รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7
วันที่ 18 – 20 พฤษภาคม 2553 ณ โรงแรม ท็อปแลนด์ จังหวัดพิษณุโลก

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีอายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน

Deterioration of Sweet Corn Seed as Affected by Different Harvesting Times and Storage Conditions

กาญจนา ตะถา[1] จุฑามาศ ร่มแก้ว[2] วันชัย จันทร์ประเสริฐ[3] ชูศักดิ์ จอมพุก[2] และ กนกวรรณ เที่ยงธรรม[2]
Kanchana Tatha[1], Jutamas Romkaew[2], Wanchai Chanprasert[3], Choosak Jompuk[2] and Kanokwan Tiengtham[2]

บทคัดย่อ

ศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีอายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Split-split plot จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษา 7 ระยะ ที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน sub plot คือ การเก็บรักษา 3 สภาพ ที่อุณหภูมิ 10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45%, อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% และอุณหภูมิห้อง sub-sub plot คือ อายุเก็บเกี่ยว 7 ระยะ ที่ 23, 28, 33, 38, 43, 48 และ 53 วันหลังออกไหม ผลการทดลอง พบว่า ขณะที่เมล็ดกำลังพัฒนา ความงอกและความงอกหลังการเร่งอายุเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ total sugar และ reducing sugar ลดลง เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อายุเก็บเกี่ยว 48 และ 53 วันหลังออกไหม เมื่อนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 % และความงอกหลังการเร่งอายุสูงกว่า 85% การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นระยะเวลา 12 เดือนเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจะมีการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และมีปริมาณ malondialdehyde เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ในขณะที่ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลง การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% เป็นเวลา 12 เดือน มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ด และความสามารถในการเก็บรักษาสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คำสำคัญ : การเสื่อมคุณภาพ, ข้าวโพดหวาน, อายุเก็บเกี่ยว, การเก็บรักษา, เมล็ดพันธุ์

ABSTRACT

Deterioration of sweet corn seed as affected by different harvesting times and storage conditions was conducted. The experiment was arranged in split-split plot design with 4 replications Seven storage periods, i.e. 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 months were main plot. Three storage conditions (10ºC- 45%RH, 20ºC - 45%RH and room temperature) were sub plot. Seven harvesting times, i.e. 23, 28, 33, 38, 43, 48 and 53 days after silking (DAS) were sub-sub plot. The results revealed that germination percentage and germination after accelerated aging (AA) increased, while total sugar and reducing sugar content gradually declined during seed development. After 12 months of storage, germination and germination after by AA of seeds harvested at 48 DAS were still higher than 90 and 85 %, respectively. Seed deterioration increased with storage time reflected by the increases in electrical conductivity and malondialdehyde content, and the decreases in germination and vigor as determined by AA test. Sweet corn seed stored at 10ºC- 45%RH and 20ºC - 45%RH had higher seed quality and storability than that stored at room temperature.

[1] บริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน จำกัด เลขที่ 99 หมู่ 1 ถนนท่าน้ำตื้น-เขาปูน ตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71000
Sweet Corns Products Co, Ltd, 99 Moo 1, Thanamtuen-Khaupoon Road, Kaengsian, Muang, Kanchanaburi 71000

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[3] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

Key Words: deterioration, sweet corn, harvesting time, storage, seed.

1. คำนำ

ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* var. saccharata) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย ปัจจุบันข้าวโพดหวานที่ผลิตและจำหน่ายเกือบทั้งหมดในประเทศไทยเป็นข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (single cross) ที่ควบคุมด้วยยีน shrunken-2 (*sh2*) (ทวีศักดิ์, 2540; ทวีศักดิ์, 2550) ซึ่งมีส่วนแบ่งประมาณ 70 %ของตลาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน (สกล และคณะ, 2550) ข้าวโพดหวานพิเศษลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน *sh2* มีข้อจำกัด คือ มีความงอก และความแข็งแรงต่ำกว่าข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sugary (*su*) และ brittle (*bt*) (Parera and Cantliffe, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Johnson (2008) ที่พบว่า ข้าวโพดหวานที่มียีนควบคุมต่างชนิดกัน จะมีความแข็งแรงของเมล็ดแตกต่างกัน โดยข้าวโพดหวานที่ควบคุมด้วยยีน sugary *su* จะมีความแข็งแรงของเมล็ด > *se* heterozygous > *se* homozygous > *sh2* augmented > shrunken *sh2*) เนื่องจากข้าวโพดหวานพิเศษลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน *sh2* มีเอนโดสเปอร์มขนาดเล็ก และมีสัดส่วนของเอนโดสเปิร์มต่อเอมบริโอต่ำ (Wann, 1986) และมีปริมาณแป้งในเอนโดสเปอร์มต่ำ (Parera and Cantliffe, 1994)

เมล็ดพืชเป็นสิ่งมีชีวิต เมื่อเจริญเติบโตและพัฒนาถึงจุดที่สมบูรณ์สูงสุดแล้วย่อมเสื่อมสภาพและอ่อนแอลงจนกระทั่งเมล็ดตายในที่สุด การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดจะเริ่มเกิดขึ้นหลังจากเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา ที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยานี้เมล็ดจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด ในขณะเดียวกันก็จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีเกิดขึ้น หลังจากนั้นความแข็งแรงของเมล็ดจะลดลง เมล็ดจะมีการเสื่อมคุณภาพสูงสุดเมื่อเมล็ดตาย (จวงจันทร์, 2529ก; Wilson and McDonald, 1986; Hendry, 1993) การที่เมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ การสุกแก่ และสภาพแวดล้อมขณะเมล็ดกำลังพัฒนา ความชื้นของเมล็ด และสภาพแวดล้อมขณะเก็บรักษา (Roberts and Ellis, 1989; McDonald, 1999) การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษามีผลทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง (McDonald, 1999) ซึ่งการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดมีสาเหตุมาจากการสูญเสีย membrane integrity, impairment of RNA ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้ รวมทั้งการเสื่อมสภาพของดีเอ็นเอ (DNA degradation) (Gutierrez *et al*., 1993; McDonald, 1999) แม้ว่ากลไกการเสื่อมคุณภาพที่แท้จริงยังไม่มีการศึกษากันอย่างชัดเจน แต่ Hendry (1993) และ Bailly (2004) พบว่า สาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เกิดจากการสะสมอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species, ROS) และการเกิด lipid peroxidation ซึ่งพบในเมล็ดถั่วเหลือง (Sung, 1996) ถั่วลิสง (Sung and Jeng, 1994) และทานตะวัน (Bailly *et al*., 1998; Kibinza *et al*., 2006) แต่พบน้อยมากในข้าวโพด (Linn and Pearce, 1990) สำหรับการเกิด lipid peroxidation นั้น สามารถวัดได้จากปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในเมล็ดพืช ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตระหว่างการเก็บรักษา (Sung, 1996; Goel and Sheoram, 2003) และเป็นสารเริ่มต้นในการทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเมล็ด ซึ่ง MDA เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของขบวนการสลายตัวของกรดไขมันที่ได้ถูกย่อยออกมาจากโมเลกุลของ phospholipids โดยการทำงานของ phospholipase (จริงแท้, 2550; Sung and Jeng, 1994) การเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation มีความเกี่ยวข้องกับการลดลงของความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดทานตะวัน (Bailly *et al*., 1998) และ ฝ้าย (Goel *et al*., 2003) ในขณะเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้เพื่อศึกษาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีผลมาจากอายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน เพื่อประเมินความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีอายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานขณะเก็บรักษา

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมเมล็ดพันธุ์

ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่ควบคุมด้วยยีน *sh2* พันธุ์ SK0001 ณ แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม บริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน จำกัด อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม 2551-มีนาคม 2552 เก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน 7 ระยะที่อายุ 23, 28, 33, 38, 43, 48 และ 53 วันหลังออกไหม หลังจากเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อายุแตกต่างกันแล้ว นำเมล็ดที่ผ่านการลดความชื้นให้เหลือประมาณ 10% มาเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ split-split plot จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน sub plot คือ การเก็บรักษาในห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ห้องเก็บที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% และอุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 26-38°C ความชื้นสัมพัทธ์ 76-91%) sub-sub plot คือ อายุเก็บเกี่ยวที่ 23, 28, 33, 38, 43, 48 และ 53 วันหลังออกไหม จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อายุเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ตามวิธีการของจวงจันทร์ (2529ข) และองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด ทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลา 12 เดือน

2.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจากแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้ 1) ความชื้นของเมล็ด (seed moisture content) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ตัวอย่างละ 5 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธี hot air oven เมื่อครบกำหนดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเมล็ดหลังอบ คำนวณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ตามมาตรฐานเปียก (wet weight basis) 2) ความงอกมาตรฐาน (standard germination) เพาะเมล็ดในกระดาษเพาะแบบ between paper (BP) จำนวน 50 เมล็ดต่อซ้ำจำนวน 4 ซ้ำ ประเมินความงอกที่ 7 วันหลังเพาะ 3) ความงอกหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (germination after accelerated aging) นำเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างละ 50 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ใส่ตะแกรงลวดแสตนเลสรูปทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ขาตั้งสูง 3 เซนติเมตร นำตะแกรงลวดวางลงในขวดโหลที่มีน้ำ 100 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้สนิท นำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 41°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุมาทดสอบความงอก 4) ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) นำเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างละ 25 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ชั่งน้ำหนักเมล็ดและบันทึกผล นำเมล็ดแต่ละซ้ำแช่น้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร แล้วนำไปไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายด้วยเครื่อง Conductivity meter รายงานค่าการนำไฟฟ้าโดยนำน้ำหนัก 25 เมล็ด มาหารค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ หน่วยที่ได้จะเป็นไมโครซีเมนต่อกรัมเมล็ด (μS/cm/g.seed)

2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจากแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาแตกต่างกัน มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ 1) ปริมาณ Reducing sugar (RS) ตามวิธีของ Nelson's (Hodge and Hofreiter, 1962) 2) ปริมาณ Total phenol โดยนำตัวอย่างไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ตามวิธีของ Singleton and Rossi (1965) และ 3) ปริมาณ malondialdehyde (MDA) วัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ thiobarbituric acidreactive substances (TBARS) โดยนำสารละลายใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ TBARS โดยใช้สูตร TBARS equivalents ($nmol.ml^{-1}$) = $[(A_{532}-A_{600})/155000]10^6$

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณภาพเมล็ดพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี analysis of variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม R

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ความงอก

จากการศึกษาความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อายุเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาแตกต่างกัน พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาสูงที่สุด คือ 88.86 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 2 และ 4 เดือน ซึ่งมีความงอก 87.50 และ 87.39% ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 6, 8, 10 และ 12 เดือน ที่มีความงอก 86.25, 77.00, 75.42 และ 70.57% ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกของเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด คือ 71.77% ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ที่มีความงอกของเมล็ด 87.67 และ 86.14% ตามลำดับ ส่วนความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 53 วันหลังออกไหม มีความงอกของเมล็ดสูงที่สุด คือ 98.95 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ 48 วันหลังออกไหม แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวที่ 23, 28, 33, 38 และ 43 วันหลังออกไหม ที่มีความงอก 49.36, 53.35, 87.25, 90.40 และ 95.51%ตามลำดับ (Table 1) จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเก็บเกี่ยวที่อายุ 23 - 53 วันหลังออกไหมหลัง หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 48 และ 53 วันหลังออกไหมมีความงอกสูงกว่า 90% ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน พบว่า ตั้งแต่ 0-6 เดือน เมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะมีความงอกลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% แต่ขณะเดียวกันเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% มีความงอกไม่แตกต่างจากเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ตั้งแต่ 0 - 12 เดือนหลังการเก็บรักษา (Figure 1) สอดคล้องกับการทดลองของ บุญมี และคณะ (2550) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 ± 1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % มีความงอกในห้องปฏิบัติการไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากห้องที่ควบคุมนั้นเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพช้าเนื่องมาจากเมล็ดถูกเก็บไว้ในที่อุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม นอกจากนั้น Abba and Lavato (1999) พบว่า เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 2 ปี โดยความงอกของเมล็ดยังมีค่าไม่ต่ำกว่า 50% ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ได้ควบคุมสภาพแวดล้อมเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพตามระยะเวลาเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

3.2 ความงอกหลังการเร่งอายุ

เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า ความงอกหลังการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษาสูงที่สุด คือ 66.71% ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 2, 4 และ 6 เดือน ซึ่งมีความงอกหลังการเร่งอายุ 65.46, 64.47 และ 64.09% ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่ 8, 10 และ 12 เดือนที่มีความงอกหลังการเร่งอายุ 60.11, 58.44 และ 55.30% ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกหลังการเร่งอายุของเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด คือ 53.35% ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ที่มีความงอกหลังการเร่งอายุ 66.88 และ 66.04% ตามลำดับ (Table 1) จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 เดือน ความงอกหลังการเร่งอายุจะลดลงรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวต่างกันเมื่อนำมาเก็บรักษา พบว่าการเก็บเกี่ยวที่อายุ 48 และ 53 วันหลังออกไหม เมล็ดพันธุ์มีความงอกหลังการเร่งอายุสูงกว่า 90% (Figure 1) ซึ่งจากการ

ทดลองของ สุปราณี และคณะ (2550) พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องและห้องควบคุมอุณหภูมิเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อายุการเก็บรักษาของเมล็ดเพิ่มขึ้น ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงลดลง และสภาพห้องเก็บที่ควบคุมอุณหภูมิ ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพช้ากว่าสภาพอุณหภูมิห้อง Tang *et al.* (1999) พบว่า อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดส่วนใหญ่มีผลมาจากสิ่งแวดล้อมในการเก็บรักษาและการเสื่อมคุณภาพจะเพิ่มสูงขึ้น ถ้าเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นสูงหรือทั้งสองอย่าง โดยที่ยีนและความแข็งแรงของเมล็ดมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติช้ากว่าอัตราการเสื่อมที่เกิดจากสภาพการเก็บรักษา

3.3 ค่าการนำไฟฟ้า

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษามีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด คือ 63.20 µS/cm/g.seed ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 69.08, 68.90, 71.54, 74.38, 81.37 และ 87.60 µS/cm/g.seed ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 83.96 % ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ด 67.22 และ 70.12% ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 48 วันหลังออกไหมมีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 27.07 µS/cm/g.seed ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ 53 วันหลังออกไหม แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวที่ 23, 28, 33, 38 และ 43 วันหลังออกไหม ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ด 176.86, 121.66, 72.53, 52.88 และ 36.47 ตามลำดับ (Table 1)

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเริ่มต้นสูงการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นไปอย่างช้า อัตราการเพิ่มขึ้นจะน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเริ่มต้นต่ำ การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในเมล็ดที่มีอายุหลังเก็บเกี่ยวน้อยไปมาก เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหวานระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเสื่อมสภาพของเมมเบรน ทำให้ความแข็งแรงของเมมเบรนลดลง เมื่อนำเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพมาแช่น้ำกลั่นจะทำให้มีสารต่างๆ ภายในเซลล์รั่วไหลออกมา ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้จึงมีค่าสูง (McDonald and Wilson, 1980) จากผลการทดลองนี้ ชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีการเสื่อมคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษานั้น มีผลจากการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งสามารถตรวจวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้าของสารที่รั่วไหลออกมาจากเมล็ดอย่างต่อเนื่อง จนเป็นเหตุให้เมล็ดมีความแข็งแรงลดลง และสูญเสียความงอก ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานขณะเสื่อมคุณภาพ ในระหว่างการเก็บรักษา (Figure 1) สอดคล้องกับการลดลงของค่าความงอกมาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

3.4 ปริมาณ Reducing sugar (RS)

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ RS ของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีปริมาณ RS ต่ำที่สุด คือ 18.54 mg/ml ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีปริมาณ RS คือ 22.52, 27.91, 29.53, 32.67, 67.65 และ 75.43 mg/ml ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ RS ของเมล็ดเฉลี่ย คือ 38.69 mg/ml ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ปริมาณ RS ของเมล็ด 42.69 และ 36.15 mg/ml ตามลำดับ ส่วนปริมาณ RS ของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 53 วันหลังออกไหมมี RS ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 25.97 mg/ml ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ 48 วันหลังออกไหม แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวที่ 23, 28, 33, 38 และ 43 วันหลังออกไหม ที่มี RS ของเมล็ด 50.36, 57.13, 42.93, 38.12 และ 32.49 mg/ml ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 2)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

3.5 ปริมาณ Total phenol

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ Total phenol ของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีปริมาณ Total phenol ต่ำที่สุด คือ 81.42 ppm ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีปริมาณ Total phenol คือ 91.28, 107.08, 113.86, 121.43, 130.92 และ 180.28 ppm ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ Total phenol ของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 121.73 ppm ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% มีปริมาณ Total phenol 118.73 ppm แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ที่มีปริมาณ Total phenol ของเมล็ด 113.65 ppm ในขณะที่การทดลองของ Simic *et al.* (2004) พบว่า ในเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการเร่งอายุมีอุณหภูมิ 44°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ปริมาณฟีนอลิคเพิ่มขึ้น และมีความสัมพันธ์กับความงอกหลังการเร่งอายุ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิคสามารถใช้ประเมินการเสื่อมสภาพของเมล็ดข้าวโพดได้ ส่วนปริมาณ Total phenol ของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 43 วันหลังออกไหม มีปริมาณ Total phenol ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 102.70 ppm ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ 48 และ 53 วันหลังออกไหม แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวที่ 23, 28, 33 และ 38 วันหลังออกไหม ที่มีปริมาณ Total phenol ของเมล็ด 145.03, 137.66, 118.59 และ 106.09 ppm ตามลำดับ ((Table 2 และ Figure 2)

3.6 ปริมาณ malondialdehyde (MDA)

ปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณ MDA ของเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ก่อนเก็บรักษามีปริมาณ MDA ต่ำที่สุด คือ 0.98 µmol/g f.w. ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนที่มีปริมาณ MDA คือ 1.12, 1.19, 1.22, 1.30, 1.38 และ 1.47 µmol/g f.w. ตามลำดับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณ MDAของเมล็ดเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.25 µmol/g f.w. ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% มีปริมาณ MDA 1.25 µmol/g f.w. แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ปริมาณ MDA ของเมล็ด 1.21 µmol/g f.w. (Table 2)

ปริมาณของ MDA เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณของ MDA สามารถใช้วัดปริมาณของ lipid peroxidation (Sung and Jeng, 1994) การเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation และปริมาณกรดไขมันระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Reuzeau *et al.*, 1992) ซึ่งจะเห็นได้จากการทดลองในเมล็ดทานตะวันที่มีการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติและผ่านการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 42°C 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 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เป็นระยะเวลานานในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงจะมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ส่วนปริมาณ MDA ของเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ที่อายุ 53 วันหลังออกไหมมีปริมาณ MDA ของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 0.77 µmol/g f.w.ไม่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวเมล็ดที่ 48 วันหลังออกไหม แต่แตกต่างทางสถิติกับการเก็บเกี่ยวที่ 23, 28, 33, 38 และ 43 วันหลังออกไหม ที่มีปริมาณ MDA ของเมล็ด 1.90, 1.97, 1.38, 0.95 และ 0.90 µmol/g f.w. ตามลำดับ (Table 2 และ Figure 2)

Table 1 Germination percentage, germination after accelerated aging (AA) and electrical conductivity (EC) of sweet corn seed as affected by different harvesting times and storage conditions.

Treatments		Germination (%)		Germination after AA (%)		Electrical conductivity (μS/cm/g seed)	
Storage times	0 month	88.86	a[1/]	66.71	a	63.20	e
	2 months	87.50	ab	65.45	a	69.08	d
	4 months	87.39	ab	64.47	a	68.90	d
	6 months	86.25	b	64.09	a	71.54	cd
	8 months	77.00	e	60.11	b	74.38	c
	10 months	75.42	c	58.44	bc	81.37	b
	12 months	70.57	d	55.30	c	87.60	a
F-test		**		**		**	
Storage conditions	10 ºC-45% RH	87.67	a	66.88	a	67.22	b
	20 ºC -45% RH	86.14	a	66.04	a	70.12	b
	RT (26-28ºC-45% RH)	71.77	b	53.35	b	83.96	a
F-test		**		**		**	
Harvesting times	23 DAS	49.36	e	2.10	e	176.86	a
	28 DAS	53.35	e	6.71	e	121.66	b
	33 DAS	87.25	d	60.59	d	72.53	c
	38 DAS	90.40	c	78.95	c	52.88	d
	43 DAS	95.51	b	91.42	b	36.47	e
	48 DAS	98.11	ab	96.69	a	27.07	f
	53 DAS	98.95	a	98.14	a	28.61	f
F-test		**		**		**	

[1/] Means within the same column followed by the same letters are not significantly different by DMRT.

** = significant difference at 0.01 level.

Table 2 Reducing sugar, total phenol and malondialdehyde content of sweet corn seed as affected by different harvesting times and storage conditions.

Treatments		Reducing sugar (mg/ml)		Total phenol (ppm)		Malondialdehyde (µmol/g f.w.)	
Storage times	0 month	18.54	f[1/]	81.42	g	0.98	f
	2 months	22.52	e	91.28	f	1.12	e
	4 months	27.91	d	107.08	f	1.19	de
	6 months	29.53	d	113.86	d	1.22	d
	8 months	32.67	c	121.43	c	1.30	c
	10 months	67.65	b	130.92	b	1.38	b
	12 months	75.43	a	180.28	a	1.47	a
F-test		**		**		**	
Storage conditions	10 ºC-45% RH	42.69	a	118.73	a	1.21	b
	20 ºC -45% RH	36.15	c	113.65	b	1.25	a
	RT (26-28ºC-45% RH)	38.69	b	121.73	a	1.25	a
F-test		**		**		**	
Harvesting times	23 DAS	50.36	a	145.03	a	1.90	b
	28 DAS	57.13	b	137.66	b	1.97	a
	33 DAS	42.93	c	118.59	c	1.38	c
	38 DAS	38.12	d	106.09	d	0.95	d
	43 DAS	32.49	e	102.70	e	0.90	e
	48 DAS	27.24	f	110.67	e	0.79	f
	53 DAS	25.97	f	105.53	e	0.77	f
F-test		**		**		**	

[1/] Means within the same column followed by the same letters are not significantly different by DMRT.

** = significant difference at 0.01 level.

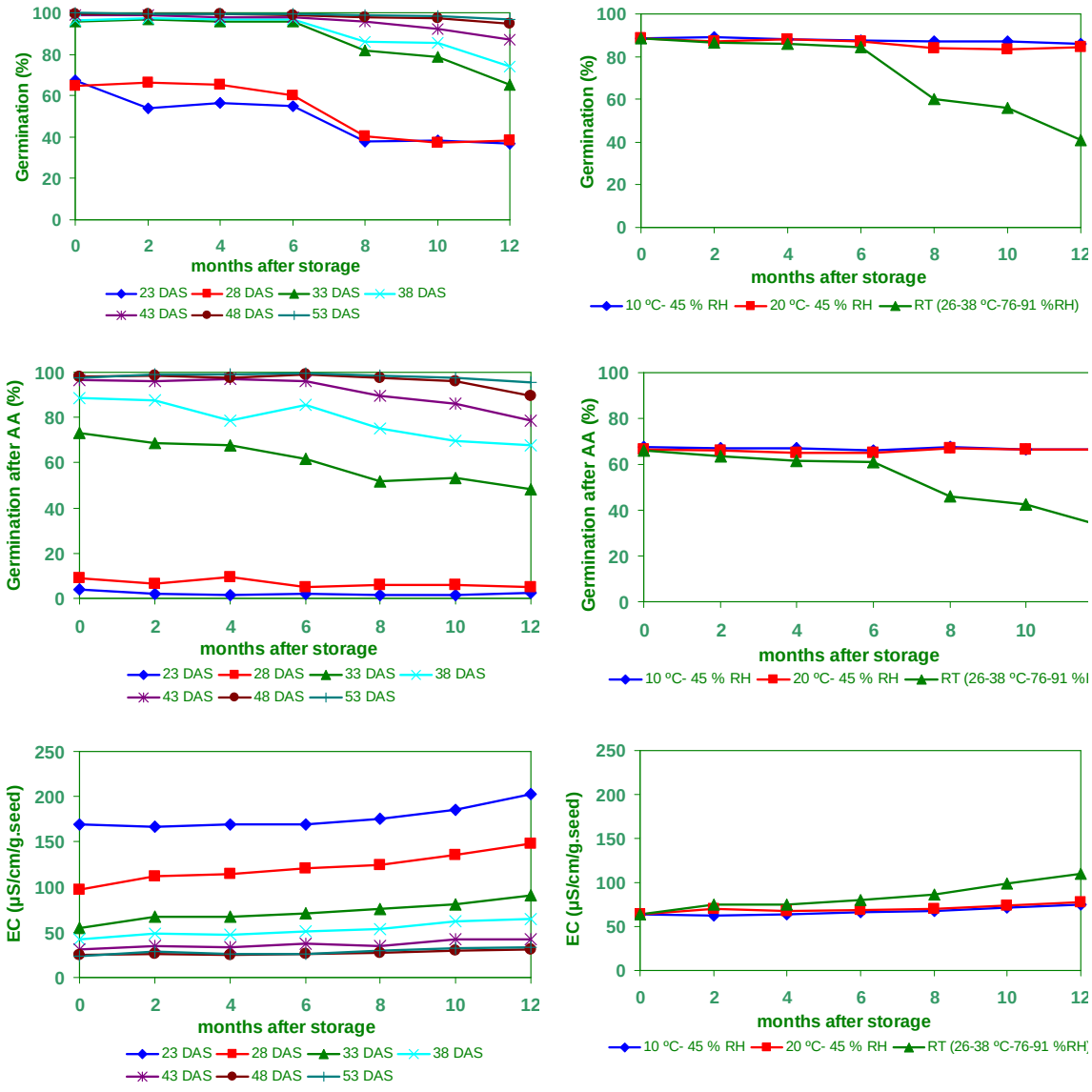

Figure 1 Germination percentage, germination after accelerated aging (AA) and electrical conductivity (EC) of sweet corn seed as affected by different harvesting times and storage conditions.

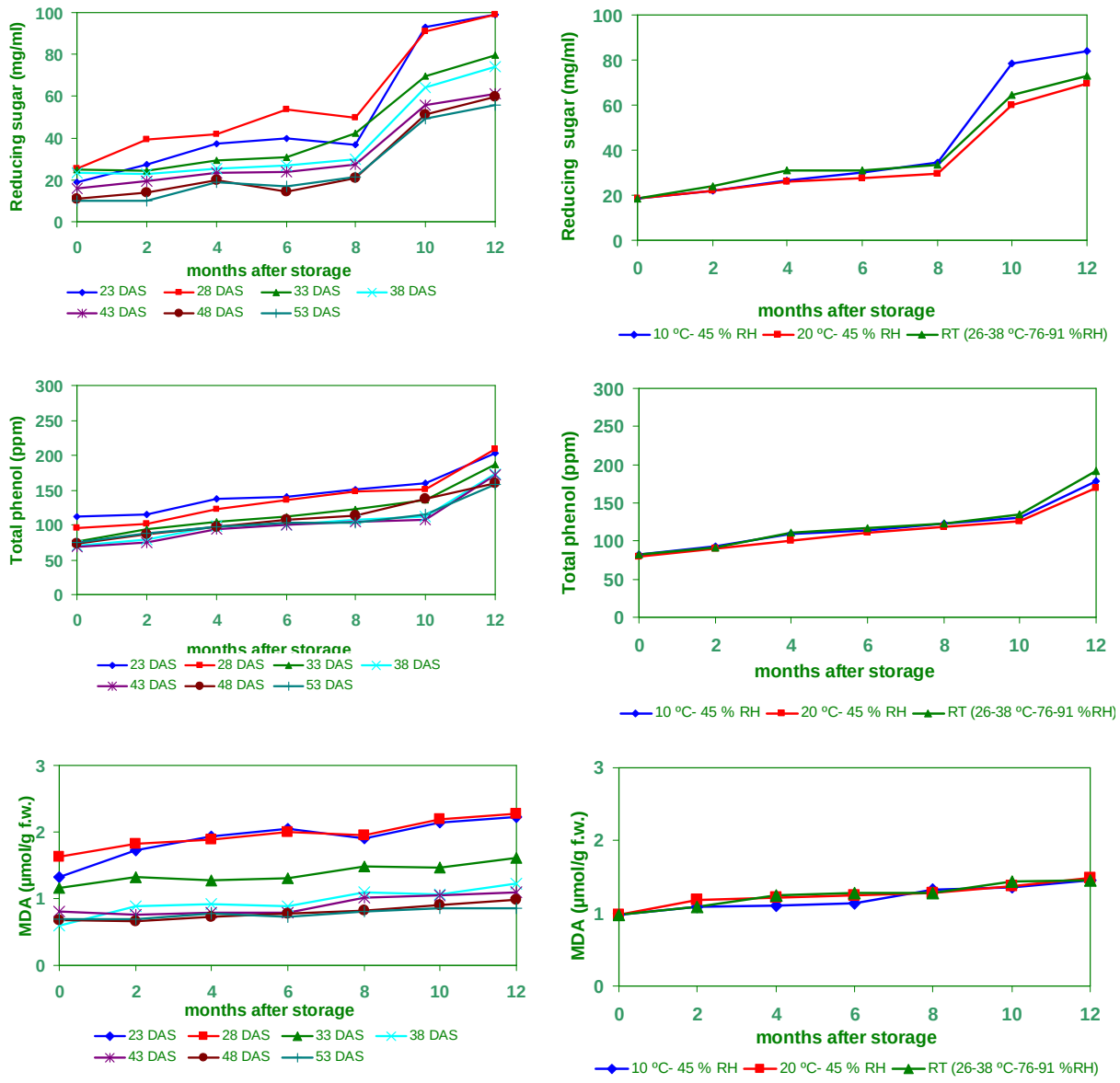

Figure 2 Reducing sugar, total phenol and malondialdehyde content of sweet corn seed as affected by different harvesting times and storage conditions.

4. สรุปผลการทดลอง

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานสายพันธุ์ SK0001 ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีความสามารถในการเก็บรักษาแตกต่างกัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อายุเก็บเกี่ยว 48 และ 53 วันหลังออกไหม เมื่อนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90% และความงอกหลังการเร่งอายุสูงกว่า 85% เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพจะมีการเสื่อมสภาพของเซลล์เมมเบรน ซึ่งวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้า เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน จะมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และมีปริมาณ malondialdehyde (MDA) เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ในขณะที่ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลง การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่อุณหภูมิ 10 และ 20°C ความชื้นสัมพัทธ์ 45% เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้คุณภาพของเมล็ด ความสามารถในการเก็บรักษา และการให้ผลผลิตสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

5. คำนิยม

ขอขอบพระคุณ ดร.ทวีศักดิ์ ภู่หลำ บริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานจำกัด ที่ให้ทุนการศึกษาและการสนับสนุน ขอขอบคุณคุณวีระพันธุ์ ดวงจันทร์โชติ และเจ้าหน้าที่ของบริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานจำกัด ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จด้วยดี ขอขอบคุณ ดร.ธีรพงศ์ แสงวนางค์กูล คุณยุพิน อ่อนศิริ และคุณคะนึงสุข ผลดก ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ช่วยแนะนำวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด

6. เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.

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

_____. 2529ข. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ ฯ. 188 น.

_____. 2550. อนาคตข้าวโพดไทยใน 5 ปี. บรรยายพิเศษ *ใน* **การประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 33** วันที่ 22-24 สิงหาคม 2550 ณ โรงแรม ทีเคพาเลซ, กรุงเทพมหานคร.

บุญมี ศิริ ธีระวัช สุวรรณนวล และพจนา สีขาว. 2550. การประเมินศักยภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม 3 พันธุ์ โดยการเร่งอายุ. **ว.วิทย.กษ**. 38: 148-151.

สุปราณี งามประสิทธิ์, สุพจน์ กาเซ็ม, สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, สุรพล เช้าฉ้อง, สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์, แอนนา สายมณีรัตน์ และแสงแข น้ำวานิช. 2550. ผลของการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีต่อความงอกในสภาพไร่, น. 374-380. *ใน* **รายงานประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 33** วันที่ 22-24 สิงหาคม 2550 ณ โรงแรม ทีเคพาเลซ, 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.

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Sci. Res**. 14: 93-107.

Bailly, C., A. Benamar, F. Corbineau and D. Come. 1996. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiol Plant** 97: 104-110.

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 F_1 seeds of *sh* $_2$ sweet corn. **J. Zhejiang Univ Sci**. 9: 964-968.

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.

Goel, A. and I.S. Sheoran. 2003. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes in cotton seeds under natural ageing. **Biol Plant** 46: 429-434.

Guitierrez, G., F. Cruz, J. Moreno, V.A. Gonzalez-Hernandez and J.M. Vasques-Ramos. 1993. Natural and artificial seed ageing in maize germination and DNA synthesis. **Seed Sci. Res**. 3: 279-285.

Hendry, G.A.F. 1993. Oxygen, free radical processes and seed longevity. **Seed Sci. Res**. 3: 141-153.

Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugar and carbohydrate, pp. 380-394. *In* R.L.Whistler and M.L.Wotform (eds.). **Methods in carbohydrate chemistry**. Academic press, New York.

Linn, S.S. and R.S. Pearce. 1990. Changes in lipids in bean seeds (*Phaseolus vulgaris*) and corn caryopses (*Zea mays*) aged in contrasting environments. **Ann. Bot**. 65: 452-456.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Sci & Technol**. 27: 177-237.

McDonald, M.B. 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.

Perera, C.A. and D.J. Cantliffe. 1994. Presowing seed treatments to enhance supersweet sweet corn seed and seedling quality. **HortScience** 29: 277-278.

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

Reuzeau, C. and G. Cavalie. 1995. Activities of free radical processing enzymes in dry sunflower seeds. **New Phyto**. 130: 59-66.

Roberts, E.H. and R.H. Ellis. 1989. Water and seed survival. **Ann. Bot**. 63: 38-52.

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 J.A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **Amer. J. Enol. & Vitic**. 16: 144-157.

Sung, J.M. 1996. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging in soybean seeds during aging. **Physiol. Plantarum** 97: 85-89.

_____ and T.L. Jeng. 1994. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging of peanut seed. **Physiol. 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.

Wann, E.V. 1986. Seed vigor and respiration of maize kernels with different endosperm genotypes. **Am. Soc. J. Hort. Sci**. 27: 821-822.

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