพดนั้นหวานขึ้น ข้าวโพดหวานพวกนี้มียีน *su* เป็นพื้นฐานเพราะนักปรับปรุงพันธุ์ ต้องการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานนั้นให้หวานขึ้นโดยการนำยีน *sh₂* หรือ ซูการ์รี่เอ็นฮานเซอร์ (sugary enhancer, *se*) มาช่วยเสริมตัวอย่าง

ข้าวโพดหวานชนิดนี้คือพันธุ์ Sugar Loaf, Honey Comb และ Sugar Time เป็นต้น ในประเทศไทย ข้าวโพดข้าวเหนียวหวานขอนแก่นอาจจะจัดอยู่ในประเภทนี้ได้ โดยมียีน sh_2 เป็นพื้นฐาน และมียีน su หรือ wx เป็นตัวเสริม ได้มีผู้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานประเภทนี้เข้ามาปลูกเหมือนกัน ดังเกตง่าย ๆ คือ ผักข้าวโพดหวานอาจจะมีเมล็ด 2 สี คือ สีเหลืองและสีขาว โดยจะอยู่ในอัตราส่วน 75: 25 ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน หรือวงการค้าเมล็ดข้าวโพดหวานจะเรียกว่า bi-color แต่ถ้าจะพิสูจน์ให้เห็นชัดว่าข้าวโพดหวานนั้น อาจเกิดจากยีนเสริมหรือไม่ก็ต้องนำฝักของข้าวโพดหวานที่สงสัยนั้นมาตากให้แห้ง แล้วดูว่าเมล็ดที่แห้งแล้วเหมือนกันทั้งฝักหรือไม่ ถ้าเมล็ดที่แห้งแล้วเหมือนกันทั้งฝักก็แสดงว่าเป็นข้าวโพดหวานชนิดเดียวกัน แต่ถ้าเมล็ดที่แห้งแล้วมีเมล็ดลีบมาก ๆ คล้ายข้าวโพดหวานพิเศษอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดลีบมาก ๆ นี้เป็น double recessive ที่เหลืออีก 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเมล็ดข้าวโพดหวานธรรมดา ข้าวโพดหวานฝักนั้นก็เป็ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนเสริม

5. กลุ่มที่เกิดจากยีนร่วม เนื่องด้วยข้าวโพดหวานธรรมดามีความหวานน้อย และปัญหาเรื่องอัตราความงอกต่ำในข้าวโพดหวานพิเศษ นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน จึงได้พยายามนำยีนต่าง ๆ มาอยู่ร่วมกันในสภาพ homozygous recessive ที่ทุก ๆ ตำแหน่ง (locus) เพื่อให้ได้ข้าวโพดหวานที่มีคุณภาพดีขึ้น คือ ปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น และแก้ปัญหาในเรื่องอัตราความงอกต่ำ อย่างไรก็ตาม พันธุ์ข้าวโพดที่นิยมปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่ จะเป็นพันธุ์ที่ควบคุมความหวานด้วยยีน 2 ชนิด คือ ยีน sh_2 และยีน su_1 ซึ่งพันธุ์ทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว มีอัตราส่วนทางการตลาดใกล้เคียงกัน

ความหวานของข้าวโพดเกิดได้จากยีนหลายตัว แต่ตัวที่มีความสำคัญ และมีการนำไปใช้ในการปรับปรุงข้าวโพดหวาน คือ ยีน sh ซึ่งมีอยู่หลายยีน แต่อยู่กันละโครโมโซม นั่นคือ sh_1, sh_2, sh_3, sh_4 และ sh_5 มีผลให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ในปี 1921 และ 1944 ได้มีการค้นพบยีน sh_2 ซึ่งให้ลักษณะความหวาน และมีผลกระทบจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิ และความชื้นน้อยที่สุด โดยข้าวโพดหวานพิเศษสามารถรักษาระดับน้ำตาล และความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวไว้ได้นานกว่าข้าวโพดหวาน ทำให้มีการนำข้าวโพดหวานพิเศษมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพข้าวโพดหวานกันอย่างกว้างขวาง (ทวิศักดิ์, 2540)

ข้าวโพดหวานที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน เนื่องจากมียีนควบคุมต่างชนิดกัน ข้าวโพดหวานที่ถูกควบคุมด้วย mutant gene คือ *sugary 1 (su₁)* มีประสิทธิภาพต่ำใน

การที่จะเปลี่ยน soluble dextrin เป็นแป้ง จึงมีผลทำให้ปริมาณ sucrose และ dextrin ในเมล็ดมีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดไร่ (starchy corn) เมล็ดข้าวโพดหวานมีปริมาณ sucrose ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำตาลทั้งหมด และมีน้ำตาล 2 - 3 เท่าของเมล็ดข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวานแตกต่างกับข้าวโพดหวานพิเศษ (super sweet corn) ตรงที่ข้าวโพดหวานมียีน *su* หรือ *su₁* แต่ในข้าวโพดหวานพิเศษมี mutant gene คือ ยีน *shrunkened₂* (*sh₂*) ควบคุมอยู่ Calos and McCarty (1996) รายงานว่า การที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีน้ำตาลมาก และมีแป้งสะสมน้อย ทำให้มีปัญหาด้านการผลิต คือ เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงต่ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์เมล็ดที่มีอายุเก็บเกี่ยวพร้อมกันในสายพันธุ์ที่ควบคุมด้วยยีนปกติ (field corn), *su*, *bt* และ *sh₂* พบว่าในยีนปกติ และ *su* ความแข็งแรงของเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งในเมล็ดเพิ่มขึ้น ส่วนพวก *bt* แม้ว่ามีแป้งน้อยแต่ก็สามารถงอกได้ดีและเมล็ดมีความแข็งแรงสูง สำหรับ *sh₂* มีความแข็งแรงและความงอกต่ำ นอกจากนี้การที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีน้ำตาลในเมล็ดมากเป็นโอกาสให้เชื้อโรคเข้าทำลายเมล็ดได้ง่ายและมากขึ้น โดยเฉพาะพวก *sh₂* (Wilson and Mohan, 1998) ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* มีแป้งในเอนโดสเปิร์มต่ำ เป็นสาเหตุให้ความแข็งแรงต่ำ ทำให้ความงอกและความงอกในไร่ต่ำไปด้วย (Parera and Cantliffe, 1994) Wam (1986) พบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* มีความงอกช้า และมีความสม่ำเสมอของการงอกน้อยกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน amylase extender (*ae*), dull (*du*) และ waxy (*wx*) ตามลำดับ สอดคล้องกับ Johnson (2008) พบว่า ข้าวโพดหวานที่มียีนควบคุมต่างชนิดกัน จะมีความแข็งแรงแตกต่างกัน ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *su* จะมีความแข็งแรงสูงกว่า *se* heterozygous, *se* homozygous, *sh₂* augmented และ *sh₂*

2. ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

ความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในห้องเก็บและความชื้นของเมล็ด ถ้าเมล็ดมีความชื้นต่ำ และเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ สามารถเก็บรักษาไว้ได้โดยปลอดภัยเป็นเวลานาน แต่ถ้าเมล็ดมีความชื้นสูง ถึงแม้ว่าจะเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิต่ำจะเก็บรักษาไว้ได้ปลอดภัยในระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น (Delouche and Baskin, 1973) ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ มีดังนี้

2.1 ประวัติของเมล็ด

เมล็ดพันธุ์พืชแม้ว่าเป็นชนิดเดียวกัน แต่ต่างพันธุ์กัน อัตราการเสื่อมและอายุการเก็บรักษาจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีลักษณะทางกายวิภาคและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น ลักษณะเมล็ดแข็ง ซึ่งถูกควบคุมด้วยลักษณะทางพันธุกรรม เมล็ดที่ต่างพันธุ์กันมีลักษณะทางกายวิภาคและองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ทำให้มีลักษณะและปริมาณเมล็ดแข็งแตกต่างกัน ทำให้อัตราการเสื่อมและอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน (วันชัย, 2538)

เมล็ดพันธุ์ที่มีอายุสุกแก่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จากการศึกษาของ TeKrony and Hunter (1995) พบว่า ระยะเวลาสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมคู่ ลูกผสมสามทาง พันธุ์ผสมเปิด และ modified single cross แตกต่างกันและจะมีความแข็งแรงสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา สอดคล้องกับ Ajayi and Fakorede (2000) พบว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพดพันธุ์ Oba Supa 1 และ Oba Supa 2 ที่ 45 และ 48 วันหลังออกไหม ตามลำดับ มีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดีกว่าที่เก็บเกี่ยวก่อนหรือหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา Araujo *et al.* (2006) พบว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพดหวานพันธุ์ Doce Cristal ที่ 47 - 75 วันหลังออกไหม เมล็ดจะมีคุณภาพสูง สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 45 วันหลังออกไหม มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน su จากการศึกษาของ กาญจน (2552) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ SK0001 ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีความสามารถในการเก็บรักษาแตกต่างกัน เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อายุเก็บเกี่ยว 48 และ 53 วันหลังออกไหม เมื่อนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

Nass and Crane (1990) ศึกษาผลของยีนที่เกิดการผ่าเหล่าในข้าวโพดหวานที่มีต่อความงอกและอัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่าข้าวโพดหวานมีความงอกและอัตราเร็วในการงอกต่ำกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถงอกได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 9 วัน แต่ข้าวโพดหวานไม่สามารถงอกได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ให้เวลาในการงอกนานถึง 11 วัน การที่เมล็ดข้าวโพดหวานมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นี้ ขึ้นกับปริมาณน้ำตาล และ soluble solid ในเมล็ด Cameron and Cole (1985) รายงานว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนค้อย 2 จะมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดเมื่อแก่เต็มที่น้อยกว่าเมล็ดที่ควบคุมด้วยยีนค้อยเพียงคู่เดียว ซึ่งการที่เมล็ดมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่านี้ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่า

เพราะมีอาหารสะสมไว้ใช้ในการงอกน้อย นอกจากนี้ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนด้อย 2 คู่ จะมีความผันแปรในด้านความสูงของฝักมากกว่าพวกที่มียีนด้อยเพียงคู่เดียว

Santipracha *et al.* (1997) ศึกษาวิธีการเร่งอายุที่มีต่อการตอบสนองของข้าวโพดลูกผสม 3 ประเภท คือ single cross (Tevada 77) double cross (Pacific 11) และ three-way cross (Pacific 47) พบว่า ทั้ง 3 พันธุ์ตอบสนองต่อการเร่งอายุที่อุณหภูมิที่ 44 องศาเซลเซียส นาน 96 ชั่วโมง พันธุ์ singlecross (Tevada 77) มีความแข็งแรงต่ำสุดตามด้วย double cross (Pacific 11) และ three-way cross (Pacific 47) มีความแข็งแรงสูงสุด จากการศึกษาความสามารถในการเก็บรักษาและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีผลมาจากสภาพการเก็บรักษา พบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความงอก ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ และความงอกในไร่ สูงกว่าพันธุ์ SK0001 (พรพรรณและคณะ, 2554) สอดคล้องกับงานทดลองของ Lee *et al.* (2006) ศึกษาสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน *su* และข้าวโพดหวานพิเศษที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 เดือน พบว่า การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าเมล็ดข้าวโพดหวานในทุกสภาพของการเก็บรักษา

2.2 ความชื้นของเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นของเมล็ดมีความสำคัญเนื่องจากมีผลต่อกิจกรรมเมตาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ แต่ความชื้นของเมล็ดถูกควบคุมโดยความชื้นของบรรยากาศ (วันชัย, 2538) พบว่า เมล็ดข้าวโพดลูกผสมที่มีความชื้น 8, 10 และ 12 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 และ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเมล็ดไว้ได้นานถึง 5 ปีโดยที่เมล็ดยังคงมีความงอก 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่มีความชื้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ปี และหากเมล็ดมีความชื้น 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์จะตายภายใน ครึ่งปี ถึง 1 ปี เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส (Goodsell *et al.*, 1995)

นิตา และคณะ (2524) ศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษ โดยใช้เมล็ดพันธุ์จาก 2 แหล่ง เมล็ดมีความงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้น 4 ระดับ คือ 11.7, 10.6, 9.4 และ 8.6 เปอร์เซ็นต์ บรรจุเมล็ดพันธุ์ในกระป๋องและถุงพลาสติก เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10

เดือน พบว่า ความชื้นเมล็ดพันธุ์มีผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในกระป๋องเป็นอย่างมากโดยเมล็ดที่มีความชื้นเริ่มต้น 11.7 และ 8.6 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกเหลือเพียง 31 และ 83 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่เก็บในถุงพลาสติกที่มีความชื้นเริ่มต้น 11.7 และ 8.6 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกเหลือ 67 และ 78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ภาณี และคณะ (2527) พบว่า ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในกระป๋องในสภาพอุณหภูมิห้องสามารถความงอกเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 ปีครึ่ง เมื่อบรรจุในกระป๋องด้วยความชื้นเริ่มต้น 7 เปอร์เซ็นต์ ดวงอร (2529) พบว่า ข้าวโพดหวานที่มีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิห้องในถุงกระดาษธรรมดา จะมีความมีชีวิตเพียง 6 - 8 เดือน ขณะที่เก็บรักษาในสภาพปิดผนึกจะคงความมีชีวิตได้นานกว่า 1 ปี

2.3 อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา

วันชัย (2538) รายงานว่า อุณหภูมิมีส่วนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาของเมล็ดเนื่องจากอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมี และกิจกรรมทางเอนไซม์ในขบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีต่าง ๆ อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งเสริมกิจกรรมทางเมตาบอลิซึม เช่น การหายใจ และการทำงานของเอนไซม์สูงขึ้น และจะมีผลรุนแรงมากขึ้นหากความชื้นของเมล็ดสูง Abba and Lavato (1999) พบว่า เมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาเมล็ดได้นานถึง 2 ปี โดยความงอกของเมล็ดยังไม่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมนั้น เมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น บุญมี และคณะ (2550) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากห้องที่ควบคุมนั้นเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพช้าเนื่องจากเมล็ดถูกเก็บไว้ในที่อุณหภูมิและความชื้นเหมาะสมโดยที่ยืนและความแข็งแรงของเมล็ดมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติช้ากว่าอัตราการเสื่อมที่เกิดจากสภาพการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ในสภาพห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ มีความงอก ความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง (สุปรานี และคณะ, 2550) สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีคุณภาพของเมล็ด และความสามารถในการเก็บรักษา สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (กาญจนา, 2552) สอดคล้องกับ

พรพรรณ และคณะ (2554) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SS1226 และ SK0001 ที่นำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

3. สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพืชเป็นสิ่งมีชีวิต เมื่อเจริญเติบโตและพัฒนาถึงจุดที่สมบูรณ์สูงสุดแล้วย่อมเสื่อมสภาพและอ่อนแอลงจนกระทั่งเมล็ดตายในที่สุด การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดจะเริ่มเกิดขึ้นหลังจากเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา ที่ระลอกแก่ทางสรีรวิทยานี้เมล็ดจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด ขณะเดียวกันก็เริ่มมีขบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดเกิดขึ้นด้วยหลังจากนั้นความแข็งแรงของเมล็ดจะลดลง เมล็ดจะมีการเสื่อมคุณภาพสูงสุดเมื่อเมล็ดตาย (จวงจันทร, 2529ข) ในขณะเดียวกันก็จะมี การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีเกิดขึ้น เมล็ดมีการสูญเสียความงอกจนกระทั่งเมล็ดตาย (Wilson and McDonald, 1986; Hendry, 1993) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้แก่ การเสื่อมสภาพของผนังเมมเบรน การเปลี่ยนแปลงของไขมัน การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ การเปลี่ยนแปลงของขบวนการหายใจ ความผิดปกติของโครโมโซม และการเสื่อมสภาพของดีเอ็นเอ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวมานี้ อาจเป็นได้ทั้งสาเหตุหรือเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ (วันชัย, 2538) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ยังไม่สามารถสรุปหรือวินิจฉัยได้แน่นอน Kapoor *et. al.* (2010) รายงานว่า การลดลงของความมีชีวิต อัตราการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี โดยจะมีโปรตีนและน้ำตาลลดลง

จากการที่เมล็ดพืชต่างชนิดกัน มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันออกไป เมล็ดธัญพืช และพืชตระกูลหญ้า มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และมีโปรตีนกับไขมันอยู่ในสัดส่วนที่น้อย โดยส่วนใหญ่องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดมีอยู่ 3 อย่าง คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยทั่วไปข้าวโพดหวานมีองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดคือ โปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 9 เปอร์เซ็นต์ แป้งและน้ำตาลรวมกันประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีไขมันในเมล็ดสูงกว่าเมล็ดข้าวโพดที่มีไขมันอยู่ 5 เปอร์เซ็นต์ (วันชัย, 2538) แต่เมื่อแบ่งตามประเภทของข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีนต่างชนิดกันนั้น เมล็ดข้าวโพดหวานมี reducing sugar 5.4 เปอร์เซ็นต์ ซูโครส 10.2 เปอร์เซ็นต์ water soluble protein 22.8 เปอร์เซ็นต์ และแป้ง 20.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าวโพดหวาน

พิเศษมี reducing sugar 4.9 เปอร์เซ็นต์ ซูโครส 29.9 เปอร์เซ็นต์ water soluble protein 4.4 เปอร์เซ็นต์ และแป้ง 18.4 เปอร์เซ็นต์ (ทวิศักดิ์, 2540)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เมล็ดมีการเสื่อมสภาพและคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บรักษา ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ด ระยะเวลาในการเก็บรักษา และชนิดพืช (Elias and Copeland, 1994; Fabrizius *et al.*, 1999) ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในการเก็บรักษา ก็จะมีผลทำให้มีการพัฒนาของอนุมูลอิสระ เช่น superoxide radical, hydrogen peroxide และ hydroxyl radical ทำลายโครงสร้างของเซลล์พืช (Smirnoff, 1993) การเสื่อมสภาพของเมล็ดเกี่ยวข้องกับการสูญเสีย cell membrane integrity (Roberts, 1973) เนื่องจากกิจกรรมของ free radicals (Wilson and McDonald, 1986; Hendry, 1993) เมื่อเมมเบรนต่าง ๆ ภายในเมล็ดเสื่อมสภาพลง มีผลทำให้มีสารต่าง ๆ รั่วไหลออกมาจากเมล็ด เช่น น้ำตาล สารอนิน-ทรีย์ กรดอินทรีย์ โปรตีนและกรดอะมิโน (Duke *et al.*, 1983) และ phenolic compound ในเมล็ดที่มีการรั่วไหลออกมา (Bekkara *et al.*, 1998) lipid peroxidation เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมสภาพ เกี่ยวข้องกับการสูญเสียการทำงานของเอนไซม์ โปรตีน เสื่อมสภาพ การหายใจลดลง และการเสื่อมสภาพของเซลล์เมมเบรน (McDonald, 1999) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวข้างต้น เชื่อกันว่า การเสื่อมสภาพของเซลล์เมมเบรนเป็นปรากฏการณ์เริ่มแรกที่เกิดขึ้นระหว่างการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ (Delouche and Baskin, 1973) ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ในที่สุด

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพนั้นได้มีการเก็บรักษาภายใต้สภาพของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดสูง (McDonald, 1999) ภายใต้สภาพดังกล่าว เมล็ดจะมีการสูญเสียความมีชีวิตภายใน 2 - 3 วัน ถึง 1 สัปดาห์ ในกระบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นั้นมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทุกเซลล์มีกระบวนการหายใจโดยใช้สารอาหารที่สะสม (food reserves) (McDonald, 1999) ภายในเมล็ดรวมทั้งที่เป็นองค์ประกอบของออร์แกเนลในเซลล์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ ในกระบวนการหายใจของเซลล์จะเกิดอนุมูลอิสระที่เป็นผลิตภัณฑ์ของ reactive oxygen species (ROS) ซึ่ง ROS เป็นรูปของออกซิเจนที่ไม่เสถียรและสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ เช่น ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก แล้วได้อนุมูลอิสระตัวใหม่ ซึ่งจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ และส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์และเกิดสารที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ (Hatice *et al.*, 2006) ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดและของผนังเซลล์เกิดเปอร์ออกซิเดชัน (peroxidation) ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นอันตรายต่อเซลล์คือ

peroxidation product ซึ่งเป็นสารกลุ่ม peroxide ของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน แต่ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์จากการเกิด peroxidation ของไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ได้แก่ malondialdehyde (MDA) และอนุพันธ์ของ malondialdehyde ในเมล็ดพืชน้ำมัน การเพิ่มขึ้นของ lipid autooxidation และปริมาณกรดไขมันระหว่างการเก็บรักษา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation มีความเกี่ยวข้องกับการลดลงของความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดเมื่อเมล็ดมีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งพบในทานตะวัน (Bailly *et al.*, 1998) และ ฝ้าย (Goel *et al.*, 2003) เป็นต้น ปกติไขมันที่สะสมในเมล็ดลดลงในระหว่างการเก็บรักษานั้น เนื่องจากเมตาโบลิซึมของเมล็ด โดยการย่อยทำลายของเอนไซม์ ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ซึ่งสะสมมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษาของเมล็ด การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์และความสัมพันธ์กับการลดลงของความงอกของเมล็ด อาจเป็นไปได้ว่ากรดไขมันอิสระมีส่วนในการทำลายผนังเมมเบรน ดังนั้นการเสื่อมสภาพของเมล็ดที่เก็บรักษา อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีบางขบวนการที่ก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นกับผนังเมมเบรน เป็นขบวนการที่เรียกว่า peroxidation จะเกิดได้ในเมล็ดแม้จะมีความชื้นต่ำ

เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุจะพบว่า lipid peroxidation และการเสื่อมสภาพของผนังเมมเบรนเกิดขึ้น (Wilson and McDonald, 1986; McDonald, 1999) เช่น ในเมล็ดข้าว (Matsuda and Hirayama, 1973) และถั่วเหลือง (Priestley and Leopold, 1983) เป็นต้น การเกิด lipid peroxidation สามารถวัดได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ malondialdehyde ซึ่ง malondialdehyde เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Sung and Jeng, 1994) การเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation และปริมาณกรดไขมันระหว่างการเก็บรักษา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Reuzeau *et al.*, 1992) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตระหว่างการเก็บรักษา (Sung, 1996; Goel and Sheoram, 2003) และเป็นสารเริ่มต้นในการทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเมล็ด ซึ่ง MDA เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของขบวนการสลายตัวของกรดไขมันที่ได้ถูกย่อยออกมาจากโมเลกุลของ phospholipids โดยการทำงานของ phospholipase (จริงแท้, 2550; Sung and Jeng, 1994)

จากการศึกษาการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ ที่เสื่อมสภาพตามธรรมชาติและการเร่งอายุในพืชแต่ละชนิดจะมีอัตราการเสื่อมสภาพที่แตกต่างกัน และมีสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ malondialdehyde ซึ่งจะเห็นได้จากการศึกษาในเมล็ดทานตะวัน ที่มีการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติและผ่านการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 5 วัน จะมีปริมาณ malondialdehyde (MDA) เพิ่มขึ้น (Reuzeau and Cavalie, 1995) และในถั่วเขียว

Narayana Murthy *et al.* (2003) พบว่า ความชื้นของเมล็ดถั่วเขียวและอุณหภูมิตั้งแต่ระหว่างการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ lipid peroxidation และกลูโคส สำหรับในข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* ที่เก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ reducing sugar, total phenol และ malondialdehyde เพิ่มขึ้น ซึ่งการเสื่อมคุณภาพสามารถวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณ malondialdehyde ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความงอกและความแข็งแรงโดยการเร่งอายุลดลง การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ด และความสามารถในการเก็บรักษา สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (กาญจนา, 2552) ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นระยะเวลานานในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงจะมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

สำหรับปริมาณฟีนอลที่ได้มีการศึกษาในเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการเร่งอายุมีอุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณฟีนอลเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลสามารถใช้ประเมินการเสื่อมสภาพของเมล็ดข้าวโพดได้ (Simic *et al.*, 2004) ความสัมพันธ์ระหว่างความมีชีวิตเมล็ดสูงและปริมาณฟีนอลทั้งหมดได้แสดงบทบาทสำคัญในการป้องกันเมล็ดจากการเร่งอายุ (Pukacka and Ratajczak, 2007) สารประกอบฟีนอลมีโครงสร้างทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม radical - scavenging free และได้รับแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลมีประสิทธิภาพมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระและวิตามินสารต้านอนุมูลอิสระบางส่วนหรือเอนไซม์ในหลอดทดลอง (Rice - Evans *et al.*, 1997) และปริมาณฟีนอลสามารถพบได้ในเมล็ดแห้ง (Shirley, 1998) Sredojevic *et al.* (2004) ยังรายงานว่เมื่อเร่งอายุข้าวโพดที่ห้าว้นไม่พบการเปลี่ยนแปลงในความงอกหรือความเข้มข้นของ phenolics แต่หลังจากช่วงเวลานี้จะมีความงอกลดลงและมีปริมาณฟีนอลเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Turgay *et al.* (2010) พบว่าการเร่งอายุและการเสื่อมตามธรรมชาติลดความงอกและ มีปริมาณฟีนอล MDA และ การเกิด peroxidation ของไขมันเพิ่มมากขึ้นในของเมล็ดหญ้าวอลฟาฟา การเพิ่มของสารเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมสภาพในเมล็ด (Wilson and McDonald, 1986; McDonald, 1999; Pukacka and Ratajczak, 2005, 2007) การเร่งอายุของเมล็ด ทำให้ lipid peroxidation เพิ่มสูงขึ้น (Kumar and Knowles, 1993, 1996; Chiu *et al.*, 1995; Hsu *et al.*, 2003)

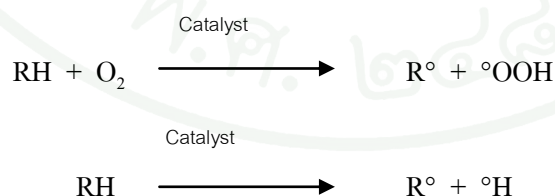
นอกจากนี้ยังมีรายงานแสดงความเกี่ยวข้องระหว่าง H_2O_2 และ MDA โดย Turgay *et al.* (2010) รายงานว่าการสะสมของ MDA ในช่วงอายุเมล็ดเกี่ยวข้องกับ การสะสมของ H_2O_2 เพิ่มขึ้น

ปริมาณ H_2O_2 ต่ำในเมล็ด เช่น ทานตะวัน (Bailly *et al.*, 1998) ถั่ว (Velikova *et al.*, 2000) และบิช (Pukacka and Ratajczak, 2007) และเมื่อมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอนุมูลอิสระและเอนไซม์ที่ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ catalase (CAT), Superoxide dismutase ซึ่ง Lehner *et al.* (2008) รายงานว่า การเร่งอายุเมล็ดที่ 45 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความสัมพันธ์กับการสะสมของ H_2O_2 ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกันกับการลดกิจกรรมของ CAT และ SOD การเร่งอายุเมล็ดพืชชนิดเดียวกัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของ SOD, CAT และการสะสมของ H_2O_2 ถึงแม้ว่าการเสียหายของผนังเซลล์ของเมล็ดนำไปสู่การสูญเสียความมีชีวิตของเมล็ด และมีความเกี่ยวข้องกับความชื้นของเมล็ด ความชื้นขณะเก็บรักษา (Kibinza *et al.*, 2006) อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา (Goel *et al.*, 2003)

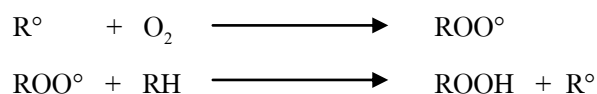
4. การเกิดขบวนการ peroxidation

จากข้อสันนิษฐานว่า การเสื่อมสภาพของเมล็ดขณะเก็บรักษานั้น เกิดจากขบวนการ peroxidation ซึ่งการเกิด peroxidation อาจเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase หรือเกิดขึ้นโดย autoxidation การเกิด autoxidation แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่ง Allen and Hamilton (1994) อธิบายไว้ดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนแรกของการเกิด autoxidation ในขั้นตอนนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัว จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยมีความร้อน แสง metal ions หรือ metalloprotein เช่น haem เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้ free radicle ($R^\bullet$) ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



2. Propagation เป็นขั้นตอนที่ free radicle ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้ได้ peroxy radical ($ROO^\bullet$) และเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้สารประกอบ hydroperoxide ($ROOH$) และ free radical ตัวใหม่ ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



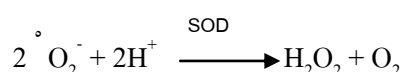
3. Termination เป็นขั้นตอนที่ free radical 2 ตัว รวมตัวกัน เกิดเป็นสารที่เสถียรภาพ ไม่เกิดปฏิกิริยาต่อ ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



hydroxyl free radical จะไปดึงอะตอมไฮโดรเจนกรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่อยู่ถัดจากพันธะคู่ ทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวกลายเป็น organic free radical (R°) จากนั้นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็น peroxide free radical (ROO°) แล้วจะทำปฏิกิริยากับ R° อีกโมเลกุลแล้วเปลี่ยนไปเป็น hydroperoxide (ROOH) เรียกว่า lipid peroxide ถ้าโมเลกุลของ ROOH รวมกับ metal ions จะทำให้เกิดสารประกอบที่ซับซ้อนซึ่งก่อให้เกิดผลเสียหายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ผลที่เกิดขึ้นมีผลค่อนข้างรุนแรงต่อผนังเมมเบรน กระแทกกระเทือนส่วนประกอบของไขมันและ receptor ทำให้ผนังเมมเบรนสูญเสียสภาพไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ

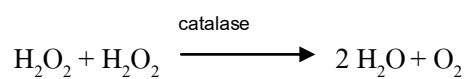
จากการที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้น พืชมีกลไกในการป้องกันการลดอนุมูลอิสระ โดยมีเอนไซม์หลักในระบบต้านอนุมูลอิสระประกอบด้วย superoxide dismutase (SOD) และ catalase (CAT) รวมทั้งสารประกอบฟีนอลต่าง ๆ เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ทำหน้าที่ประสานกันเพื่อไม่ให้ตัวต้านออกซิเดชันกลายเป็นอนุมูลอิสระและเพิ่มจำนวนต่อไป (จริงแท้, 2550)

superoxide dismutase เป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยา dismutase ซึ่งจะเปลี่ยน superoxide ไปเป็นออกซิเจนและ peroxide ดังสมการ



superoxide dismutase เป็นเอนไซม์ที่พบโดยทั่วไปในทุก ๆ ส่วนของเซลล์พืช จะถูกกระตุ้นในเกิดมากขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียดจากออกซิเดชัน จะเห็นได้ว่าเมื่อ SOD กำจัด superoxide ไปแล้วก็สร้าง H_2O_2 ขึ้นมาแทน และ H_2O_2 อาจเปลี่ยนไปเป็น hydroxyl radical ซึ่งมี

ฤทธิ์ร้ายแรง ดังนั้นจึงมีกลไกในการควบคุมอนุมูลอิสระซึ่งได้แก่ catalase ช่วยเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยน H_2O_2 ไปเป็นน้ำดังสมการ



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พันธุ์ SK0001 และ พันธุ์ SS1226
2. อุปกรณ์ตรวจสอบคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่
 - 2.1 ตู้เพาะเมล็ด (Germinator chamber)
 - 2.2 กระดาษเพาะ (Blotting paper)
 - 2.3 ดินสอเขียนน้ำ
 - 2.4 เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง
 - 2.5 ปีกเกอร์ (Beaker)
 - 2.6 กระบอกตวง (Cylinder)
 - 2.7 ขวดรูปชมพู่
 - 2.8 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
 - 2.9 ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับตรวจสอบความชื้นของเมล็ด (Moisture can)
 - 2.10 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า Conductivity TDS Meter Model 4510
 - 2.11 กล่องพลาสติก ขนาด 18 x 27 x 10 เซนติเมตร
 - 2.12 ขวดเร่งอายุ (Accelerated aging bottle) มีลักษณะเป็นโหลแก้วที่มีฝาปิดล็อกได้ ขนาดบรรจุ 500 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และมีตะแกรงลวดสแตนเลส สำหรับบรรจุเมล็ดพันธุ์
 - 2.13 น้ำกลั่น
 - 2.14 เมทิลแอลกอฮอล์ 99.8 เปอร์เซ็นต์
3. อุปกรณ์การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่
 - 3.1 เครื่องบดตัวอย่าง (Blender)
 - 3.2 Water bath
 - 3.3 กระดาษกรอง เบอร์ 42

- 3.4 ปิเปต
- 3.5 เครื่องผสมสาร (Mixer)
- 3.6 อลูมินัมฟอยล์
- 3.7 หลอดทดลอง
- 3.8 เครื่องหมุนเหวี่ยง
- 3.9 เครื่อง Spectrophotometer
- 3.10 เครื่องวัดค่า pH
- 3.11 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 3.14 กรวยกรอง
- 3.15 น้ำกลั่น
- 3.16 แอลกอฮอล์
- 3.17 H_2SO_4
- 3.18 NaOH
- 3.19 HCl
- 3.20 Alkalic copper reagent
- 3.21 Arsenomolybdic reagent
- 3.22 D-glucose
- 3.23 Folin-Ciocalteu
- 3.24 Sodium Carbonate
- 3.25 น้ำแข็ง
- 3.26 Trichloroacetic acid (TCA)
- 3.27 Thiobarbituric acid (TBA)
- 3.28 Gillic acid

วิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 และ SS1226 ที่ควบคุมด้วยยีน bt มาเก็บรักษาในถุงพอยด์ปิดปากถุงด้วยเครื่อง Impulse sealer โดยวางแผนการทดลองแบบ split-split plot in CRD จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือ สภาพการเก็บรักษา 3 สภาพ คือ 1) ห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ 2) ห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ 3) อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 26 - 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76 - 91 เปอร์เซ็นต์) sub plot คือ พันธุ์ SK0001 และ SS1226 sub-sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 7 ระยะ คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน นำเมล็ดข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน มาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ทุก ๆ 2 เดือน ดังนี้

1.1. ความชื้นของเมล็ด (moisture content) ตรวจสอบโดยวิธี hot-air oven นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 เมล็ด ชั่งน้ำหนักก่อนอบจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใส่โหลดูดความชื้น (dessicator) ชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณความชื้นของเมล็ดจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ}} \times 100$$

1.2 ความงอก (standard germination) เพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานโดยใช้กระดาษเพาะแบบ between paper ตัวอย่างละ 50 เมล็ด ต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ตรวจสอบนับความงอกที่ 7 วันหลังเพาะ บันทึกผลและประเมินผลความงอก

1.3 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

1.3.1 Germination energy ตรวจนับความงอก 4 วันหลังเพาะ บันทึกรูปผลและประเมินผลความงอก

1.3.2 การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test, AA-test) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานตัวอย่างละ 50 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ใส่ตะแกรงลวดแสดนเลสรูปทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ขาดั่งสูง 3 เซนติเมตร นำตะแกรงลวดวางลงในขวดโหลที่มีน้ำ 100 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้สนิท นำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุมาทดสอบความงอกตามวิธีในข้อ 1.2

1.3.3 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ตัวอย่างละ 25 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักเมล็ดและบันทึกผล นำเมล็ดแต่ละซ้ำแช่น้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร แล้วนำไปไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายด้วยเครื่อง Conductivity meter ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ($\mu\text{S}/\text{cm}$) และทอนด้วยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น รายงานค่าการนำไฟฟ้าโดยนำน้ำหนัก 25 เมล็ด มาหารค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ หน่วยที่ได้จะเป็นไมโครซีเมนต่อกรัมเมล็ด ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}$) สูตรการหาค่า EC

$$\text{ค่าการนำไฟฟ้า } (\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}) = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย}-\text{ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น}}{\text{น้ำหนักเมล็ด (กรัม)}}$$

1.3.4 ความงอกในไร่ (field emergence) สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานซ้ำละ 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกในแปลง ใช้ระยะปลูก 75 x 25 เซนติเมตร แต่ละแถวยาว 5 เมตร หลุมละ 2 เมล็ด นับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่ 14 วันหลังปลูก โดยนับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่งอกโผล่พ้นผิวดิน และเห็นใบจริงตั้งแต่ 1 ใบขึ้นไป

การทดลองที่ 2 ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* และ SS1226 ที่ควบคุมด้วยยีน *bt* มาเก็บรักษาในถุงฟอยล์ปิดปากถุงด้วยเครื่อง Impulse sealer โดยวางแผนการทดลองแบบ split-split plot in CRD จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือ สภาพการเก็บรักษา 3 สภาพ คือ 1) ห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ 2) ห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ 3) อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 26 - 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 76 - 91 เปอร์เซ็นต์) sub plot คือ พันธุ์ SK0001 และ SS1226 sub-sub plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา 7 ระยะ คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน มาเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดดังนี้

2.1 ปริมาณ total phenol

ผสมตัวอย่างข้าวโพดหวานที่บดละเอียดแล้วกับแอลกอฮอล์ 80 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดด้วย blender นำส่วนผสมไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงใช้แรงเหวี่ยง 10,000 กรัม นาน 30 นาที นำส่วนใสมาใช้วิเคราะห์ โดยเจือจางโดยใช้สารละลาย 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร คูณเจือจางที่ละลายแล้ว 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันโดยเครื่อง Mixer แล้วเติมสารละลาย sodium carbonate 4 มิลลิลิตร (ละลาย sodium carbonate 75 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตร เป็น 1.000 มิลลิลิตร) เขย่าให้เข้ากันด้วย mixer นำหลอดทดลองไปไว้ใน water bath อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ไว้ในอ่างน้ำแข็ง (0 องศาเซลเซียส) อีก 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง รอให้หายเย็น นำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบค่า absorbance ที่อ่านได้กับสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm (Singleton and Rossi, 1965)

2.2 ปริมาณ malondialdehyde (MDA)

ผสมเมล็ดข้าวโพดหวาน 0.5 กรัม กับ 5 มิลลิลิตรของสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดละเอียด ปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 23,000 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำส่วนใส 1 มิลลิลิตร มาเติมด้วย 2 มิลลิลิตรของสารละลาย 0.5 เปอร์เซ็นต์ thiobarbituric acid (TBA) ที่ทำละลายใน 20 เปอร์เซ็นต์ TCA แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังจากครบเวลาให้ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วโดยแช่ในน้ำแข็งเพื่อหยุดปฏิกิริยา แล้วทำสารละลายใสโดยการเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,500 g นาน 10 นาที นำสารละลายใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ TBARS โดยใช้สูตร

$$\text{TBARS equivalents (nmol.ml}^{-1}\text{)} = [(A_{532} - A_{600}) / 155000] 10^6$$

2.3 ปริมาณ reducing sugar

การสกัด

อบเมล็ดข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท บดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนัก 0.2 กรัม เติม ethanol 50 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร ปิดปากภาชนะด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วนำไป อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เขย่า flask ทุกๆ 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

การวิเคราะห์

ดูดสารละลายที่สกัดหรือเจือจาง 2 มิลลิลิตร นำไปหาน้ำตาล ตามวิธีของ Nelson's reducing sugar (Hodge and Hofferter, 1962) ดังนี้ ดูดสารละลายที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตร ใส่ Alkaline copper reagent 1 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเติม Arsenomolybdic reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ตะกอนละลาย เติมน้ำกลั่น 12.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ อ่านค่า absorbance ที่ได้เปรียบเทียบกับ

กับสารละลายมาตรฐาน D-glucose (ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 ppm) ผลวิเคราะห์มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม D-glucose /กรัมน้ำหนักแห้งหรือต่อมิลลิลิตร

การทดลองที่ 3 ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีในระหว่าง การเสื่อมคุณภาพโดยวิธีการเร่งอายุ

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่ควบคุมด้วยยีน *sh₂* และ SS1226 ที่ควบคุมด้วยยีน *bt* ไปเร่งอายุที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน วางแผนการทดลองแบบ split plot in CRD จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือ พันธุ์ SK0001 และ SS1226 sub plot คือ ระยะเวลาในการเร่งอายุ ที่ 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ผ่านการเร่งอายุ ไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

3.1 ความชื้นของเมล็ด (moisture content) ตรวจสอบโดยวิธี hot-air oven นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 เมล็ด ชั่งน้ำหนักก่อนอบจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใส่โหลดูดความชื้น (dessicator) ชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณความชื้นของเมล็ดจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ}} \times 100$$

3.2 ความงอก (standard germination) เพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานโดยใช้กระดาษเพาะแบบ between paper ตัวอย่างละ 50 เมล็ด ต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ตรวจนับความงอกที่ 7 วันหลังเพาะ บันทึกผลและประเมินผลความงอก

3.3 ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ตัวอย่างละ 25 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักเมล็ดและบันทึกผล นำเมล็ดแต่ละซ้ำแช่น้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร แล้วนำไปไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายด้วยเครื่อง Conductivity meter ค่าที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครซีเมนต่อเซนติเมตร ($\mu\text{S}/\text{cm}$) และทอนด้วยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น รายงานค่าการนำไฟฟ้าโดยนำน้ำหนัก 25 เมล็ด มาหารค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ หน่วยที่ได้จะเป็นไมโครซีเมนต่อกรัมเมล็ด ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}$) สูตรการหาค่า EC

$$\text{ค่าการนำไฟฟ้า } (\mu\text{S/cm/g.seed}) = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย}-\text{ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น}}{\text{น้ำหนักเมล็ด (กรัม)}}$$

3.4 ความงอกในไร่ (field emergence) คุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานช้ำละ 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกในแปลง ใช้ระยะปลูก 75 x 25 เซนติเมตร แต่ละแถวยาว 5 เมตร หลุมละ 2 เมล็ด นับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่ 14 วันหลังปลูก โดยนับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่งอกโผล่พ้นผิวดิน และเห็นใบจริงตั้งแต่ 1 ใบขึ้นไป

3.5 ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ผสมเมล็ดข้าวโพดหวาน 0.5 กรัม กับ 5 มิลลิลิตร ของสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดละเอียด บดเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 23,000 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นำส่วนใส 1 มิลลิลิตร มาเติมด้วย 2 มิลลิลิตรของสารละลาย 0.5 เปอร์เซ็นต์ thiobarbituric acid (TBA) ที่ทำละลายใน 20 เปอร์เซ็นต์ TCA แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หลังจากครบเวลาให้ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วโดยแช่ในน้ำแข็งเพื่อหยุดปฏิกิริยา แล้วทำสารละลายใสโดยการเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,500 g นาน 10 นาที นำสารละลายใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ TBARS โดยใช้สูตร

$$\text{Mko0 TBARS equivalents (nmol.ml}^{-1}\text{)} = [(A_{532}-A_{600})/155000]10^6$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม R

สถานที่ทำการวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
2. ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มตั้งแต่ กุมภาพันธ์ 2553 – ตุลาคม 2554

ผลและวิจารณ์

1. ผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

1.1 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า ระยะเวลาเก็บรักษา และสภาพการเก็บรักษา มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1)

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 9.91 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความชื้นของเมล็ด 9.91 และ 9.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

สำหรับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความชื้นของเมล็ดสูงที่สุด คือ 10.36 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่มีความชื้นของเมล็ด 9.42 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ โดยความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา คือ 9.85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความชื้นของเมล็ดมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความชื้นของเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน คือ 9.93, 10.15, 9.88, 9.81, 9.81 และ 9.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นเฉลี่ย 10.30, 10.37

และ 10.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นเฉลี่ย 9.41, 9.45 และ 9.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่สภาพการเก็บรักษาทั้ง 3 สภาพ ไม่มีผลต่อความชื้นของเมล็ดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ (ตารางที่ 1)

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นการลดความชื้นให้ต่ำ สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ จากการศึกษาของ Goodsell *et al.* (1995) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่มีความชื้น 8, 10 และ 12 องศาเซลเซียส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 และ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บเมล็ดได้นานถึง 5 ปี โดยที่เมล็ดยังคงมีความงอก 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่มีความชื้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เมล็ดมีการเสื่อมสภาพลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ปี และเมล็ดที่มีความชื้นในเมล็ด 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ จะตายภายในครึ่งปี ถึง 1 ปี วัลลภ และคณะ (2536) พบว่า เมล็ดข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 และ สุวรรณ 2 ที่มีความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาในถุงกระดาษ ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 9 เดือนโดยมีความงอกสูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้น เป็น 11 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญของต้นกล้าลดลงหลังการเก็บรักษานาน 6 เดือน ศานิต (2549) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเทียน ที่มีความชื้นของเมล็ด 10 เปอร์เซ็นต์ นำมาบรรจุถุงพลาสติก พบว่า เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์หลังจากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้นาน 300 วัน กาญจนา (2552) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และการเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดมากกว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา	พันธุ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	10.25	10.32	10.55	10.27	10.3	10.2	10.22	10.30a ^{1/}
	SS1226	9.45	9.30	9.57	9.57	9.40	9.27	9.27	9.41b
เฉลี่ย		9.85BC ^{2/}	9.81BC	10.06A	9.92AB	9.85BC	9.73C	9.75C	9.91
20 °C- 45 % RH	SK0001	10.25	10.52	10.67	10.45	10.30	10.20	10.20	10.37a
	SS1226	9.45	9.37	9.62	9.45	9.47	9.45	9.37	9.45b
เฉลี่ย		9.85B	9.95B	10.15A	9.95B	9.88B	9.82B	9.78B	9.85
Room temperature	SK0001	10.25	10.50	10.72	10.17	10.25	10.45	10.47	10.40a
	SS1226	9.45	9.57	9.77	9.40	9.15	9.30	9.32	9.42b
เฉลี่ย		9.85C	10.03B	10.25A	9.78CD	9.70D	9.87C	9.90C	9.91
เฉลี่ย (V)	SK0001	10.25	10.45	10.65	10.30	10.30	10.30	10.30	10.36a
	SS1226	9.45	9.41	9.65	9.47	9.34	9.34	9.32	9.42b
เฉลี่ย (M)		^{3/} BC9.85	B9.93	A10.15	BC9.88	C9.81	C9.81	C9.81	

หมายเหตุ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.2 ความงอก

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ก่อนการเก็บรักษามีความงอกเริ่มต้น 97.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน ความงอกลดลงเหลือ 87.75, 87.75 และ 81.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกของเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด คือ 91.48 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความงอก 93.59 และ 94.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 10 เดือน ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน โดยยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับงานทดลองของกาญจนา (2552) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดลดลง จาก 99.25 เหลือ 94.67 เปอร์เซ็นต์ ข้าวโพดหวาน SK001 ยังคงสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน โดยยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ประวัติของเมล็ด ความชื้นของเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิขณะเก็บรักษา

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความงอกของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 94.47 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีความงอก 92.05 เปอร์เซ็นต์ จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน พันธุ์ SK0001 มีความงอกเริ่มต้น 97.00 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 83.41 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ SS1226 มีความงอกเริ่มต้น 98.50 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 87.67

เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า พันธุ์ SS1226 สามารถเก็บได้นาน 8 เดือน ในขณะที่พันธุ์ SK0001 สามารถเก็บได้นาน 6 เดือนโดยยังมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 และ bt มีความสามารถแตกต่างกัน โดยพันธุ์ SS1226 ที่ควบคุมด้วย bt มีความงอกสูงกว่า SK0001 ที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 สอดคล้องกับ Johnson (2008) รายงานว่า ข้าวโพดหวานที่มียีนควบคุมต่างชนิดกัน จะมีความแข็งแรงแตกต่างกัน ข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน bt จะมีความแข็งแรงมากกว่า sh_2 เนื่องจากเมล็ดข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 มีน้ำตาลมากและมีแป้งสะสมน้อย ทำให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงต่ำ (Calos and McCarty 1996)

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลดลง โดยความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาสูงที่สุด คือ 97.75 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 2 เดือน ซึ่งมีความงอก 96.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ที่มีความงอก 96.17, 93.95, 92.00, 90.54 และ 85.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า ตั้งแต่ 0 - 6 เดือน เมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีความงอกลดลง ตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ขณะเดียวกันเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกไม่แตกต่างจากเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 0 - 12 เดือนหลังการเก็บรักษา (ตารางที่ 2) ในขณะทำงานทดลองของกาญจนา (2552) พบว่า เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 เป็นเวลา 12 เดือน ความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 2 และ 4 เดือน แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 6, 8, 10 และ 12 เดือน และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกของเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 6, 10 และ 12 เดือน ตามลำดับ และความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

หวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษานาน 8, 10 และ 10 เดือน ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ในทุกสภาพการเก็บรักษา (ตารางที่ 2)



ตารางที่ 2 ความงอก (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา	พันธุ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	97.00	97.25	95.50	95.25	93.00	91.50	86.50	93.71b ^{1/}
	SS1226	98.50	98.00	97.50	95.75	95.25	94.00	89.00	95.42a
เฉลี่ย		97.75A ^{2/}	97.62A	96.50B	95.50C	94.12D	92.75E	87.75F ^{4/}	B93.59
20 °C- 45 % RH	SK0001	97.00	95.75	95.5	93.25	90.75	90.00	86.00	92.60b
	SS1226	98.50	97.25	98.25	93.50	93.50	91.50	89.50	94.57a
เฉลี่ย		97.75A	96.50A	96.87A	93.37B	92.12C	90.75D	87.75E	A94.71
Room temperature	SK0001	97.00	95.25	93.00	90.75	87.50	87.50	77.75	89.82b
	SS1226	98.50	97.75	97.25	94.00	92.00	88.00	84.50	93.14a
เฉลี่ย		97.75A	96.50AB	95.12B	92.37C	89.75D	87.75E	81.12F	C91.48
เฉลี่ย (V)	SK0001	97.00	96.08	94.67	93.08	90.42	89.67	83.41	92.05b
	SS1226	98.50	97.67	97.67	94.41	93.58	91.76	87.67	94.47a
เฉลี่ย (M)		^{3/} A97.75	B96.87	B96.16	C93.75	D92.00	E90.41	F85.54	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.3 ความแข็งแรงของเมล็ด

1.3.1 Germination energy

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างสถิติ (ตารางผนวกที่ 1)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานก่อนการเก็บรักษา มีค่า Germination energy เริ่มต้น 93.25 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน ค่า Germination energy ลดลงเหลือ 83.00, 81.37 และ 77.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่า Germination energy เหลือ 90.93 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติ กับที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง ที่มีค่า Germination energy เหลือ 89.60 และ 88.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานต่างพันธุ์กัน เป็นเวลา 12 เดือน พบว่า พันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีค่า Germination energy เริ่มต้น 95.50 และ 91.00 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 75.41 และ 85.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่า Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีค่า Germination energy ของเมล็ดสูงที่สุด คือ 91.11 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่มีค่า Germination energy 87.77 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น Germination energy ของเมล็ดลดลง Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ 0, 2 และ 4 เดือนโดยมีค่า 93.25, 94.20 และ 94.20% ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6, 8, 10 และ 12 เดือน ที่มีค่า Germination energy 89.79, 88.45, 85.75 และ 80.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มี Germination energy เฉลี่ย 89.50, 87.60 และ 86.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับ Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มี Germination energy เฉลี่ย 91.28, 91.60 และ 90.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

จากการทดลองค่า Germination energy เป็นค่าที่วัดความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยนับที่ 4 วัน หลังเพาะ หากเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงก็จะสามารถงอกได้เร็ว และมีค่า Germination energy สูง ซึ่งผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้องมีค่า Germination energy ต่ำกว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ SK0001 มีค่า Germination energy ต่ำกว่า SS1226 ซึ่งสอดคล้องกับความงอกที่ลดลง นอกจากนี้ ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีค่า Germination energy ลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ กาญจนา (2552) ที่ศึกษาในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า Germination energy ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น Germination energy ของเมล็ดลดลง และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 Germination energy (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา (C)	พันธุ์ (V)	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	95.50	94.50	92.25	91.00	87.50	86.25	79.50	89.50b ^{1/}
	SS1226	91.00	91.25	96.00	94.00	91.25	89.00	86.50	91.28a
เฉลี่ย		93.25A ^{2/}	92.87A	94.12A	92.50A	89.37B	87.62B	83.00C ^{4/}	A90.39
20 °C- 45 % RH	SK0001	95.50	93.25	93.50	88.00	85.75	81.50	75.75	87.60b
	SS1226	91.00	96.00	96.75	90.00	91.00	89.50	87.00	91.60a
เฉลี่ย		93.25A	94.62A	95.12A	89.00B	88.37B	85.50C	81.37D	B9.60
Room temperature	SK0001	95.50	93.50	91.50	85.25	84.25	82.50	71.00	86.21b
	SS1226	91.00	96.75	95.25	90.50	91.00	85.75	83.00	90.46a
เฉลี่ย		93.25A	95.12A	93.37A	87.87B	87.62B	84.12C	77.00D	C8.33
เฉลี่ย (V)	SK0001	95.50	93.75	92.41	88.08	85.83	83.41	75.41	87.77b
	SS1226	91.00	94.67	96.00	91.50	91.08	88.08	85.50	91.11a
เฉลี่ย (M)		^{3/} A93.25	A94.20	A94.20	B89.79	B88.45	C85.75	D80.45	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.3.2 การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 2)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานก่อนการเก็บรักษา มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุเริ่มต้น 93.00 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 , 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน ความงอกไ้ลดลงเหลือ 90.02, 89.00 และ 80.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุเฉลี่ยต่ำสุด คือ 80.93 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ 90.02 และ 89.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุจะลดลงรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งจากการทดลองของ สุปราณี และคณะ (2550) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและห้องควบคุมอุณหภูมิ เป็นระยะเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อายุการเก็บรักษาของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงลดลง และสภาพห้องเก็บที่ควบคุมอุณหภูมิ ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพช้ากว่าสภาพอุณหภูมิห้อง Tang *et al.* (1999) พบว่า อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดส่วนใหญ่มีผลมาจากสิ่งแวดล้อมในการเก็บรักษาและการเสื่อมคุณภาพจะเพิ่มสูงขึ้น ถ้าเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นสูงหรือทั้งสองอย่าง โดยที่เย็นและความแข็งแรงของเมล็ดมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติช้ากว่าอัตราการเสื่อมที่เกิดจากสภาพการเก็บรักษา

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 พบว่า พันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุเริ่มต้น 97.00 และ 97.00 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 75.91 และ 85.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน (ตารางที่ 4) โดยความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความ

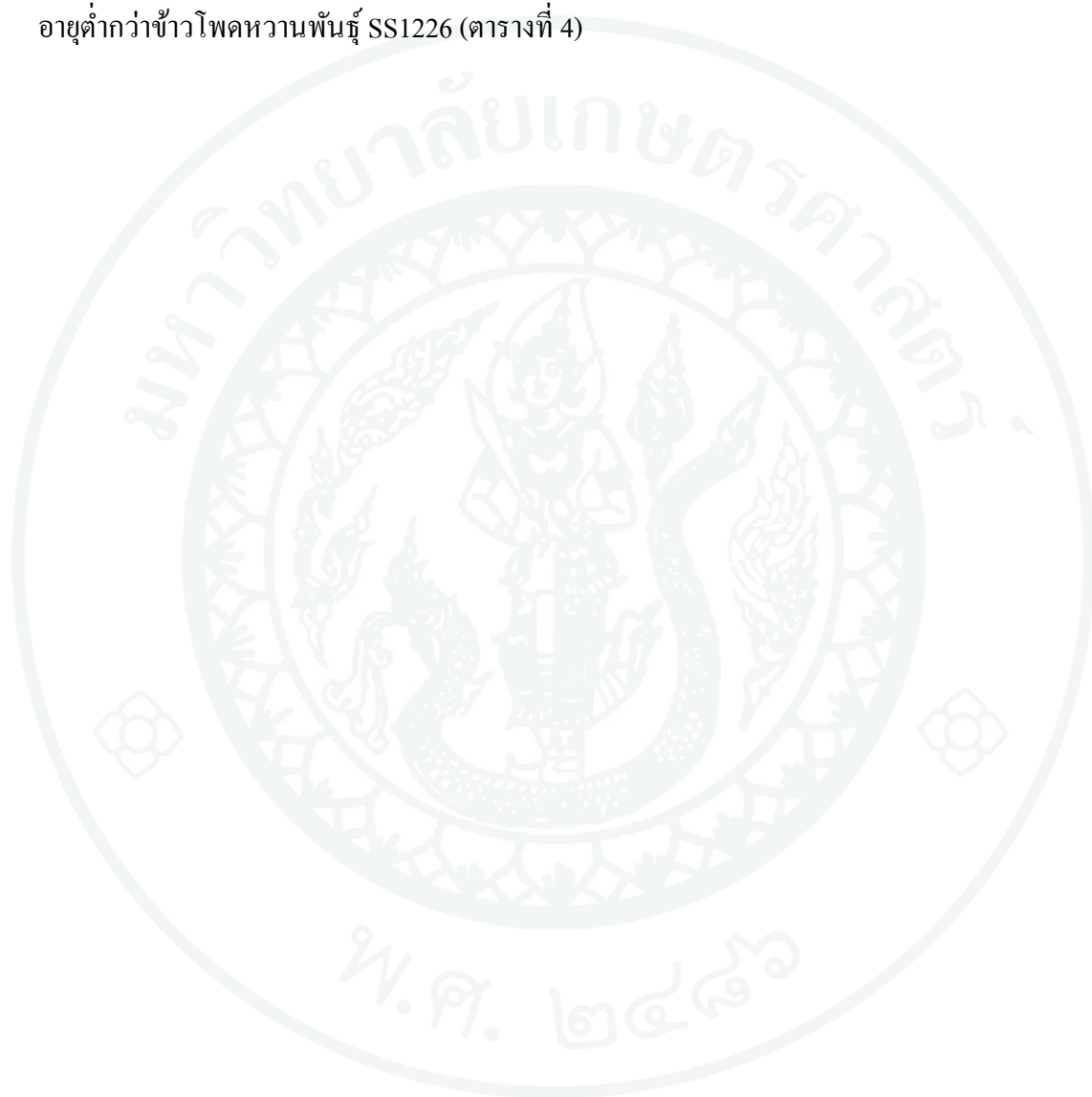
แข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดที่สูงที่สุด คือ 91.14 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ 82.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) เช่นเดียวกับการทดลองของ กาญจนา (2552) พบว่า ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 2, 4 และ 6 เดือน แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 8, 10 และ 12 เดือน และเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดเฉลี่ย ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นเวลา 12 เดือน ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ก่อนการเก็บรักษาสูงที่สุด คือ 93.00 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 2 เดือน ซึ่งมีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ 94.25 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ 85.96, 85.04, 83.96, 83.75 และ 80.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

การวัดความแข็งแรงของเมล็ดวิธีนี้เป็นการวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วยังมีความงอกสูงแสดงว่า เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูง และสามารถเก็บรักษา ไว้ได้นาน (จวงจันทร, 2529ข) ผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 10 เดือน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 เดือน โดยยังคงมีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุสูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ กาญจนา (2552) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 ที่ควบคุมด้วยยีน sh_2 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ของเมล็ดพันธุ์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่า พันธุ์ SS1226 จะมีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุสูงกว่าพันธุ์ SK0001 โดยพันธุ์ SS1226 สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน ในขณะที่ SK0001 สามารถเก็บรักษาได้ 2 เดือน โดยมีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุสูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความ

แข็งแรงโดยการเร่งอายุเฉลี่ย 84.75, 86.25 และ 75.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับความแข็งแรง
โดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10
และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงโดยการเร่งอายุเฉลี่ย 93.25,
93.78 และ 86.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 จะมีความแข็งแรงโดยการเร่ง
อายุต่ำกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 (ตารางที่ 4)



ตารางที่ 4 ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา พันธุ์		ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	87.00	89.75	85.25	85.50	84.25	81.00	80.50	84.75b ^{1/}
	SS1226	99.00	99.00	92.25	91.50	91.75	90.00	89.25	93.25a
เฉลี่ย		93.00B ^{2/}	94.37A	88.75C	88.50C	88.00C	85.50D	84.87D ^{4/}	A90.02
20 °C- 45 % RH	SK0001	87.00	92.25	85.75	87.00	85.00	85.75	81.00	86.25b
	SS1226	99.00	97.50	93.00	93.00	91.00	92.00	91.00	93.78a
เฉลี่ย		93.00B	94.87A	89.37CD	90.00C	88.00D	88.87CD	86.00E	B89.00
Room temperature	SK0001	87.00	89.50	74.25	71.50	71.25	68.50	66.25	75.46b
	SS1226	99.00	97.50	85.25	81.75	80.50	85.25	75.50	86.39a
เฉลี่ย		93.00A	93.50A	79.75B	76.62C	75.87C	76.87C	70.87D	C80.93
เฉลี่ย (V)	SK0001	97.00	90.50	81.75	81.33	80.16	78.41	75.91	82.15b
	SS1226	99.00	98.00	90.16	88.75	87.75	89.08	85.25	91.14a
เฉลี่ย (M)		^{3/} B93.00A	94.25	C85.95	CD85.04	DE83.95	E83.75	F80.58	

หมายเหตุ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.3.3 ค่าการนำไฟฟ้า

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างสถิติ (ตารางผนวกที่ 2)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานก่อนการเก็บรักษา มีค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้น 94.00 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 และ อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 50.63, 50.39 และ 50.84 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 5) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 46.11 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ มีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ด 46.05 และ 45.71 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 พบว่า พันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้น 52.71 และ 18.89 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ เพิ่มขึ้น 75.92 และ 25.32 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน (ตารางที่ 5) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มเป็น 75.92 และ 25.32 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 69.36 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ ที่ค่าการนำไฟฟ้า SS1226 22.67 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ (ตารางที่ 5)

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษามีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด คือ 3.80 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 39.41, 48.58, 48.32, 48.96, 50.31 และ 50.62 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 69.29, 69.39 และ 69.40 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ สำหรับค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 22.13, 22.70 และ 22.82 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ที่สภาพการเก็บรักษาทั้ง 3 สภาพ ไม่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ แต่ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 (ตารางที่ 5)

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเริ่มต้นสูงการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นไปอย่างช้า อัตราการเพิ่มขึ้นจะน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเริ่มต้นต่ำ การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในเมล็ดที่มีอายุหลังเก็บเกี่ยวน้อยไปมาก เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวานระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเสื่อมสภาพของเมมเบรน ทำให้ความแข็งแรงของเมมเบรนลดลง เมื่อนำเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพมาแช่น้ำกลั่นจะทำให้มีสารต่าง ๆ ภายในเซลล์รั่วไหลออกมา ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จึงมีค่าสูง (McDonald and Wilson, 1980) จากผลการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีการเสื่อมสภาพในระหว่างการเก็บรักษานั้นมีผลมาจากการเสื่อมสภาพของเซลล์เมมเบรนซึ่งสามารถตรวจวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลง และสูญเสียความงอก เช่นเดียวกับการศึกษาความสัมพันธ์ของการรั่วไหลของสารกับความแข็งแรง และความมีชีวิตของเมล็ดข้าวฟ่าง Perl *et al.* (1978) พบว่า การเพิ่มขึ้นของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดมีความสัมพันธ์กับการลดลงของความแข็งแรงของเมล็ด หรือการเพิ่มขึ้นของสารที่รั่วไหลในเมล็ดถั่วลันเตาเพิ่มขึ้นได้แม้ว่าเมล็ดจะมีการเสื่อมสภาพเพียงเล็กน้อย ซึ่งเมื่อตรวจสอบเมล็ดดังกล่าวด้วยวิธีเตตระโซเลียม ไม่พบว่ามีบริเวณเนื้อเยื่อที่มีเซลล์ตายเกิดขึ้น (Powell and Matthews, 1977) กาญจนนา (2552) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน ค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานขณะเสื่อมสภาพ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง สอดคล้องกับการลดลงของความงอกและความแข็งแรงโดยการเร่งอายุตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

ตารางที่ 5 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา	พันธุ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	52.71	58.16	73.92	75.30	73.52	75.50	75.94	69.29a ^{1/}
	SS1226	18.89	19.76	23.02	20.77	22.35	25.28	24.85	22.13b
เฉลี่ย		35.80B ^{2/}	38.96B	48.47A	48.03A	47.94A	50.39A	50.39A	46.05
20 °C- 45 % RH	SK0001	52.71	58.24	73.12	74.98	74.96	75.45	76.26	69.39a
	SS1226	18.89	19.49	22.81	24.85	23.13	24.85	25.81	22.70b
เฉลี่ย		35.80B	38.87B	47.97A	49.46A	49.05A	50.55A	50.63A	45.71
Room temperature	SK0001	52.71	60.91	73.23	73.17	75.46	73.94	76.38	69.40a
	SS1226	18.89	19.90	25.39	21.79	23.35	25.12	25.30	22.82b
เฉลี่ย		35.80C	40.40B	49.31A	47.48A	49.40A	49.53A	50.84A	46.11
เฉลี่ย (V)	SK0001	52.71	59.10	73.42	74.48	74.65	75.23	75.92	69.36a
	SS1226	18.89	19.72	23.74	22.17	23.74	25.08	25.32	22.67b
เฉลี่ย (M)		^{3/} C35.80	B39.41	A48.58	A48.32	A48.79	A50.16	A50.62	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

1.3.4 ความงอกในไร่

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความงอกในไร่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 2)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานก่อนการเก็บรักษาเมื่อนำไปปลูกในไร่มีความงอกในไร่เริ่มต้น 94.00 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 และ อุณหภูมิห้อง นาน 12 เดือน ความงอกไร่ลดลงเหลือ 87.37, 85.00 และ 70.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกในไร่ของเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด คือ 82.98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความงอกในไร่ของเมล็ด 90.34 และ 89.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากการทดลอง ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นานกว่า 10 เดือน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 เดือน โดยมีความงอกในไร่ สูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ กาญจนา (2552) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกในไร่สูงกว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความงอกในไร่ของเมล็ดลดลง

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 พบว่า พันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีความงอกในไร่เริ่มต้น 91.50 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 76.75 และ 85.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ความงอกในไร่เฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความงอกในไร่เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 91.22 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่มีความงอกในไร่เฉลี่ย 84.30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่า พันธุ์ SS1226 มีความงอกในไร่สูงกว่าพันธุ์ SK0001 โดยพันธุ์ SS1226 สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน ในขณะที่ SK0001 สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 เดือน โดยมีความงอกในไร่สูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความงอกในไร่ของเมล็ดลดลง โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีความงอกในไร่สูงที่สุด คือ 94.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน ที่มีความงอกในไร่ 93.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4, 8 และ 12 เดือนที่มีความงอกในไร่ คือ 88.16, 87.41, 85.29, 84.87 และ 80.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบ 3 สภาพการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกในไร่สูงกว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิห้อง สอดคล้องกับรายงานของ พยัคติกา (2547) พบว่า เมล็ดพันธุ์ทานตะวันเมื่อเก็บรักษาไว้ในสภาพควบคุมอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้ดีกว่าในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และ กาญจนนา (2552) พบว่า ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความงอกในไร่ที่ 21 วันหลังปลูกของเมล็ดลดลง ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 8 และ 12 เดือน และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกในไร่ที่ 21 วันหลังปลูกของเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นานกว่า 10 เดือน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สามารถเก็บได้นานกว่า 2 เดือน โดยที่มีความงอกในไร่สูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับกาญจนนา (2552) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน SK0001 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกในไร่สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ความงอกในไร่ของเมล็ดลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ข้าวโพดหวาน พบว่าพันธุ์ SS1226 มีความงอกในไร่สูงกว่าพันธุ์ SK0001 โดยพันธุ์ SS1226 สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน ในขณะที่ SK0001 สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 เดือนโดยมีความงอกในไร่สูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

ความงอกในไร่ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกในไร่ อายุเฉลี่ย 86.67, 87.32 และ 78.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกในไร่ อายุเฉลี่ย 93.25, 93.35 และ 87.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 จะมีความงอกในไร่ต่ำกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 (ตารางที่ 6)

จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า ความงอกในไร่สอดคล้องกับความแข็งแรง โดยการเร่งอายุ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ความงอกในไร่ และความแข็งแรงโดยการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งความแข็งแรงโดยการเร่งอายุเป็นวิธีการวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ที่ใช้ในการประเมินความงอกในไร่

ตารางที่ 6 ความงอกในไร่ (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา	พันธุ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	91.50	93.50	86.00	86.00	86.25	83.00	80.50	86.67b ^{1/}
	SS1226	96.50	98.00	92.25	93.50	92.00	91.00	89.50	93.25a
เฉลี่ย		94.00A ^{2/}	95.75A	89.12B	89.75B	89.12B	87.00B	85.00D	^{4/} A90.34
20 °C- 45 % RH	SK0001	91.50	89.50	84.25	89.25	86.50	87.00	83.25	87.32b
	SS1226	96.50	96.00	94.00	91.50	92.00	92.00	91.50	93.35a
เฉลี่ย		94.00A	92.75A	89.12B	90.37B	89.25B	89.50B	87.37C	A89.96
Room temperature	SK0001	91.50	87.75	83.25	79.75	73.00	70.50	66.50	78.89b
	SS1226	96.50	97.50	89.25	84.50	82.00	85.75	74.00	87.07a
เฉลี่ย		94.00A	92.62A	86.25B	82.12C	77.50D	78.12D	70.25E	B82.98
เฉลี่ย (V)	SK0001	91.50	90.25	84.50	85.00	81.91	80.16	76.75	84.30b
	SS1226	96.50	97.16	91.8	89.83	88.66	89.58	85.00	91.22a
เฉลี่ย (M)		^{3/} A94.00	A93.70	B88.16	B87.41	C85.29	C84.87	D80.87	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2. ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

2.1 ปริมาณ malondialdehyde (MDA)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างสถิติ (ตารางผนวกที่ 3)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้อง มีปริมาณ MDA 0.90, 0.88 และ 0.90 $\mu\text{mol/g f.w}$ หลังจากเก็บรักษานาน 12 เดือน ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นเป็น 1.57, 1.52 และ 1.66 $\mu\text{mol/g f.w}$ ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ MDA ของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.18 $\mu\text{mol/g f.w.}$ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ MDA 1.14 และ 1.11 $\mu\text{mol/g f.w.}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์ SK0001 และ SS1226 พบว่าพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีปริมาณ MDA เริ่มต้น 0.94 และ 0.84 เพิ่มขึ้นเป็น 1.66 และ 1.51 $\mu\text{mol/g f.w}$ ตามลำดับ โดยปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีปริมาณ MDA ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 1.07 $\mu\text{mol/g f.w.}$ แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีปริมาณ MDA ของเมล็ด 1.22 $\mu\text{mol/g f.w.}$ (ตารางที่ 7)

ปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ MDA ของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด คือ 0.89 $\mu\text{mol/g f.w.}$ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีปริมาณ MDA คือ 0.96, 1.09, 1.20, 1.31, 1.40 และ 1.58 $\mu\text{mol/g f.w.}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ MDA เฉลี่ย 1.25, 1.27 และ 1.32 $\mu\text{mol/g f.w}$ ตามลำดับ สำหรับปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ MDA เฉลี่ย 1.09, 1.14 และ 1.17 $\mu\text{mol/g f.w}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษานาน 12 เดือน ที่สภาพการเก็บรักษาทั้ง 3 สภาพ ไม่มีผลต่อปริมาณ MDA ของเมล็ดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้ง 2 พันธุ์ แต่ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 จะมีปริมาณ MDA สูงกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 (ตารางที่ 7)

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพนั้นได้มีการเก็บรักษาภายใต้สภาพของการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดสูง (McDonald, 1999) ภายใต้สภาพดังกล่าว เมล็ดจะมีการสูญเสียความมีชีวิตภายใน 2-3 วัน ถึง 1 สัปดาห์ ในกระบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นั้น มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุจะพบว่ามี lipid peroxidation และการเสื่อมสภาพของผนังเมมเบรนเกิดขึ้น (Wilson and McDonald, 1986; McDonald, 1999) เช่น ในเมล็ดข้าว (Matsuda and Hirayama, 1973) และถั่วเหลือง (Priestley และ Leopold, 1983) เป็นต้น จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณของ MDA เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณของ MDA สามารถใช้วัดปริมาณของ lipid peroxidation (Sung and Jeng, 1994) การเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation และปริมาณกรดไขมันระหว่างการเก็บรักษา เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ (Reuzeau *et al.*, 1992) ซึ่งจะเห็นได้จากการทดลองในเมล็ดทานตะวันที่มีการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติและผ่านการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 และ 5 วัน จะมีปริมาณ malondialdehyde (MDA) เพิ่มขึ้น (Reuzeau and Cavalie, 1995) และในถั่วเขียว Narayana Murthy *et al.* (2003) พบว่า ความชื้นของเมล็ดถั่วเขียวและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณ lipid peroxidation และกลูโคส ดังนั้น การเก็บรักษามล็ดพันธุ์ไว้เป็นระยะเวลานานในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงจะมีผลต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ กาญจน (2552) พบว่า การเก็บรักษามล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK001 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ MDA ของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ MDA ของเมล็ดเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 ปริมาณ malondialdehyde ($\mu\text{mol/g f.w.}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา	พันธุ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	0.92	1.02	1.14	1.22	1.31	1.54	1.62	1.25a ^{1/}
	SS1226	0.84	0.66	1.01	1.16	1.23	1.32	1.43	1.09b
เฉลี่ย		0.88E ^{2/}	0.84E	1.07D	1.19CD	1.27BC	1.43AB	1.52A	1.14
20 °C- 45 % RH	SK0001	0.95	1.03	1.16	1.25	1.39	1.44	1.65	1.27a
	SS1226	0.84	0.98	1.02	1.14	1.22	1.26	1.49	1.14b
เฉลี่ย		0.90G	1.00F	1.09E	1.19D	1.31C	1.35B	1.57A	1.11
Room temperature	SK0001	0.95	1.09	1.18	1.28	1.49	1.55	1.71	1.32a
	SS1226	0.84	0.99	1.05	1.18	1.24	1.31	1.61	1.17b
เฉลี่ย		0.90G	1.04F	1.11E	1.23D	1.36C	1.43B	1.66A	1.18
เฉลี่ย (V)	SK0001	0.94	1.05	1.16	1.25	1.40	1.51	1.66	1.22a
	SS1226	0.84	0.88	1.03	1.16	1.23	1.30	1.51	1.07b
เฉลี่ย (M)		^{3/} G0.89	F0.96	E1.09	D1.20	C1.31	B1.40	A1.59	

หมายเหตุ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.2 ปริมาณ total phenol

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ total phenol ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ปริมาณ Total phenol ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างสถิติ (ตารางผนวกที่ 3)

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ total phenol ของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 100.95 ppm ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่มีปริมาณ total phenol 99.24 ppm แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ที่มีปริมาณ total phenol ของเมล็ด 95.88 ppm (ตารางที่ 8) ในขณะที่การทดลองของ Simic *et al.* (2004) พบว่า ในเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการเร่งอายุมีอุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกสามารถใช้ประเมินการเสื่อมสภาพของเมล็ดข้าวโพดได้ กาญจนนา (2552) พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK001 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ total phenol ของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ Total phenol ของเมล็ดเพิ่มขึ้น

ส่วนปริมาณ total phenol ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีปริมาณ total phenol ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 89.74 ppm แตกต่างทางสถิติกับข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 107.65 ppm (ตารางที่ 8) ปริมาณ total phenol ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ total phenol ของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีปริมาณ total phenol ต่ำที่สุด คือ 73.36 ppm ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีปริมาณ Total phenol คือ 78.98, 91.84, 103.54, 115.98, 128.45 และ 133.62 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ปริมาณ phenol ที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษานั้น อาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น สารฟีนอลที่รั่วไหลออกจากเซลล์เมื่อ membrane เสื่อมสภาพ หรือเป็นสารที่ต้านอนุมูลอิสระ

เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ปริมาณ total phenol ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ total phenol เฉลี่ย 110.82, 112.60 และ 115.66 ppm ตามลำดับ สำหรับปริมาณ total phenol ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ total phenol เฉลี่ย 89.56, 96.18 และ 97.27 ppm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 จะมีปริมาณ total phenol สูงกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณ total phenol (ppm) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา	พันธุ์	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	77.65	90.83	98.55	110.85	124.79	132.87	140.22	110.82a ^{1/}
	SS1226	68.43	57.87	80.46	91.36	104.88	112.05	111.91	89.56b
เฉลี่ย		73.04E ^{2/}	74.35E	89.51D	101.10C	114.83B	122.46A	126.06A	^{4/} A99.24
20 °C- 45 % RH	SK0001	78.98	84.88	99.02	113.62	127.37	140.13	144.18	112.60a
	SS1226	68.37	79.37	84.02	93.41	103.89	117.88	126.36	96.18b
เฉลี่ย		73.68G	82.12F	91.52E	103.51D	115.63C	129.00B	135.27A	B95.88
Room temperature	SK0001	79.68	84.69	102.86	115.17	129.83	145.84	151.54	115.66a
	SS1226	67.02	76.26	86.09	96.88	105.13	121.95	127.54	97.27b
เฉลี่ย		73.35G	80.47F	94.48E	106.02D	117.48C	133.89B	139.54A	A100.95
เฉลี่ย (V)	SK0001	78.77	86.80	100.15	113.21	127.33	139.61	145.31	107.65a
	SS1226	67.94	71.16	83.52	93.88	104.63	117.29	121.94	89.74b
เฉลี่ย (M)		^{3/} G73.35F	78.98E	91.83D	103.55C	115.98	B133.62	A133.62	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2.3 ปริมาณ reducing sugar

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า สภาพการเก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา มีผลทำให้ปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3)

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดเฉลี่ย คือ 20.72 mg/ml ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ reducing sugar ของเมล็ด 20.41 และ 20.63 mg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ส่วนปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างทางสถิติ พันธุ์ SS1226 มี reducing sugar ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 20.18 mg/ml แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ SK0001 20.98 mg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 9) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cao *et al.*, (2008) พบว่า total soluble sugar และ reducing sugar ในเมล็ดข้าวโพดหวานลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน *sh2* ลดลง เมื่อเมล็ดมีการสุกแก่เพิ่มขึ้นและที่อายุ 16 ถึง 42 วันหลังผสมเกสร มีการเปลี่ยนแปลงของ total soluble sugar และ reducing sugar เพียงเล็กน้อย ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตั้งแต่ 14 - 24 วันหลังผสมเกสร กาญจนนา (2552) พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK001 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ reducing sugar ต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์พันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดลดลง โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีปริมาณ reducing sugar สูงที่สุด คือ 24.20 mg/ml ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีปริมาณ reducing sugar คือ 23.24, 21.56, 19.95, 19.02, 18.00 และ 18.12 mg/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 9) ปริมาณ reducing sugar ที่ลดลงอาจเนื่องจากการหายใจของเมล็ดเอง เนื่องจากกระบวนการหายใจจะต้องใช้น้ำตาลกลูโคส ซึ่งเป็นน้ำตาลประเภท reducing sugar เป็นสารตั้งต้น แม้ว่าในเมล็ดที่มีความชื้นต่ำจะมีกระบวนการ

หายใจต่ำก็ตาม ก็อาจเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณ reducing sugar ลดลงในระหว่างการเสื่อมสภาพของ เมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ reducing sugar เฉลี่ย 21.04, 21.00 และ 20.91 mg/ml ตามลำดับ สำหรับ ปริมาณ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ reducing sugar เฉลี่ย 20.39, 20.26 และ 19.90 mg/ml ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 จะมีปริมาณ reducing sugar สูงกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณ reducing sugar (mg/ml) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

สภาพการเก็บรักษา (C)	พันธุ์ (V)	ระยะเวลาเก็บรักษา (เดือน) (M)							เฉลี่ย
		0	2	4	6	8	10	12	
10 °C- 45 % RH	SK0001	25.02	23.66	22.01	20.55	19.74	18.88	17.42	21.04a ^{1/}
	SS1226	24.19	23.00	21.01	19.70	18.77	17.51	18.54	20.39b
เฉลี่ย		24.61A ^{2/}	23.34B	21.52C	20.13D	19.26E	18.20F	17.98G	^{4/} C20.41
20 °C- 45 % RH	SK0001	24.66	23.55	22.57	20.26	19.25	18.45	18.26	21.00a
	SS1226	23.83	22.99	21.00	19.68	18.25	17.56	18.53	20.26b
เฉลี่ย		24.24A	23.27B	21.79C	19.97D	18.75E	18.00G	18.39F	B20.63
Room temperature	SK0001	24.28	23.24	22.23	20.26	19.58	18.22	18.55	20.91a
	SS1226	23.21	22.98	20.56	19.24	18.56	17.35	17.44	19.90b
เฉลี่ย		23.74A	23.11B	21.39C	19.75D	19.07E	17.79G	17.99F	A20.72
เฉลี่ย (V)	SK0001	24.65	23.48	22.27	20.36	19.52	18.52	18.07	20.98a
	SS1226	23.77	22.99	20.86	19.54	18.53	17.47	18.17	20.18b
เฉลี่ย (M)		^{3/} A24.20	B23.24	C21.56	D19.95	E19.02	G18.00	F18.12	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{3/} ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่นำด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3. ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีและเอนไซม์ที่มีในระหว่างการเสื่อมคุณภาพโดยวิธีการเร่งอายุ

3.1 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกันพบว่า พันธุ์และระยะเวลาการเร่งอายุ มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 20.95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความชื้นของเมล็ด 19.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10) ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีความชื้นเริ่มต้น 10.20 และ 11.09 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นเป็น 25.62 และ 23.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังการเร่งอายุนาน 12 วัน

ระยะเวลาในการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานแตกต่างกัน มีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ โดยความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเร่งอายุคือ 10.65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาในการเร่งอายุเพิ่มขึ้น ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยความชื้นของเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน คือ 19.41, 22.28, 24.04 และ 24.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์อาศัยหลักการที่ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพโดยใช้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูง เนื่องจากเมล็ดมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศภายนอกได้ ดังนั้นเมื่อเมล็ดได้รับการเร่งอายุเป็นระยะเวลานาน ทำให้เมล็ดดูดความชื้นได้เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพมากขึ้น

ตารางที่ 10 ความชื้นของเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน

พันธุ์	ระยะเวลาเร่งอายุ (วัน)					เฉลี่ย
	0	3	6	9	12	
SK0001	10.20	20.81	22.67	25.43	25.62	20.95A ^{1/}
SS1226	11.09	18.00	21.88	22.66	23.29	19.39B
เฉลี่ย	10.65d ^{2/}	19.41c	22.28b	24.04a	24.46a	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.2 ความงอก

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า พันธุ์และระยะเวลาการเร่งอายุ มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความงอกของเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 69.45 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ SK0001 มีความงอก 65.75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีความงอกเริ่มต้น 98.50 และ 99.50 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 14.00 และ 7.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังการเร่งอายุนาน 12 วัน

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน มีความงอกแตกต่างกันทางสถิติ โดยความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเร่งอายุคือ 99.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระยะเวลาการเร่งอายุเพิ่มขึ้น ความงอกของเมล็ดลดลง โดยเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน มีความงอก 94.63, 83.75, 49.88 และ 10.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานทั้งสองสายพันธุ์มีความงอกลดลง พันธุ์ SK0001 มีความงอกเฉลี่ยต่ำกว่า พันธุ์ SS1226 เนื่องจากมียีนที่ควบคุมแตกต่างกัน พันธุ์ SK0001 ควบคุมด้วยยีน sh_2 ที่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่า พันธุ์ SS1226 ที่ควบคุมด้วยยีน bt

ตารางที่ 11 ความงอก (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่าน
การเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน

พันธุ์	ระยะเวลาเร่งอายุ (วัน)					เฉลี่ย
	0	3	6	9	12	
SK0001	98.50	94.00	81.50	47.25	14.00	65.75B ^{1/}
SS1226	99.50	95.25	86.00	52.50	7.50	69.45A
เฉลี่ย	99.00a ^{2/}	94.63b	83.75c	49.88d	10.75e	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.3 ค่าการนำไฟฟ้า

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกันพบว่า พันธุ์และระยะเวลาการเร่งอายุ มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลานานมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ 83.63 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีค่าการนำไฟฟ้า 26.51 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ (ตารางที่ 12) โดยข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้น 72.55 และ 20.80 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ เพิ่มขึ้นเป็น 90.79 และ 30.54 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ หลังการเร่งอายุนาน 12 วัน แสดงให้เห็นว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีการเสื่อมคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ SS1226 ซึ่งพิจารณาจากค่าการนำไฟฟ้าที่สูง และสอดคล้องกับการลดลงของความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน เมื่อระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุเพิ่มขึ้นค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยก่อนการเร่งอายุมีค่าการนำไฟฟ้า คือ 46.62 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน มีค่าการนำไฟฟ้า 53.11, 56.31, 58.61 และ 60.67 $\mu\text{S/cm/g.seed}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g.seed}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน

พันธุ์	ระยะเวลาเร่งอายุ (วัน)					เฉลี่ย
	0	3	6	9	12	
SK0001	72.44	81.22	85.44	88.22	90.79	83.63A ^{1/}
SS1226	20.80	25.01	27.17	28.99	30.54	26.51B
เฉลี่ย	46.62e ^{2/}	53.11d	56.31c	58.61b	60.67a	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.4 ความงอกในไร่

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พันธุ์และระยะเวลาการเร่งอายุ มีผลทำให้ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4)

ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุนาน 12 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีความงอกในไร่สูงที่สุด คือ 64.15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีความงอกในไร่ 59.90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีความงอกในไร่เริ่มต้น 96.50 และ 97.50 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 0.00 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการเร่งอายุนาน 12 เดือน

ความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาที่ผ่านการเร่งอายุเพิ่มขึ้นความงอกในไร่ของเมล็ดลดลง โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนผ่านการเร่งอายุมีความงอกในไร่สูงที่สุด คือ 97.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน มีความงอกในไร่ คือ 93.25, 79.50, 40.00 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ความงอกในไร่ (เปอร์เซ็นต์) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน

พันธุ์	ระยะเวลาเร่งอายุ (วัน)					เฉลี่ย
	0	3	6	9	12	
SK0001	96.50	92.50	76.50	34.00	0.00	59.90B ^{1/}
SS1226	97.50	94.00	82.50	46.00	0.75	64.15A
เฉลี่ย	97.00a ^{2/}	93.25b	79.50c	40.00d	0.38e	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.5 ปริมาณ malondialdehyde (MDA)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4)

ปริมาณ MDA เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุนาน 12 วัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 มีปริมาณ MDA ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ $1.05 \mu\text{mol/g f.w.}$ แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 มีปริมาณ MDA ของเมล็ด $1.22 \mu\text{mol/g f.w.}$ (ตารางที่ 14) ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 มีปริมาณ MDA เริ่มต้น 0.97 และ $0.88 \mu\text{mol/g f.w.}$ ลดลงเหลือ 1.39 และ $1.23 \mu\text{mol/g f.w.}$ หลังจากการเร่งอายุนาน 12 เดือน

ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน เมื่อระยะเวลาผ่านการเร่งอายุเพิ่มขึ้น ปริมาณ MDA ของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนการเร่งอายุมีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด คือ $0.93 \mu\text{mol/g f.w.}$ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน ที่มีปริมาณ MDA คือ 1.07 , 1.13 , 1.25 และ $1.31 \mu\text{mol/g f.w.}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณ malondialdehyde ($\mu\text{mol/g f.w.}$) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุเป็นระยะเวลาแตกต่างกัน

พันธุ์	ระยะเวลา AA-test (วัน)					เฉลี่ย
	0	3	6	9	12	
SK0001	0.97	1.15	1.23	1.36	1.39	1.22A ^{1/}
SS1226	0.88	0.99	1.03	1.15	1.23	1.05B
เฉลี่ย	0.93e ^{2/}	1.07d	1.13c	1.25b	1.31a	

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{2/} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่ตามด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 กับปริมาณ malondialdehyde (MDA), total phenol และ reducing sugar เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

ปริมาณ MDA มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.867**, -0.920**, -0.645** และ -0.750** ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.715^{**}$ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 15) การที่ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณ MDA แสดงให้เห็นว่า ปริมาณ MDA ที่เป็นสารอนุมูลอิสระที่เกิดจาก peroxidation ระหว่างไขมันที่ membrane และอนุมูลอิสระ ทำให้ membrane เสื่อมสภาพเมื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าสารก็จะรั่วไหลออกจากเมล็ดได้มากขึ้น

ปริมาณ total phenol มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.826**, -0.900**, -0.623** และ -0.713** ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.735^{**}$ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ total phenol ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 15)

ปริมาณ reducing sugar มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.844**, -0.925**, -0.578** และ -0.678** ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.677^{**}$ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ reducing sugar ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 15)

เมื่อคาดคะเนความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย พบว่า การทดสอบความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับปริมาณ MDA โดยวิธีนี้คาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่าง ความงอก germination energy

ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรง กับปริมาณ MDA ด้วยสมการเส้นตรง $y = 5.113 - 0.041x$, $y = 4.124 - 0.032x$, $y = 3.044 - 0.021x$, $y = 0.009 + 0.018x$ และ $y = 3.470 - 0.025x$ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 0.752**, 0.848**, 0.416**, 0.511** และ 0.562** ตามลำดับ (ตารางที่ 16)



ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ของความชื้นของเมล็ด (MC) ความงอก (G) germination energy (EG) ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ (AA) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความงอกในไร่ (FE) ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ปริมาณ total phenol (TP) และปริมาณ reducing sugar (RS) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

	MC	G	EG	AA	EC	FE	MDA	TP	RS
MC	1	0.008 ^{ns}	0.172 ^{ns}	-0.078 ^{ns}	0.081 ^{ns}	-0.109 ^{ns}	-0.176 ^{ns}	-0.172 ^{ns}	-0.229*
G		1	0.920**	0.749**	-0.571**	0.806**	-0.867**	-0.826**	-0.844**
EG			1	0.639**	-0.632**	0.700**	-0.920**	-0.900**	-0.925**
AA				1	-0.546**	0.854**	-0.645**	-0.623**	-0.578**
EC					1	-0.49 ^{ns}	0.715**	0.735**	0.677**
FE						1	-0.750**	-0.713**	-0.678**
MDA							1	0.969**	0.974**
TP								1	0.970**
RS									1

หมายเหตุ *,** = ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 16 สมการถดถอยของ ความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde (x) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

	สมการถดถอย	R ²
ความงอก	$y = 5.113 - 0.041x$	0.752**
germination energy	$y = 4.124 - 0.032x$	0.848**
ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ	$y = 3.044 - 0.021x$	0.416**
ค่าการนำไฟฟ้า	$y = 0.009 + 0.018x$	0.511**
ความงอกในไร่	$y = 3.470 - 0.025x$	0.562**

หมายเหตุ *,** = ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 กับปริมาณ malondialdehyde (MDA), total phenol และ reducing sugar เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

ปริมาณ MDA มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.818^{**} , -0.601^{**} , -0.689^{**} และ -0.690^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.554^{**}$ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 17)

ปริมาณ total phenol มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.844^{**} , -0.632^{**} , -0.689^{**} และ -0.683^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.595^{**}$ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ total phenol ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 17)

ปริมาณ reducing sugar มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.547^{**} , -0.462^{**} , -0.561^{**} และ -0.584^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.344^{**}$ แสดงให้เห็นว่าปริมาณ reducing sugar ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 17)

เมื่อคาดคะเนความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย พบว่า การทดสอบความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับปริมาณ MDA โดยวิธีนี้คาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่าง ความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับปริมาณ MDA ด้วยสมการเส้นตรง $y = 5.612 - 0.047x$, $y = 4.538 - 0.037x$, $y = 3.512 - 0.026x$,

$y = 0.066 + 0.047x$ และ $y = 3.72 - 0.028x$ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 0.670**, 0.361**, 0.475**, 0.307* และ 0.477** ตามลำดับ (ตารางที่ 18)



ตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ของความชื้นของเมล็ด (MC) ความงอก (G) germination energy (EG) ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ (AA) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความงอกในไร่ (FE) ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ปริมาณ total phenol (TP) และปริมาณ reducing sugar (RS) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

	MC	G	EG	AA	EC	FE	MDA	TP	RS
MC	1	0.362**	0.500**	0.166 ^{ns}	0.086 ^{ns}	0.298*	-0.182 ^{ns}	-0.212 ^{ns}	-0.226 ^{ns}
G		1	0.746**	0.702**	-0.501**	0.749**	-0.818**	-0.844**	-0.547**
EG			1	0.458**	-0.390**	0.580**	-0.601**	-0.632**	-0.462**
AA				1	-0.521**	0.911**	-0.689**	-0.689**	-0.561**
EC					1	-0.455**	0.554**	0.595**	0.344**
FE						1	-0.690**	-0.683**	-0.584**
MDA							1	0.954**	0.501**
TP								1	0.543**
RS									1

หมายเหตุ *,** = ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 18 สมการถดถอยของ ความงอก germination energy ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde (x) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

	สมการถดถอย	R ²
ความงอก	$y = 5.612 - 0.047x$	0.670**
germination energy	$y = 4.538 - 0.037x$	0.361**
ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ	$y = 3.512 - 0.026x$	0.475**
ค่าการนำไฟฟ้า	$y = 0.066 + 0.047x$	0.307*
ความงอกในไร่	$y = 3.72 - 0.028x$	0.477**

หมายเหตุ *,** = ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 กับปริมาณ malondialdehyde (MDA) เมื่อเร่งอายุเป็นเวลา 12 วัน

ปริมาณ MDA มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก ความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.858^{**} และ -0.878^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.941^{**}$ และ 0.976^{**} แสดงให้เห็นว่าปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 19)

เมื่อคาดคะเนความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย พบว่า การทดสอบความชื้น ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับปริมาณ MDA โดยวิธีนี้ คาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้น ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับปริมาณ MDA ด้วยสมการเส้นตรง $y = -21.07 + 34.34x$, $y = 305.42 - 195.97x$, $y = 32.11 + 42.11x$ และ $y = 329.50 - 220.44x$ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 0.886^{**} , 0.735^{**} , 0.952^{**} และ 0.771^{**} ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 19 ความสัมพันธ์ของความงอก (G) ความชื้นเมล็ด (MC) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความงอกในไร่ (FE) และปริมาณ malondialdehyde (MDA) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่ผ่านการเร่งอายุ (accelerated aging test) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

	G	MC	EC	FE	MDA
G	1	-0.665**	-0.807**	0.996**	-0.858**
MC		1	0.928**	-0.687**	0.941**
EC			1	-0.824**	0.976**
FE				1	-0.878**
MDA					1

หมายเหตุ ** = ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 20 สมการถดถอยของความชื้นเมล็ด ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde (x) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 ที่ผ่านการเร่งอายุ (accelerated aging test) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

	สมการถดถอย	R ²
ความชื้นเมล็ด	$y = -21.07 + 34.34x$	0.886**
ความงอก	$y = 305.42 - 195.97x$	0.735**
ค่าการนำไฟฟ้า	$y = 32.11 + 42.11x$	0.952**
ความงอกในไร่	$y = 329.50 - 220.44x$	0.771**

หมายเหตุ ** = ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 กับปริมาณ malondialdehyde (MDA) เมื่อเร่งอายุเป็นเวลา 12 วัน

ปริมาณ MDA มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้ามกับความงอก ความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.924^{**} และ -0.919^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.882^{**}$ และ 0.933^{**} แสดงให้เห็นว่าปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 21)

เมื่อคาดคะเนความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย พบว่า การทดสอบความชื้น ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับปริมาณ MDA โดยวิธีนี้ คาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้น ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ มีความสัมพันธ์อย่างเป็นเส้นตรงกับ MDA ด้วยสมการเส้นตรง $y = -13.18 + 30.89x$, $y = 322.58 - 239.20x$, $y = 0.13 + 24.93x$ และ $y = 353.03 - 273.11x$ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 0.778^{**} , 0.854^{**} , 0.870^{**} และ 0.844^{**} ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ความสัมพันธ์ของความงอก (G) ความชื้นเมล็ด (MC) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความงอกในไร่ (FE) และปริมาณ malondialdehyde (MDA) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุ (accelerated aging test) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

	G	MC	EC	FE	MDA
G	1	-0.708**	-0.839**	0.997**	-0.924**
MC		1	0.960**	-0.701**	0.882**
EC			1	-0.834**	0.933**
FE				1	-0.919**
MDA					1

หมายเหตุ **= ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 22 สมการถดถอยของความชื้นเมล็ด ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde (x) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุ (accelerated aging test) ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

	สมการถดถอย	R ²
ความชื้นเมล็ด	$y = -13.18 + 30.89x$	0.778**
ความงอก	$y = 322.58 - 239.20x$	0.854**
ค่าการนำไฟฟ้า	$y = 0.13 + 24.93x$	0.870**
ความงอกในไร่	$y = 353.03 - 273.11x$	0.844**

หมายเหตุ **= ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวโพดหวานสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้คุณภาพของเมล็ดดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้นาน 6 เดือนและเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 10 เดือน โดยยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บได้นาน 8 เดือนและเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บได้นาน 10 เดือน โดยยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SS1226 สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ในทุกสภาพการเก็บรักษา

3. การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์มีผลทำให้ความงอก และความงอกในไร่ของพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ลดลง ในขณะที่ความชื้นของเมล็ด ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณ MDA ลดลง จากการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ พบว่า พันธุ์ SS1226 มีการเสื่อมคุณภาพน้อยกว่า SK0001

4. คุณภาพของเมล็ดที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ MDA โดยปริมาณ MDA ของพันธุ์ SS1226 มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความงอก ความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.924^{**} และ -0.919^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.882^{**}$ และ 0.933^{**} สำหรับปริมาณ MDA ของ SK0001 มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความงอก ความงอกในไร่ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.858^{**} และ -0.878^{**} ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า โดยมีค่า $r = 0.941^{**}$ และ 0.976^{**} แสดงให้เห็นว่าปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความงอก และความงอกในไร่ลดลง ในขณะที่ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนา ตะถา. 2552. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษา และความสามารถในการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวที่มีผลมาจากอายุเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีวิตภายหลังการเก็บเกี่ยวและการขายของพืช. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529ก. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ.

..... 2529ข. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

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

ดวงอร อริยพฤกษ์. 2529. ผลของระดับความชื้นของเมล็ดที่มีต่อคุณภาพในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษและข้าวโพดฝักอ่อนรังสิต 1 ในกระป๋องปิดผนึกภายใต้อุณหภูมิห้อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีศักดิ์ ภู่อล่า. 2540. ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

..... 2550. อนาคตข้าวโพดไทยใน 5 ปี. บรรยายพิเศษ ใน การประชุมวิชาการครั้งที่ 33 ข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ วันที่ 22-24 สิงหาคม 2550 ณ โรงแรม ทีเคพาเลซ, กรุงเทพมหานคร.

นิตา สรชาติ, ดวงทิพย์ เปรมจิตต์ และ สนิท กิตติกรณ์. 2524. ศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน, น. 258. ใน รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ประจำปี 2524. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

บุญมี ศิริ, ธีระวัช สุวรรณนวล และ พงนา สีขาว. 2550. การประเมินศักยภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม 3 พันธุ์ โดยการเร่งอายุ. ว. วิทย. กษ. 38: 148-151.

ฝ่ายพันธุ์พืช สำนักควบคุมพืชและวัสดุเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2553. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเมล็ดพันธุ์ควบคุมเพื่อการค้า ปี 2547-2552. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=8115, 24 ธันวาคม 2553.

2555. ปริมาณและมูลค่าการส่งออก

เมล็ดพันธุ์ควบคุม ประจำปี 2554. แหล่งที่มา:

<http://www.thasta.com/pdf/2012/imex54.pdf>, 10 พฤษภาคม 2555.

พรพรรณ ศรีทอง, จุฑามาศ ร่มแก้ว, พิรพงษ์ แสงวนางค์กุล และชเนษฎ์ ม้าลำพอง. 2554. ความสามารถในการเก็บรักษาและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีผลมาจากสภาพการเก็บรักษา, น. 168-179. ใน รายงานประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35 วันที่ 24-27 พฤษภาคม 2554 ณ โรงแรมมารวย การ์เด็น, กรุงเทพฯ.

ภาณี เตมีศักดิ์, นิตยา คำอำไพ และ วุฒิชัย ทองดอนแอ. 2527. อิทธิพลของวัสดุบรรจุและความชื้นเริ่มต้นกับอายุการเก็บรักษาของมะเขือเทศ, การสัมมนาวิชาการพืชผักแห่งชาติ. วันที่ 14-19 กุมภาพันธ์ ณ เชียงใหม่. อ้างโดย ภาณี ทองพำนัก. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืช, น. 163-177. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางวิชาการเรื่องการผลิตและการควบคุมคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชในระบบเกษตรดีที่เหมาะสมและเกษตรอินทรีย์ วันที่ 7-10 สิงหาคม 2550 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วันชัย จันทรประเสริฐ. 2538. สรรพวิทยาเมล็ดพันธุ์. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

วันชัย ถนอมทรัพย์ และ วิไลวรรณ พรหมคำ. 2547. ความสำคัญ สถานการณ์การผลิต แหล่งปลูก และการตลาด, น. 5-12 ใน เอกสารวิชาการเรื่องข้าวโพดฝักสด, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วัลลภ สันติประชา, ขวัญจิตร สันติประชาและกาญจนา สุวรรณสินธุ์. 2536. ศักยภาพการเก็บรักษาและการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในเขตร้อนชื้น. ว. สงขลานครินทร์. 15: 117-128.

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

ศานิต สวัสดิกาญจน์. 2549. คุณภาพและความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเทียน. ว. วิทย. กษ. 24: 288-300.

สกล นายศรี, พชรดา นายศรี, จารุ สิทธิโชค และ โชคชัย เอกทัศน์วรรณ. 2550. ศักยภาพของสายพันธุ์ข้าวโพดหวาน KSC2-S₄ ที่ใช้ผลิตลูกผสม. วิทยาสารกำแพงแสน 5: 36-39.

สุปราณี งามประสิทธิ์, สุพจน์ กาเข้ม, สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, สุรพล เข้าน้อง, สุขุม โชติช่วง มณีรัตน์, แอนนา สายมณีรัตน์ และ แสงแข น้าวานิช. 2550. ผลของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีต่อความงอกในสภาพไร่, น. 374-380. ใน รายงานประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 33 วันที่ 22-24 สิงหาคม 2550 ณ โรงแรม ทีเค พาเลซ, กรุงเทพฯ.

สมาคมการค้าเมล็ดพันธุ์. 2555. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกข้าวโพดปี 2553. แหล่งที่มา:
<http://www.thasta.com/welcome.asp>, 10 พฤษภาคม 2555.

สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป. 2555. ปริมาณและมูลค่าส่งออกข้าวโพดหวานกระป๋องปี 2550-

2554. แหล่งที่มา:

http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=108181:2012-02-17-11-31-28&catid=87:2009-02-08-11-23-26&Itemid=423,
17 กุมภาพันธ์ 2555.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. รายงานสถานการณ์ข้าวโพดหวานและข้าวโพดฝักอ่อน.

แหล่งที่มา:

http://www.agriman.doae.go.th/home/news/April%202011/008.2_Sweet%20Con.pdf,
10 พฤษภาคม 2555.

อำพล เสนาณรงค์. 2536. ข้าวโพดหวานและข้าวโพดรับประทานฝักสด. **ประมวลบทความทางวิชาการเกษตร ปี 2503-2535**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Abba, E.J. and A. Lavato. 1999. Effect of seed storage temperature and relative humidity on maize (*Zea may* L.) seed viability and vigor. **Seed Sci. & Technol.** 27: 101-114.

Ajayi, S.A. and M.A.B. Fakorede. 2000. Physiological maturity effects on seed quality, seedling vigor and mature plant characteristics of maize in a tropical environment. **Seed Sci & Technol.** 28: 301-319.

Allen, J.C. and R.J. Hamilton. 1994. **Rancidity in foods**. 3rd ed., Chapman & Hall Glasgow, UK. 290 p.

Araujo, E.F., R.F. Araujo, V. Sofiatti and R.F.D. Silva. 2006. Physiological quality of the sweet corn seeds harvested at different times. **Bragantia** 65: 687-692.

Bailly, C., A. Benamar, F. Corbineau and D. Come. 1998. Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. **Physiol. Plant.** 104: 646-652.

- Bekkara, F., M. Jay and M.R. Viricel. 1998. Distribution of phenolic compounds within seed and seedling of two *Vicia faba* cvs differing in their seed tannin content and study of the seed and root phenolic exudation. **Plant and Soil** 203: 27-36.
- Boyer, C.D. and J.C. Shannon. 1984. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. **Plant Breed. Rev.** 1: 139-161.
- Cabley, L.S. 1966. **An Introduction to the Botany of Tropical Crop.** Longman's Green and Co, London.
- Calos, A. and D.R. McCarty. 1996. Improving vigor in shrunken-2 corn seedlings. **J. Amer Soc. Hort. Sci.** 121: 1069-1075.
- Cameron, J.W. and D.A. Cole. 1985. Effect of the genes su_1 , su_2 and du on carbohydrate in developing maize kernels. **Agron. J.** 50: 207-210.
- Cao, D., J. Hu, X. Huang, X. Wang, Y. Guan and Z. Wang. 2008. Relationships between changes of kernel nutritive components and seed vigor during development stages of F1 seeds of *sh 2* sweet corn. **J. Zhejiang Univ Sci.** 9: 964-968.
- Chiu, C.C. and J.M. Sung. 1995. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes of naturally aged soybean seed. **Plant Sci.** 110: 45-52.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. & Technol.** 1: 427-452.
- Duke, S.H., G. Kakefuda and T.M. Harvey. 1983. Differential leakage of intracellular substances from imbibing soybean seed. **Plant Physio.** 72: 919-924.

- Elias, S.G. and L.O. Copeland. 1994. The effect of storage conditions on canola (*Brassica napus* L.) seed quality. **J. Seed Technol.** 18: 21-22.
- Fabrizius, E., D.M. TeKrony, D.B. Egli, M. Rucker. 1999. Evaluation of a viability model for predicting soybean seed germination during warehouse storage. **Crop Sci.** 39: 194-201.
- Goel, A., A.K. Goel and I.S. Sheoran. 2003. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **J. Plant Physiol.** 160: 1093-1100.
- _____ and I.S. Sheoran. 2003. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. **Biol. Plant.** 46: 429-434.
- Goodsell, S.F., G. Huey and R. Royce. 1995. The effect of moisture and temperature during storage on cold test reaction of *Zea mays* seed stored in air, carbon dioxide, or nitrogen. **J. Agron.** 47: 61-64.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity, pp. 145-245. In **T.T. Kozlowski (ed.)**. Seed Biology Academic Press, New York.
- Hatice, G. and T. Ece. 2006. Changes in peroxidase activities and soluble proteins in strawberry varieties under salt-stress. **Physiologiae Plantarum** 28: 109-116.
- Hendry, G.A.F. 1993. Oxygen, free radical processes and seed longevity. **Seed Sci. Res.** 3: 141-153.
- Hsu, C.C., C.L. Chen, J.J. Chen and J.M. Sung. 2003. Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter melon seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. **Sci. Hort.** 98: 201-212.

Huelsen, W.A. 1954. **Sweet corn**. New York: Interscience Publisher.

Johnson, G. 2008. **Sweet corn seed vigor**. University of Delaware Kent County Agricultural Extension. Available source: <http://www.kentagextension.blogspot.com>, Sunday, March 30, 2008.

Kapoor, N., A. Arya, M.A. Siddiqui, A. Amir and H. Kumar. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Accelerated Ageing. **Asian J. Plant Sci.** 9(3): 158-162.

Kibinza, S., D. Vinel, D. Come, C. Bailly and F. Corbineau. 2006. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. **Plant. Physiol.** 12: 496–506.

Kumar, G.N.M., N.R. Knowles. 1993. Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free-radical scavenging enzyme activities during aging and sprouting of potato (*Solanum tuberosum*) seed-tubers. **Plant Physiol.** 102: 115-124.

_____. 1996. Oxidative stress results in increased sinks for metabolic energy during aging and sprouting of potato seed-tubers. **Plant Physiol.** 112: 1301-1313.

Lee, S.S., S.H. Yun and J.M. Seo. 2004. Optimum harvest time for high quality seed production of sweet and super sweet corn hybrids. **Korean. J. Crop Sci.** 49: 373-380.

_____, S.K. Yang and S.B. Hong. 2006. Changes in seed vigor of sweet and super sweet corn hybrids as affected by storage conditions. **Korean. J. Crop Sci.** 51: 432-439..

- Lehner, A., N. Mamadou, P. Poels, D. Come, C. Bailly and F. Corbineau, 2008. Changes in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in the embryo during ageing in wheat grains. **J. Cereal Sci.** 47: 555-565.
- Matsuda, H. and O. Hirayama. 1973. Changes of lipid components and lipolytic acylhydrolase activities in rice grains during their storage. **J. Agr. Chem. Soc. of Japan.** 47: 279-384.
- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Sci. & Technol.** 27: 177-237.
- _____ and D.O. Willson. 1980. ASA610 ability to detect changes in soybean seed quality. **J. Seed Technol.** 5: 56-66.
- Narayana Murthy, U.M., P.P. Kumer and W.Q. Sun. 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reaction and their relationship to glass state transition. **J. Exp. Bot.** 54: 1057-1067.
- Nass, H.G. and P.L. Crane. 1990. Effect of endosperm mutants on germination and early seedling growth rate in maize. **Crop Sci.** 10: 130-137.
- Perera, C.A. and D.J. Cantliffe. 1994. Presowing seed treatments to enhance supersweet sweet corn seed and seedling quality. **Hort. Science.** 29: 277-278.
- Perl, M., I. Luria and H. Gelmond. 1978. Biochemical changes in sorghum seeds affected by accelerated aging. **J. Exp. Bot.** 29: 497-509.
- Powell, A.A. and S. Matthews. 1977. Deteriorative changes in pea seed (*Pisum sativum* L.) stored in humid or dry condition. **J. Exp. Bot.** 22: 255-234.

Priestley, D.A. and A.C. Leopold. 1983. Lipid changes during natural ageing of soybean seeds. **Physiologia Plantarum** 59: 467-470.

Pukacka, S. and E. Ratajczak. 2005. Production and scavenging of reactive oxygen species in *Fagus sylvatica* seeds during storage at varied temperature and humidity. **J. Plant Physiol.** 162: 873–885.

_____ 2007. Age-related biochemical changes during storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. **Seed Sci. Res.** 17: 45–53.

Reuzeau, C., D. Goffner and G. Cavalie. 1992. Relations between protein composition and germination capacity of sunflower seeds. **Seed Sci & Technol.** 2: 223-230.

_____ and G. Cavalie. 1995. Activities of free radical processing enzymes in dry sunflower seeds. **New Phytol.** 130: 59-66.

Rice-Evans, C.A., J. Sampson, P.M. Bramley and D.E. Holloway. 1997. Why do we expect carotenoids to be antioxidants *in vivo*. **Free Rad. Res.** 26: 381-398.

Roberts, E.H. 1973. Loss of viability: Ultrastructural and physiological aspects. **Seed Sci. & Technol.** 1: 529-545.

Santipracha, W., Satipracha, Q. and Suwansin, K. 1997. Hybrid corn seed quality and accelerated ageing. **Seed Sci & Technol.** 25 : 203-208.

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.

Shirley, B.W. 1998. Flavonoids in seeds and grains: Physiological function, agronomic importance and the genetics of biosynthesis. **Seed Sci. Res.** 8: 415–422.

- Simic, A., S. Sredojevic., M. Todorovic., L. Dukanovic and C. Radenvic. 2004. Studies on the relationship between the content of total phenolics in exudates and germination ability of maize seed during accelerated aging. **Seed Sci. & Technol.** 32: 213-218.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **Am. J. Enol. Vitic.** 16:144-158.
- Smirnoff, N. 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. **New Phytol.** 125: 27-58.
- Sredojevic, S.A., S. Todorovic, M. Dukanovic and L.C. Radenovic. 2004. Studies on the relationship between the content of total phenolics in exudates and germination ability of maize seed during accelerated aging. **Seed Sci. & Technol.** 32: 213-218.
- Sung, J.M. 1996. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging in soybean seeds during aging. **Physiologia Plantarum** 97: 85-89.
- _____ and T.L. Jeng. 1994. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. **Physiologia Plantarum** 9: 51-55.
- Tang, S., D.M. TeKrony, D.B. Egli and P.L. Cornelius. 1999. Survival characteristic of corn seed during storage: II. Rate of deterioration. **Crop Sci.** 39: 1400-1406.
- TeKrony, D.M. and J.L. Hunter. 1995. Effect of seed maturation and genotype on seed vigor in maize. **Crop Sci.** 35: 857-862.
- Tracy, W.F. (1997). History, genetics, and breeding of supersweet (shrunken2) corn. **Plant Breeding Reviews** 14,189-236.

_____ (2001). Sweet corn. *In* **Specialty Corns (Ed. A. R. Hallauer)**, pp. 155–199. Boca Raton, FL: CRC Press.

Turgay, C., O. Atici, G. Agar and S. Sunar. 2010. Natural aging-related biochemical changes in alfalfa (*Medicago Sativa* L.) seeds stored for 42 years. **International Research Journal of Plant Science** 1: 1-6.

Velikova, V. Velikova, I. Yordanow and A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. **Plant Sci.** 151: 59–66.

Wann, E.V. 1986. Seed vigor and respiration of maize kernels with different endosperm genotypes. **Am Soc Hort Sci J.** 105 : 31-34.

Wilson, D.O. and M.B. McDonald. 1986. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Sci. & Technol.** 14: 296-300.

_____ and S.K. Mohan. 1998. Combining vigour test results for prediction of final stand of shrunken-2 sweet corn seed. **Crop Sci.** 32: 1496-1502.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเมล็ด ความงอก และ germination energy ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

Source of variation	df	Mean squares		
		ความชื้นของเมล็ด	ความงอก	germination energy
Replications	3	0.03 ^{ns}	0.84 ^{ns}	2.01 ^{ns}
Storage condition (C)	2	0.06 ^{ns}	139.52**	60.13**
Error (C)	12	0.03	0.98	0.85
Variety (V)	1	36.31**	228.67**	470.01**
V x C	2	0.03 ^{ns}	10.47**	25.76**
Error (V)	3	0.02	2.37	3.83
Storage times (M)	6	0.36**	444.59**	621.45**
C x M	12	0.06**	7.76**	118.28**
V x M	6	0.04*	16.18**	18.64**
C x V x M	12	0.04*	2.32 ^{ns}	6.99**
Error	108	0.02	2.33	2.80
C.V. (%)		1.37	1.64	1.87

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ ค่าการนำไฟฟ้า และความงอกในไร่ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

Source of variation	df	Mean squares		
		ความแข็งแรงโดยการเร่งอายุ	ค่าการนำไฟฟ้า	ความงอกในไร่
Replications	3	4.30 ^{ns}	28.00 ^{ns}	1.63 ^{ns}
Storage condition (C)	2	1,388.79**	2.56 ^{ns}	961.51**
Error (C)	12	2.61	2.68	3.13
Variety (V)	1	3,393.00**	92,023.00**	2,016.21**
V x C	2	42.79**	1.33 ^{ns}	17.41*
Error (V)	3	2.30	30.00	11.50
Storage times (M)	6	614.43**	823.789**	545.69**
C x M	12	18.99**	311.80**	16.24**
V x M	6	90.52**	3.82 ^{ns}	98.86**
C x V x M	12	8.84**	3.44 ^{ns}	13.92**
Error	108	2.11	12.05	3.82
C.V. (%)		1.68	7.55	2.22

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ malondialdehyde, total phenol และ reducing sugar ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน

Source of variation	df	Mean squares		
		malondialdehyde	total phenol	reducing sugar
Replications	2	0.009 ^{ns}	57.30**	0.002 ^{ns}
Storage condition	2	0.06*	428.49**	6.81**
(C)	8	0.01	32.93	0.005
Error (C)	1	0.66**	11,001.20**	6.81**
Variety (V)	2	0.002 ^{ns}	62.31 ^{ns}	6.59**
V x C	2	0.005	0.40	0.002
Error (V)	6	1.10**	9,994.80**	80.95**
Storage times (M)	12	0.008 ^{ns}	95.30**	8.72**
C x M	6	0.009 ^{ns}	57.10*	7.42**
V x M	12	0.01*	40.00 ^{ns}	7.40**
C x V x M	72	0.006	28.5	0.004
Error				
CV (%)		6.21	5.15	0.31

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้นเมล็ด ความงอก ค่าการนำไฟฟ้า ความงอกในไร่ และปริมาณ malondialdehyde (MDA) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SK0001 และ SS1226 ที่ผ่านการเร่งอายุที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

Source of variation	df	Mean squares				
		ความชื้นเมล็ด	ความงอก	ค่าการนำไฟฟ้า	ความงอกในไร่	MDA
Replications	3	0.35 ^{ns}	5.80 ^{ns}	1.00 ^{ns}	3.16 ⁿ	0.0005 ^{ns}
Variety (V)	1	24.44*	136.90**	32,626.00**	180.63**	0.20**
Error (V)	3	1.25	2.97	1.00	1.09	0.0003
Aging time (T)	2	258.29**	11,046.50**	241.23**	13,578.90**	135,705.37**
V x T	2	5.10**	12.10 ^{ns}	23.16**	46.70**	0.003**
Error (T)	12	1.01	5.30	0.79	1.80	0.0004
CV (%)		4.98	3.41	1.62	2.16	1.68

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

การเตรียมสารละลาย

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Gillic acid

นำ Gillic acid 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิตร จากนั้นนำ คูดสารละลายมา 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิตร ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิตร ก็จะได้สารละลายมาตรฐาน Gillic acid ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน D-glucose

นำ D-glucose 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิตร จากนั้นนำ คูดสารละลายมา 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิตร ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิตร

การเตรียม Alkalic copper reagent

สารละลายในส่วนที่ 1 นำ sodium carbonate anhydrous (Na_2CO_3) 25 กรัม, potassium sodiumtartrate ($\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 12 กรัมและ sodium bicarbonate (NaHCO_3) 16 กรัม ผสมสารต่างๆให้เข้ากันในน้ำกลั่น 250 มิลลิตร จากนั้นนำ Copper(II) sulfate pentahydrate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วผสมกับสารละลายในส่วนที่ 1

สารละลายในส่วนที่ 2 นำ sodium sulfate anhydrous (Na_2SO_4) 180 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิตร

นำสารละลายในส่วนที่ 1 ผสมเข้ากับสารละลายในส่วนที่ 2 ที่ทิ้งไว้ในที่ร่มอุณหภูมิปกติ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วเก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียม Nelson's reagent

สารละลายในส่วนที่ 1 นำ ammonium molybdate $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 900 มิลลิตร ค่อยๆ เติม กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 42 มิลลิตร

สารละลายในส่วนที่ 2 นำ sodium arsenate $(\text{Na}_3\text{AsO}_4)$ 6 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิตร

นำสารละลายในส่วนที่ 1 ผสมเข้ากับสารละลายในส่วนที่ 2 ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิตร ทิ้งไว้ในที่ร่มอุณหภูมิปกติ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวพรพรรณ ศรีทอง
เกิดวันที่ 3 กรกฎาคม 2529
สถานที่เกิด อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี
ประวัติการศึกษา วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2553)