

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการทำ Precooling โดยใช้น้ำแข็งในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน พันธุ์อินทรี 2

Effect of Precooling by Top-icing on the Quality of Super Sweet Corn Variety Indee II

โดย

นายประเชษฐ์ โทธิทอง
นายวีฑูวศ์ ชีวะวิโรจน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ธูมา แสงคราม

เสนอ



T100583

รพ.
๒๖๗๒๗
๘๕๒๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 100583

วันเดือนปี.....

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

พุทธศักราช 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

ผลของการทำ Precooling โดยใช้น้ำแข็ง ในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

พันธุ์อินทรี 2

Effect of Precooling by Top-icing on the Quality of Super Sweet Corn Variety Indee II

โดย

นายประเชษฐ์ ไทรีทอง
นายรัฐวงศ์ ชีวะวิโรจน์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

(คร.อูมา แสงคราม)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ดร.สมยศ เศษภีร์คนมมงคล)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่ ๑1 เดือน ๑๒ พ.ศ. ๒๕๕๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยาม

การทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก คร.อุมมา แสงคราม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการทำปัญหาพิเศษ พร้อมทั้งเอื้อเฟื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ และเครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ รวมถึงตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนกระทั่งปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ แก่ข้าพเจ้าอย่างเต็มความสามารถ

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ

ขอขอบพระคุณ บิดามารดาที่เลี้ยงดูอบรมสั่งสอนและให้โอกาสทางการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้าสามารถบรรลุในสิ่งที่มุ่งหวังไว้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ประเชษฐ์ โพธิ์ทอง
รัฐวงศ์ ชีวะวิโรจน์

ชื่อเรื่อง : ผลของการทำ Precooling โดยใช้น้ำแข็งในการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว
ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2
: Effect of Precooling by Top-icing on the Quality of Super Sweet Corn
Variety Indee II

โดย : นายปรเมษฐ์ โพธิ์ทอง
นายรัฐวงศ์ ชีวะวิโรจน์

สาขา : พืชไร่

ภาควิชา : เทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อุมา แสงคราม

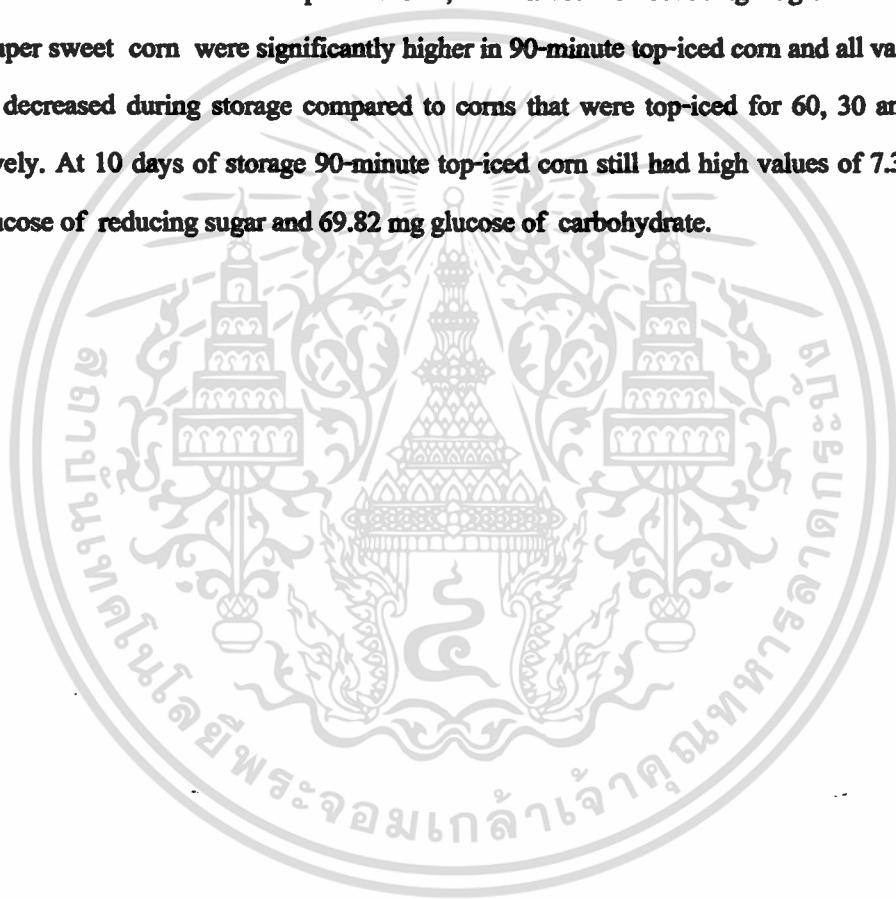
บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้น้ำแข็ง ลดความร้อนแฝง และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ได้ดำเนินการทดลองที่แปลงทดลองภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างเดือนตุลาคม 2547-มกราคม 2548 วางแผนการทดลองแบบ factorial in completely randomized design มี 3 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือ ระยะเวลาในการแช่น้ำแข็ง 4 ระดับ คือ ไม่ได้แช่น้ำแข็ง แช่น้ำแข็ง 30 60 และ 90 นาที ปัจจัยที่ 2 คือ อายุการเก็บรักษา มี 6 ระดับ คือ 0 2 4 6 8 และ 10 วัน ในอุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาข้าวโพดไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 10 วัน จะทำให้ความหวาน (บrix,%) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส) ลดลง โดยที่การแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 90 นาที ก่อนเก็บรักษาจะทำให้ค่าต่าง ๆ ดังกล่าวลดลงช้าที่สุด โดยค่าความหวานจะมีค่า 7.30% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์กับ 14.80 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส และค่าคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเท่ากับ 69.82 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ในขณะที่ข้าวโพดที่ไม่ได้แช่น้ำแข็งจะมีค่าต่าง ๆ ดังกล่าวลดลงเร็วที่สุด คือจะมีค่าความหวาน ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และค่าคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเท่ากับ 5.40% 10.95 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส และ 57.21 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 วันเท่ากัน

ABSTRACT

The experiment was conducted to study the effect of top-icing and storage duration on quality of super sweet corn variety indee II at the field of Plant Production Technology Department, Faculty of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, during October 2004 to January 2005.

The experimental design was factorial in CRD with 3 replications. Treatments consisted of 4 levels of top-icing (0, 30, 60 and 90 minutes) and 6 periods of storage (0, 2, 4, 6, 8 and 10 days.) the results showed that the sweetness as percent brix, the amount of reducing sugar and total carbohydrate of super sweet corn were significantly higher in 90-minute top-iced corn and all values were also slowly decreased during storage compared to corns that were top-iced for 60, 30 and 0 minutes respectively. At 10 days of storage 90-minute top-iced corn still had high values of 7.30% brix, 14.80 mg glucose of reducing sugar and 69.82 mg glucose of carbohydrate.



สารบัญ

	หน้า
คำนิยาม	i
บทคัดย่อ	ii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญภาพ	vi
สารบัญตารางผนวก	vii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ตรวจสอบเอกสาร	
- การแยกประเภทข้าวโพด	2
- การแบ่งชนิดของข้าวโพดหวาน	3
- ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2	5
- ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพข้าวโพดหวาน	5
- การลดอุณหภูมิล่วงหน้า (Precooling)	6
- วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้า (Precooling)	7
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
ผลการทดลอง	
- ความหวาน	13
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์	14
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	16
สรุปผลการทดลอง	18
เอกสารอ้างอิง	19
ภาคผนวก	
- ภาคผนวก ก	21
- ภาคผนวก ข	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความหวาน (บริกซ์, %) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็ง เป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	13
2	แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	15
3	แสดงค่าคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	16



สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1 แสดงความหวาน (บrix, %) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	14
2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำคาสรีคิวิซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	15
3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	17



สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า	
1	แสดงความหวาน (บrix,%) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 และ 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน	23
2	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน ที่แช่น้ำแข็ง	24
3	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานที่แช่น้ำแข็ง	25
4	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ไม่ได้แช่น้ำแข็ง	26
5	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 30 นาที	26
6	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 60 นาที	26
7	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 90 นาที	27
8	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ไม่ได้แช่น้ำแข็ง	27
9	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 30 นาที	27
10	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 60 นาที	28
11	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 90 นาที	28
12	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ไม่ได้แช่น้ำแข็ง	28

สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
13	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 30 นาที	29
14	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 60 นาที	29
15	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 90 นาที	29
16	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็งต่างกัน	30
17	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็งต่างกัน	30
17	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็งต่างกัน	31

คำนำ

ข้าวโพดหวาน เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในปัจจุบัน เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีในพื้นที่ทั่วไปของประเทศไทย ให้ผลผลิตต่อไร่สูง และราคาดี ข้าวโพดหวานมีลักษณะต่างจากข้าวโพดทั่วไปคือ มีปริมาณน้ำตาลในเมล็ดสูงแต่มีแป้งน้อย ทำให้เมล็ดมีรสชาติหวานเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

คุณภาพของข้าวโพดหวานจะสูญเสียได้ง่ายเนื่องจากผลผลิตจะมีความชื้นสูง การสูญเสียความหวานจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการเก็บเกี่ยวและสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา โดยเฉพาะอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงจะส่งเสริมให้ข้าวโพดสูญเสียความหวานในระยะเวลาอันรวดเร็ว การเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานส่วนใหญ่มักมีความร้อนแฝงที่คิดมาจากแปลงซึ่งการทำ precooling เป็นวิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยววิธีหนึ่ง ที่ช่วยลดการสูญเสียคุณภาพข้าวโพดหวานหลังเก็บเกี่ยวได้

การทดลองนี้เป็นการศึกษาถึงการทำ precooling โดยการใช้น้ำแข็ง (top-icing) เพื่อลดความร้อนแฝงของข้าวโพดหวานก่อนการเก็บรักษา เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำแข็งลดความร้อนแฝงของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่คิดมาจากแปลง เพื่อชี้แนะการเก็บรักษา
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

ตรวจเอกสาร

ข้าวโพดจัดอยู่ในวงศ์ (Family) Gramineae วงศ์ย่อย (Sub - Family) Panicoideae เผ่า (Tribe) Maydeae สกุล (Genus) *Zea* และชนิด (Species) *mays* มีถิ่นฐานดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกา ลักษณะที่สำคัญของพืชในเผ่านี้คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกดอกกัน แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) (กรมวิชาการเกษตร. 2524)

การแยกประเภทข้าวโพด

จากรายงานของกรมวิชาการเกษตร (2524) ได้จำแนกข้าวโพดตามลักษณะภายนอกของเมล็ดและหลักพฤกษศาสตร์ เป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวนูน (dent corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays indentata* เป็นข้าวโพดที่มีเมล็ดค่อนบนมีรอยนูนสีขาว เนื่องจากค่อนบนเป็นแป้งชนิดอ่อน (soft starch) และค่อนข้างๆ เมล็ดเป็นแป้งชนิดแข็ง (corneous starch) เมื่อดากให้แห้งส่วนที่เป็นแป้งอ่อนจึงหดตัวและเกิดลักษณะหัวนูนดังกล่าว มีลำต้นสูงตั้งแต่ 2.5 - 4.5 เมตร ฝักยาวตั้งแต่ 15 - 30 เซนติเมตร และมีเมล็ดระหว่าง 8 - 24 แถว เป็นข้าวโพดประเภทที่มีปลูกแพร่หลายที่สุดในสหรัฐฯ และมีหลายสี หลายพันธุ์

2. ข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็ง (flint corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays indurata* เป็นชนิดที่มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างแข็งแกร่ง กลม เรียบ หัว ไม่นูน เพราะมีแป้งชนิดอ่อนอยู่ตรงกลางแต่ด้านนอกถูกห่อหุ้มด้วยแป้งชนิดแข็ง เมื่อดากให้แห้งจึงไม่หดตัว มีขนาดฝักและจำนวนแถวน้อยกว่าพวกหัวนูน มีปลูกกันมากในประเทศต่าง ๆ ในยุโรป เอเชีย อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ ในประเทศไทยก็ปลูกกันมาแต่ช้านาน และปัจจุบันนี้ก็มีข้าวโพด พันธุ์สุวรรณ พันธุ์ปากช่อง 1620 ซึ่งเป็นข้าวโพดประเภทที่นิยมปลูกกันมากเพราะตลาดต่างประเทศต้องการไปเป็นอาหารสัตว์ และน้ำหนักรับซื้อดีกว่าข้าวโพดประเภทอื่น ๆ

3. ข้าวโพดหวาน (sweet corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays saccharata* เป็นข้าวโพดที่ปลูกรับประทานฝักสด โดยเฉพาะ เมล็ดเมื่ออ่อนอยู่จะมีลักษณะใส โปร่งแสงและมีรสหวานเนื่องจากมีน้ำตาลมาก แต่เมล็ดแก่จะหดตัวและเหี่ยวขุ่น

4. ข้าวโพดข้าว (pop corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays everta* เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ภายใน ภายนอกถูกห่อหุ้มด้วยสารที่ค่อนข้างเหนียวและยืดตัวได้ ฉะนั้นเมื่อเมล็ดมีความชื้นอยู่ภายในพอสมควรถูกความร้อน จะเกิดแรงดันภายในเมล็ดและเมื่อถึงขีดสุดก็ระเบิดตัวออกมา โดยทั่ว ๆ ไปอาจแบ่งออกได้ตามรูปร่างเมล็ด อีก 2 พวกคือ พวกหัวแหลม (rice pop corn) และพวกเมล็ดกลม (pearl pop corn) เมล็ดมีสีต่าง ๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ส้ม ม่วง ฝักก็มีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 5 - 10 เซนติเมตร ลำต้นไม่ค่อยโตมากเหมือนพวกแรก

5. ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy com) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays ceratina* มีลักษณะเมล็ดเหนียวคล้ายขี้ผึ้ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีลักษณะคล้ายแป้งมันสำปะหลัง จึงปลูกกันเพียงเล็กน้อยในสหรัฐฯ เพื่อใช้ทำแป้งที่มีคุณภาพคล้ายแป้งมันดังกล่าว กล่าวกันว่า ข้าวโพดพันธุ์นี้มีพบครั้งแรกในประเทศจีน และขณะนี้ก็ยังมีการปลูกกันมากในแถบภาคใต้ และตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศนั้น

6. ข้าวโพดแป้ง (flour com) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays amylacea* เมล็ดประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อนมาก มีรูปร่างและลักษณะเมล็ดคล้ายพวกข้าวโพดไร่ชนิดหัวแข็งมากแต่หัวไม่บวม หรือ บวมเล็กน้อยโดยสม่ำเสมอทั่วเมล็ด มีเมล็ดประมาณ 8 – 12 แถว ปลูกมากในบางภาคของอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และในสหรัฐฯ ทางภาคตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งก่อนข้างแห้งแล้ง ชาวอินเดียนแดงใช้เป็นอาหาร ทั้งฝักสด และฝักแก่

7. ข้าวโพดป่า (pod com) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays tunicate* เป็นข้าวโพดที่มีลักษณะแปลก ใกล้เคียงไปในทางพืชป่า เมล็ดมีเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกฝักอีกชั้นหนึ่ง ส่วนเมล็ดมีลักษณะต่าง ๆ กัน คือมีทั้งพวกหัวบวม หัวแข็ง ข้าวโพดแป้ง ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดคั่ว เป็นต้น พันธุ์ที่มีอยู่ขณะนี้มักไม่ใช่พันธุ์แท้ เมื่อปลูกช่วงต่อไปจะแยกแยะออกไปเป็นทั้งพวก ข้าวโพดป่าและข้าวโพดธรรมดา ปัจจุบันมีการปลูกไม่มาก นอกจากปลูกไว้เพื่อการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเท่านั้น

นอกจากนี้ ถ้าจะแยกข้าวโพดตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการปลูกอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้คือ

1. ปลูกเพื่อต้องการใช้เมล็ดแก่ (com for grain) ซึ่งส่วนใหญ่ของข้าวโพดที่ปลูกในปัจจุบันนี้ก็เพื่อใช้เมล็ดแก่สำหรับนำไปทำเป็นอาหารคน หรืออาหารสัตว์โดยตรงและใช้ทำเครื่องอุปโภคบริโภคต่าง ๆ อีกมากมายหลายชนิด

2. ปลูกเพื่อต้องการใช้คั้น หรือใบให้สัตว์กินเป็นอาหารสด มีปลูกกันเป็นจำนวนมากในประเทศที่มีการเลี้ยงสัตว์เป็นอุตสาหกรรม โดยปล่อยให้สัตว์เข้าไปกินในแปลงปลูกโดยตรง (grazing) หรือตัดมาให้สัตว์กินสด ๆ หรือทำอาหารหมัก (silage)

3. ปลูกเพื่อใช้ทำเป็นอาหารแห้งสำหรับสัตว์ (fodder com) คือคั้นคั่วและใบมาตากให้แห้งและมัดฟ่อน เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ในฤดูแล้ง (กรมวิชาการเกษตร. 2524)

การแบ่งชนิดของข้าวโพดหวาน

หากแบ่งข้าวโพดหวานตามการทำงานของยีน สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ ข้าวโพดหวานจากยีนเดี่ยว (single gene) ข้าวโพดหวานแบบยีนเสริม (synergistic or augmented gene) และข้าวโพดหวานจากยีนร่วม (multiple genes) (ทวีศักดิ์. 2540)

1. ข้าวโพดหวานจากยีนเดี่ยว มีการปลูกมากที่สุดในโลกสามารถแบ่งย่อย ๆ ออกได้ดังนี้

1.1 ข้าวโพดหวาน (sweet com) เป็นข้าวโพดที่นิยมปลูกกันมากมี sugary gene อยู่ในเมล็ดด้วย เมล็ดแห้งของข้าวโพดหวานชนิดนี้จะเหนียว แต่จะดูแวววาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ข้าวโพดหวานชนิดพิเศษ (super sweet corn, extra sweet corn) นิยมปลูกกันมากในรูปของฝักสด แรกกล่าวได้ว่าข้าวโพดหวานที่เรียกกันจะเป็นข้าวโพดหวานพิเศษประมาณ 80 % ข้าวโพดหวานพิเศษจะมี shrunken gene หรือ brittle gene ความคมอยู่

2. ข้าวโพดหวานที่เกิดจากยีนเสริม จะมียีนที่เป็น homozygous recessive อยู่หนึ่งตำแหน่ง แต่อีกตำแหน่งเป็น heterozygous เมื่อนำเมล็ดไปผลิตฝักสด ยีนที่เป็น heterozygous นั้นมีผลทำให้ 25 % ของเมล็ดที่รับประทานเป็น double recessive ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าข้าวโพดนั้นหวาน

3. ข้าวโพดที่เกิดจากยีนร่วม เนื่องจากปัญหาเรื่องความหวานที่มีน้อยในข้าวโพดหวานธรรมดา และอัตราความงอกต่ำในข้าวโพดหวานพิเศษ จึงได้มีการพยายามนำยีนต่าง ๆ มารวมกันในสภาพ homozygous recessive เพื่อให้ข้าวโพดหวานมีคุณภาพดี (ชวช. 2523)

ข้าวโพดหวานพิเศษ (super sweet corn) เกิดจากยีนค้อยหลายตัวที่สำคัญ คือ shrunken-2 gene (sh2/sh2) ยีนตัวนี้ทำให้กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้งเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ sucrose reductase ถูกขัดขวางโดยยีนค้อยเหล่านี้ อย่างไรก็ตามความหวานและคุณภาพอื่น ๆ เช่น ความนุ่มของเมล็ด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพแวดล้อมในการปลูก พันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว อายุการเก็บรักษา เป็นต้น (ทวีศักดิ์. 2536 อ้างโดย ชวนชมและนางเยาว์. 2541)

ชวช (2523) รายงานว่ายีนแต่ละชนิดมีผลต่อคุณสมบัติของข้าวโพดดังนี้

ยีน su (sugary gene) มีอยู่สองคู่ด้วยกัน คือ su และ su2 จากรายงานในปี พ.ศ. 2467 พบว่ายีน su ทำให้เกิดการสะสม phytyglycogen ซึ่งเป็น water soluble polysaccharide และเป็นตัวที่ทำให้เนื้อข้าวโพดหวานนุ่ม

ยีน sh (shrunken gene) มีอยู่หลายคู่ด้วยกัน คือ sh sh2 sh3 sh4 และ sh5 มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีการค้นพบยีน sh ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2464 และในปี พ.ศ. 2487 ค้นพบยีน sh2 ซึ่งภายหลังมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดหวานมาก

ยีน bt (brittle gene) มี 3 คู่ คือ bt bt2 และ bt4 เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน shrunken มาก ซึ่งไม่สามารถบอกรูได้จากลักษณะของเมล็ดแต่อาจจะดูได้จากคั้น ถ้านับ super sweet และมีคั้นสีเขียวมีโอกาสเป็นได้ทั้ง sh และ bt แต่ถ้ามีคั้นหรือคอกสีแดงแล้วจะเป็น bt แน่แน่นอน

ยีน wx (waxy gene) ยีนชนิดนี้ทำให้เกิดการสะสมแป้งที่แตกต่างไปจากข้าวโพดธรรมดาซึ่งเป็นแป้งพวก อมิโลแพคติน ข้าวโพดที่มียีนชนิดนี้ ได้แก่ ข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว

ยีน du (dull gene) ข้อมูลน้อยมากไม่มีการกล่าวถึงในเรื่องผลของยีน แต่มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

ยีน ae (amylase extender gene) เป็นยีนที่ทำให้ปริมาณของอมิเลสเพิ่มขึ้น

ยีน se (sugary enhancer gene) เป็นยีนใหม่ล่าสุดที่มีการค้นพบ จะต้องแสดงออกพร้อมกับ su เสมอ มีผลทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลมอลโตสเพิ่มขึ้น

ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

เป็นพันธุ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นลูกผสมเดี่ยวที่เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้ SSW 114 กับ KSei 14004 มีอายุถึงวันออกไหม 48-50 วัน ลักษณะฝักสีเหลืองทรงกระบอก แถวเมล็ดเรียงตัวสม่ำเสมอ ไหมมีสีอ่อน มีความหวานประมาณ 14.5% นุ่ม หวานกรอบไม่ติดฟัน ลักษณะฝักใหญ่ มีลักษณะทางการเกษตรบางอย่างดี เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปและบริโภคสด ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 1,800-2,300 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 1,200-1,400 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ. 2548)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพข้าวโพดหวาน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานมีหลายปัจจัยซึ่งปัจจัยที่สำคัญได้แก่

1. อายุเก็บเกี่ยว ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเพื่อบริโภคสดและนำมาแปรรูปนั้นจะต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม เพื่อรักษาคุณภาพของข้าวโพดหวานให้เหมือนของสดมิฉะนั้นคุณภาพจะลดลงมาก ข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยวจากต้นแล้วความหวานจะลดลง เพราะน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และถูกเปลี่ยนไปเป็นแป้ง (ทวิศักดิ์. 2536 อ้างโดย ขวนชมและนางเยาว์. 2541)

การเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวานเพื่อให้ได้คุณภาพและผลผลิตตรงตามความต้องการนั้นมีหลายวิธี ได้แก่ การสังเกตด้วยตาเปล่า เป็นการดูลักษณะภายนอก เช่น สีของเปลือก และการแห้งของไหม ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์มากพอสมควรและการพิจารณาจากลักษณะภายในของเมล็ดซึ่ง ได้แก่ ความเหนียวของ pericarp ปริมาณ total soluble solids ปริมาณ insoluble polysaccharide ความอวบน้ำ ความถ่วงจำเพาะและความชื้นในเมล็ด (Linguist *et al.*, 1951; Khalil, 1971 อ้างโดย ขวนชมและนางเยาว์. 2541)

การเก็บข้าวโพดหวานให้คงอยู่ได้นาน อาจทำได้โดยการเก็บข้าวโพดหวานแต่เช้าตรู่ และตัดให้มีส่วนของต้นติดมากับฝัก ให้มีความยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร ซึ่งจะคงความสดและความหวานอยู่ได้ประมาณ 3 วันที่อุณหภูมิห้อง (ประภคิต. 2534)

2. อายุการเก็บรักษา การเก็บรักษามีเป้าหมายเพื่อยืดอายุออกไปให้คงคุณภาพได้นานขึ้น ซึ่งการเก็บรักษาจะประสบความสำเร็จหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ตั้งแต่วิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมด้วยความประณีตและรวดเร็วรวมทั้งการปรับสภาพแวดล้อมภายหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสมเพื่อความสะดวก ซึ่งในการเก็บรักษาต้องคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเก็บรักษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น องค์ประกอบของบรรยากาศ (จริงแท้และธีรนุศ. 2543)

จากรายงานของจริงแท้และธีรนุด (2543) พบว่าการหาความชื้นที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษาระยะยาวของข้าวโพดหวาน พบว่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศในห้องเก็บรักษาที่เหมาะสม คือ 95-98 % สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 5-8 วัน โดยที่ปริมาณน้ำตาลในเมล็ดไม่ลดลง

3. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวเพราะอุณหภูมิมิผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลผลิตทุกอย่าง อุณหภูมิจะเร่งการหายใจ การคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่น ๆ ภายในผลผลิตให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้ผลผลิตเสียหายได้ง่าย ดังนั้นการเก็บรักษาจึงต้องใช้อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการรักษาผลผลิตให้มีคุณภาพคืออยู่ได้นาน

จากรายงานของจริงแท้และธีรนุด (2543) พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาข้าวโพดหวานให้คงอยู่ได้นาน คือ 0 องศาเซลเซียสและจากการทดลองเก็บฝักข้าวโพดซึ่งมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาล 6.4 % ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าข้าวโพดฝักที่เก็บในสภาพที่ยังมีเปลือกหุ้มอยู่ น้ำตาลลดลง 4.1 % ส่วนฝักที่เปลือกเปลือกแล้ว น้ำตาลลดลง 4.5 % และผลการทดสอบน้ำตาลในฝักข้าวโพดที่เก็บไว้ในวันต่อ ๆ มาพบว่า เมล็ดบริเวณกลางฝักจะมีน้ำตาลมากกว่าเมล็ดบริเวณโคนและปลายฝัก และพบว่าฝักข้าวโพดจะสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาข้าวโพดไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรือในห้องเย็นจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้คงคุณภาพได้นานขึ้น

ข้าวโพดหวานจะเสื่อมคุณภาพลง หลังจากการหักฝักออกจากต้นแล้ว เนื่องจากน้ำตาลจะเปลี่ยนไปเป็นแป้งโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เพราะความร้อนเป็นตัวเร่งอัตราการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแป้ง วิธีการเก็บรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง จะมีส่วนช่วยลดอัตราการเสื่อมคุณภาพของข้าวโพดหวานได้เป็นอย่างดี เช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยรักษาคุณภาพของข้าวโพดหวานให้คงเดิมได้นานขึ้น (ประภิด. 2534)

การลดอุณหภูมิต่ำลงหน้า (Precooling)

ดังที่กล่าวข้างต้นแล้วว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดต่อคุณภาพของข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมียิ่งเร็วเท่าใดก็ยิ่งเป็นผลดีต่อข้าวโพดหวาน การทำ precooling คือการดึงเอาความร้อนจากผลผลิต โดยอาศัยตัวกลางเป็นตัวนำหรือพาความร้อนออกไป เพื่อช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของพืชภายหลังการเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิต่ำลงหน้า เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการที่มีความสำคัญในด้านการทำให้อุณหภูมิจากผลผลิตลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผลผลิตที่ถูกเก็บเกี่ยวมาจากแหล่งปลูก จะมีการเก็บสะสมความร้อนแฝง (field heat) ไว้ภายในตัว เมื่อการเก็บสะสมความร้อนสูงมากขึ้น ก็จะทำให้เกิดรังสีความร้อนที่แผ่ออกมา ซึ่งจะมีผลถึงสภาพการเปลี่ยนแปลง หรือพฤติกรรมต่างๆ ของตัวผลผลิตนั่นเอง และส่งผลถึงผลผลิตที่อยู่ข้างเคียง นอกจากนี้ การที่ผลผลิตมีความร้อนแฝงอยู่ในตัว จะเร่งให้กระบวนการทางเมตาบอลิซึมหลังการเก็บเกี่ยวสูงมากขึ้นตามไปด้วยเร่งให้เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น

การลดอุณหภูมิล่วงหน้าจะช่วยให้อุณหภูมิของผลผลิตลดลง กิจกรรมทางเมตาบอลิซึมหลังการเก็บเกี่ยวจะลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ในการเก็บรักษาผลผลิต ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ความเย็นของอุณหภูมิต่ำเป็นหลัก การลดอุณหภูมิของผลผลิตก่อนเข้าสู่การเก็บรักษาจะช่วยลดกำลังงาน (load) ที่เครื่องทำความเย็นต้องใช้เพื่อลดอุณหภูมิของผลผลิตให้ถึงระดับที่เหมาะสมลง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงาน หรือสามารถใช้เครื่องทำความเย็นที่มีขนาดเล็กลงได้ อัตราการทำให้เย็นจะขึ้นอยู่กับ

- การนำความร้อน (thermal conductivity) ของผลผลิตและตัวกลาง ถ้านำความร้อนได้ดี อุณหภูมิจะลดลงได้เร็ว

- ความจุความร้อนของผลผลิต ถ้ามีมากการทำให้เย็นจะเกิดขึ้นได้ช้า

- ความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างผลผลิตกับตัวกลางยิ่งต่างกันมากยิ่งทำให้เย็นได้เร็ว

เมื่อความแตกต่างลดลงอัตราการเย็นตัวก็ช้าตาม

- การสัมผัสระหว่างตัวกลางกับผลผลิต ถ้ามีมากอุณหภูมิจะลดลงได้เร็ว

- การเคลื่อนไหวของตัวกลาง ถ้าเคลื่อนไหวเร็วมากก็พาความร้อนออกไปได้มาก(ศิริลักษณ์. 2547)

ทั้งนี้

อุณหภูมิที่ลดลงของผลผลิต ไม่ควรลดต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต (chilling - injury) ในการลดอุณหภูมิของพืชจะทำให้เกิดผลดังนี้

1. จำกัดการทำงานของน้ำย่อย ให้เซลล์เสื่อมลดกระบวนการหายใจและกระบวนการสูงของผลผลิต เนื่องจากการหายใจเป็นการใช้อาหารสะสมในรูป คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน หรือกรดอินทรีย์ เพื่อเป็นพลังงาน ถ้าผลผลิตหายใจมากอาหารสะสมจะหมดไปอย่างรวดเร็วทำให้ผลผลิตมีอายุสั้นลง

2. จำกัดการคายน้ำ การสูญเสียน้ำของผลผลิต ก่อให้เกิดความเสียหายในด้านเศรษฐกิจและคุณภาพ เช่น ทำให้น้ำหนักโดยรวมลดลง ในแง่คุณภาพการสูญเสียจะทำให้เนื้อสัมผัสของผลผลิตเสียไป เช่น ไม่กรอบ ไม่นุ่ม นอกจากนั้นคุณค่าทางอาหาร เช่น วิตามินซึ่งจะลดลงไปด้วย

3. ลดหรือจำกัดการทำงานของเอนไซม์ซึ่งเป็นสาเหตุให้ผลผลิตเน่าเสีย ในสภาพอุณหภูมิต่ำเอนไซม์ส่วนใหญ่จะเจริญได้ช้าลงและเมื่ออุณหภูมิต่ำเกินไป เอนไซม์บางชนิดอาจตายไป ดังนั้นการลดอุณหภูมิจะช่วยทำให้เกิดโรคช้าลง

4. จำกัดการสร้างเอทิลีน ซึ่งเร่งความแก่ของเนื้อเยื่อ (สังคม. 2536)

วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้า (Precooling)

1. การใช้น้ำเย็น (Hydro cooling) เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำที่มีจุดเดือดสูง (100 องศาเซลเซียส) และจุดเยือกแข็งต่ำ (0 องศาเซลเซียส) ที่ความกดดันปกติ ทำให้น้ำมีความจุความร้อนสูง เมื่อนำน้ำมาเป็นตัวกลางช่วยพาความร้อนออกจากผลผลิต จะสามารถทำให้ผลผลิตมีอุณหภูมิลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ สภาพความเป็นของเหลวของน้ำ ทำให้น้ำสามารถสอดแทรกเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่องว่างทุกส่วนของผลผลิต ส่งผลให้การลดอุณหภูมิเกิดขึ้นในทุกส่วนของผลผลิตด้วย การใช้น้ำเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมินี้ มีข้อควรระวังถึงการหมุนเวียนของการใช้น้ำ ที่อาจมีการสะสมของเชื้อที่ติดมากับผลผลิต ดังนั้น จึงควรมีการผสมสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (pesticide) ลงในน้ำที่ใช้ด้วย การใช้น้ำเป็นตัวลดอุณหภูมิล่วงหน้ายังสามารถใช้ในการทำความสะอาดผลผลิตควบคู่กันไปด้วย ผลผลิตที่นิยมใช้น้ำเป็นตัวลดอุณหภูมิ ได้แก่ ผลผลิตสดทั้งหลาย ทั้งผัก ผลไม้ ดอกไม้ ไม้ใบ แต่ไม่ควรใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของผลผลิตที่ต้องการความแห้ง เช่น หอม กระเทียม

วิธีการใช้น้ำเย็นในการลดอุณหภูมิล่วงหน้า อาจใช้วิธีการฉีดพ่นฝอย (spraying) การจุ่มผลผลิต (immersion) หรือการปล่อยน้ำให้ท่วมผลผลิต (flooding) (สังคม. 2536)

ผลผลิตบางชนิดต้องการความชื้นสูง และทนทานต่อการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้น้ำเย็นให้ไหลผ่านผลผลิตอย่างรวดเร็ว หรือให้ผลผลิตผ่านตามสายพานและผ่านน้ำเย็นที่พ่นออกมา ซึ่งเป็นวิธีที่ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง แต่อุณหภูมิของน้ำจะต้องต่ำเพียงพอที่จะถ่ายเทความร้อนจากผลผลิตและค่อนข้างใช้เวลานาน การใช้ระบบน้ำหมุนเวียน จะทำความสะอาดผลผลิตและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเน่าในที่เก็บรักษา ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานประมาณ 20-40% พืชที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นโดยใช้น้ำเย็น คือ หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดหวาน ซีเลอรี่ ขึ้นฉ่าย แครอท แรดิช ปวยเล้ง เป็นต้น

ข้อดี - ลดอุณหภูมิได้เร็วซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำเย็นและความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านผลผลิต

ข้อเสีย - เชื้อโรคจะแพร่กระจายได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องใช้คลอรีนเป็นตัวฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วย และใช้กับพืชที่ไม่ต้องบรรจุในภาชนะทันทีหลังการเก็บเกี่ยวเพราะว่าจะเปียกทำให้ภาชนะชำรุดได้ (ศิริลักษณ์. 2547)

จากรายงานของ ลพ (2526) พบว่า การรักษาคุณภาพของข้าวโพดหวานหลังเก็บเกี่ยวโดยการทำ hydrocooling (0-4 °ซ.) ที่ระยะเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยวแต่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง น้ำตาลในเมล็ดจะลดลงอย่างรวดเร็ว ในเวลา 4 วันของการเก็บรักษา

2. การใช้ลมเย็น (room cooling or forced air cooling or refrigerated air cooling) วิธีนี้อาศัยลมที่ผ่านเครื่องทำความเย็น ให้ลมเย็นพัดผ่านผลผลิต โดยมีความเร็วของลมประมาณ 1-3 เมตรต่อวินาที การลดอุณหภูมิล่วงหน้าโดยวิธีนี้ การหมุนเวียนถ่ายเทของลมมีความสำคัญมาก เพื่อให้อุณหภูมิของผลผลิตลดลงโดยสม่ำเสมอและทั่วถึงกัน ลักษณะการวางเรียง หรือการตั้งวางภาชนะบรรจุ เพื่อให้มีช่องทางให้ลมพัดผ่านได้สะดวกและทั่วถึง ตลอดจนชนิดของภาชนะบรรจุ จำนวนและขนาดของช่องระบายอากาศของภาชนะบรรจุ ก็มีสำคัญในการถ่ายเทความร้อนด้วย (สังคม. 2536)

Room cooling ระบบห้องเย็น สามารถใช้ได้กับพืชผักส่วนใหญ่ แต่ไม่เหมาะสำหรับผลผลิตที่ต้องการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว นิยมใช้เก็บรักษาผลผลิตหลังการลดอุณหภูมิ อัตราการลดของอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องปรับอากาศและขนาดของพัดลมที่ใช้หมุนเวียนถ่ายเทอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Forced air cooling ระบบนี้จะใช้เครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิต่ำ (refrigerated air) และความชื้นสัมพัทธ์สูงและติดตั้งพัดลม เพื่อการหมุนเวียนและถ่ายเทอากาศผ่านผลผลิตในภาชนะบรรจุ ระบบนี้จะลดอุณหภูมิได้เร็วกว่าระบบห้องเย็น 75-90 % ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานประมาณ 70-80 % เมื่อติดตั้งพัดลมจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ควรติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ (thermostat) เพื่อให้พัดลมหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิในผลผลิตลดลงตามที่กำหนด เพื่อประหยัดพลังงานและป้องกันการสูญเสียน้ำของผลผลิต สามารถประยุกต์ใช้ในห้องเก็บรักษา รถห้องเย็นหรือในอุโมงค์

ข้อดี - ผลผลิตไม่เปียกน้ำ ทำให้โอกาสเน่าเนื่อยลง หรือไม่มีการแพร่ระบาดของโรคเหมือนการใช้ไฟ

ข้อเสีย - อาจทำให้ผลผลิตสูญเสีย น้ำ ผิวเหี่ยวซึ่งมักกินสู่สภาพเค็มได้ในเวลาไม่นานนัก ลดอุณหภูมิได้ช้ากว่าการใช้ไฟ หรือ evaporative cooling

- ลงทุนสูง ไม่เหมาะกับผลผลิตจำนวนมาก (ศิริลักษณ์. 2547)

3. การใช้สุญญากาศ (vacuum cooling) อาศัยหลักการความกดดันของอากาศต่ำ ทำให้จุดเดือดของน้ำต่ำลง การระเหยของน้ำเร็วขึ้น ช่วยพาความร้อนออกจากผลผลิตได้ การใช้ความกดดันต่ำที่ 4.6 มิลลิเมตรปรอท (ประมาณ 0.006 บรรยากาศ) น้ำจะเดือดกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส จะพาความร้อนออกจากผลผลิตได้ประมาณ 588 กิโลแคลอรีต่อน้ำที่ระเหย 1 กิโลกรัม โดยการระเหยของน้ำในลักษณะนี้ ผลผลิตจะมีการสูญเสียความชื้นประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ทำให้ผลผลิตแสดงอาการเหี่ยว เนื่องจากผลผลิตมีการสูญเสียในทรวงๆ ส่วนในปริมาณเท่าๆ กัน การลดอุณหภูมิล่วงหน้าวิธีนี้ อาจใช้การฉีดพ่นไอน้ำร้อน (steam ejection) เหนือผลผลิต ทำให้สภาพแวดล้อมเหนือผลผลิตเกิดเป็นสภาพสุญญากาศ หรืออาจใช้การสูบลมออก (vacuum pump) เพื่อลดความกดดันภายในห้องเก็บ วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้าโดยการใช้สภาพสุญญากาศ นิยมใช้กับพืชผักกินใบ (leafy vegetable) แต่มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายสูง

4. การระเหยของน้ำ (evaporative cooling) อาศัยการระเหยของน้ำตามธรรมชาติ โดยการสร้างส่วนของผนังโรงเก็บ ให้มีลักษณะเป็นเส้นใยหรือตะแกรงซี่อื่นๆ กัน หรือทำจากวัสดุที่มีลักษณะคังกล่าว แล้วฉีดพ่นน้ำให้เป็นละอองฝอยเล็กๆ หรือปล่อยให้ น้ำไหลผ่านในลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ แล้วใช้ลมพัดน้ำให้ระเหยดูดความร้อนออกไป นอกจากนี้ อาจมีการดูดลมพัดกลับเข้ามาข้างกองหรือชั้นผลผลิต วิธีการนี้ มีต้นทุนที่ไม่แพงมากนักและจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อความชื้นของอากาศไม่สูงมาก

5. การใช้ไฟแข็งบด (top or contact crushed ice) อาศัยคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของน้ำแข็ง จำนวน 79.8 กิโลแคลอรีต่อ 1 กิโลกรัม โดยการคลุมน้ำแข็งไว้ด้านบน หรือระหว่างชั้นของผลผลิต หรือภาชนะบรรจุ วิธีการลดอุณหภูมิล่วงหน้าวิธีนี้ เหมาะกับผักชนิด ต่างๆ แต่ไม่เหมาะกับผลผลิตที่ไม่ต้องการการเปียกชื้นมากนัก การเลือกใช้วิธีการนี้จะต้องคำนึงถึงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสัมผัสโดยตรงของน้ำแข็งบนผิวผลผลิต การไหลนองของน้ำแข็งที่ละลาย ตลอดจน การเสียดสีของภาชนะบางชนิดที่ใช้บรรจุผลผลิต (สังคม. 2536)

การใช้น้ำแข็งอาจให้น้ำแข็งสัมผัสโดยตรงกับผลผลิต เรียกว่า contact icing หรืออาจทพน้ำแข็งให้มีขนาดเล็ก ๆ บรรจุใส่ถุงพลาสติกแล้ววางทับ เรียกว่า package icing หรืออาจใช้น้ำแข็งวางไว้เฉพาะด้านบนของภาชนะบรรจุ เรียกว่า top-icing เมื่อน้ำแข็งละลาย น้ำเย็นจะไหลผ่านผลผลิต อย่างไรก็ตาม น้ำแข็งไม่ควรสัมผัสโดยตรงกับผลผลิต เพราะอาจทำให้เกิด chilling injury ได้ (คณัยและนิธิยา. 2531)

Icing ใช้กำจัดความร้อนแฝงในผลผลิตที่บรรจุแน่นหรือในภาชนะที่ไม่สามารถลดอุณหภูมิโดย forced air cooled การใช้น้ำแข็งเกล็ดใส่ด้านบนของผลผลิต หรือฉีดพ่นน้ำเย็นจัด เป็นวิธีการหนึ่งที่ดีกว่าที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิพืชผักที่มีขนาดใบสูงกว่าปริมาณ ช่วยลดอุณหภูมิในผลผลิตและป้องกันความร้อนที่เกิดจากการหายใจ

นอกจากนี้ จะเหมาะสำหรับผลผลิตที่มีอัตราการหายใจสูง เช่น ข้าวโพดหวาน ผักกาดหอม ปวยเล้ง เป็นต้น

ข้อดี - ทำได้ง่าย ทำได้รวดเร็ว ใช้ได้ดีกับพืชที่บรรจุลงในภาชนะเรียบร้อยแล้ว จุลินทรีย์ไม่แพร่กระจาย

ข้อเสีย - น้ำแข็งหนัก ค่าขนส่งแพง เปลืองเนื้อที่ และอุณหภูมิไม่คงที่ ใช้ได้จำกัดกับพืชบางชนิดเท่านั้น (ศิริลักษณ์. 2547)

6. การทำให้เย็นโดยไม่ใช้วิธีการ (cryogenics) เช่น การใช้น้ำแข็งแห้ง (dryice) การใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว (liquid carbon dioxide) การใช้ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) เป็นต้น สารต่างๆ เหล่านี้ อยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลว มีอุณหภูมิต่ำมาก และมีพลังในการทำความเย็นมาก เมื่อเกิดการเปลี่ยนสถานะโดยการระเหิด หรือการระเหย ก็จะพาความร้อนออกไปด้วย น้ำแข็งแห้ง มีอุณหภูมิ - 78.9 องศาเซลเซียส มีความร้อนแฝงของการระเหิดเป็นไอ จำนวน 137 กิโลแคลอรีต่อ 1 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เหลว มีอุณหภูมิ - 71 องศาเซลเซียส มีความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอ 155.2 กิโลแคลอรีต่อ 1 กิโลกรัม ไนโตรเจนเหลว มีอุณหภูมิ - 196 องศาเซลเซียส มีความร้อนแฝงของการระเหยกลายเป็นไอ 47.6 กิโลแคลอรีต่อ 1 กิโลกรัม พลังในการทำความเย็นของสารเหล่านี้ สามารถทำให้อุณหภูมิจากผลผลิตลดลง (สังคม. 2536)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรี 2
2. Hand Refractometer
3. เครื่อง Spectrophotometer
4. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)
5. เครื่องปั่นแยกกาก
6. อ่างน้ำเค็มที่ปรับอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ มี 2

ปัจจัยคือ

1. ระยะเวลาในการแช่น้ำแข็งมี 4 ระดับ คือ ไม่ได้แช่ แช่น้ำแข็ง 30 60 และ 90 นาที
การแช่น้ำแข็ง โดยใส่น้ำแข็งในกล่องโฟมสลับกับฝักข้าวโพดที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะ

รูระบายอากาศแล้วปิดฝากล่อง

2. อายุการเก็บรักษามี 6 ระดับ คือ 0 2 4 6 8 และ 10 วัน

การเตรียมแปลง การปลูก และการดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกโดยการไถพรวน จำนวน 2 ครั้ง ห่างกันประมาณ 2 สัปดาห์ ใช้ระยะปลูก 75 x 25 เซนติเมตร ก่อนปลูกใส่ปุ๋ยราคาดานและปุ๋ยรองก้นหลุม แล้วหยอดเมล็ดกลบด้วยดิน ปลูก 3-4 เมล็ดต่อหลุม หลังจากเมล็ดงอกประมาณ 3 สัปดาห์ จึงถอนแยกเหลือ 1 ต้นต่อหลุม การใส่ปุ๋ยจะใส่ทั้งหมด 4 ครั้ง โดยครั้งแรกจะใส่เมื่อทำการถอนแยก โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กก./ไร่หรือหลุมละ 10 กรัม หลังจากนั้นจึงใส่ปุ๋ยอีก 3 ครั้งทุก 2 สัปดาห์ โดยครั้งที่ 2 และ 3 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ หรือหลุมละ 15 กรัม และครั้งสุดท้าย ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 30 กก./ไร่ หรือหลุมละ 10 กรัม

การป้องกันและกำจัดวัชพืชนั้นจะใช้การพรวนดินกลบโคนต้นเมื่อใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2, 3 และ 4 สำหรับการให้น้ำ ในช่วงแรกของการปลูกให้น้ำทุกวันๆละ 2 ครั้ง ในตอนเช้าและเย็น หลังจากต้นกล้าตั้งตัวได้แล้วให้น้ำทุก 2-3 วันในตอนเย็น

การบันทึกข้อมูล

ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่อฝักเจริญเติบโตเต็มที่ (21 วันหลังดอกบาน) แล้วนำฝักข้าวโพดมาแช่น้ำแข็งตามระยะเวลาที่กำหนดตามสิ่งทดลองก่อนนำมาเก็บรักษา สุ่มฝักข้าวโพดมาครั้งละ 5 ฝัก เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพซึ่งได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความหวาน โดยนำเมล็ดข้าวโพดที่แกะแล้วไปปั่นแยกกาก จากนั้นนำน้ำข้าวโพดที่ได้ไปใส่หลอดทดลองแล้วจึงนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อให้ตกตะกอน โดยครั้งที่ 1 ใช้เวลา 5 นาที แล้วนำน้ำใสที่ได้มาปั่นเหวี่ยงครั้งที่ 2 เป็นเวลา 3 นาที ค่อยจากนั้นนำน้ำข้าวโพดที่ได้ในครั้งที่ 2 ไปตรวจวัดค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดหรือค่าบrixด้วย Hand-refractometer ค่าที่วัดได้จะใช้เปรียบเทียบกับค่าความหวาน ทั้งนี้เพราะส่วนใหญ่ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในข้าวโพด จะได้แก่น้ำตาลซูโครส

2. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ นำน้ำข้าวโพดที่ได้จากข้อ (1) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น โดยบีบเปิดน้ำข้าวโพด 1 มล.ใส่ในขวด 100 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. หลังจากนั้นบีบเปิดน้ำข้าวโพดที่เจือจางได้ปริมาตร 1 มล.ใส่หลอดทดลองจำนวน 3 หลอด เติม DNS reagent (3,5-dinitrosalicylic acid และ potassium sodium tartrate ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์) หลอดละ 1 มล. แล้วจึงนำไปต้มในอ่างน้ำเดือด (อุณหภูมิ 95°C) เป็นเวลา 3 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่ไว้ในอ่างน้ำเย็นจนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสารละลายกลูโคสมาตรฐาน แล้วคำนวณกลับให้ได้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำข้าวโพดก่อนเจือจาง

3. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด นำน้ำข้าวโพดที่ได้จากข้อ (2) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น โดยบีบเปิดน้ำข้าวโพดจากข้อ (2) 20 มล.ใส่ในขวด 100 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มล. หลังจากนั้นบีบเปิดน้ำข้าวโพดเจือจางที่ได้ ปริมาตร 2 มล.ใส่หลอดทดลอง จำนวน 3 หลอด เติมสารละลาย phenol (4%) หลอดละ 0.5 มล. และกรดซัลฟูริกเข้มข้น (96%) หลอดละ 2.5 มล. เขย่าให้เข้ากันปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายกลูโคสมาตรฐาน แล้วคำนวณกลับให้ได้ค่าของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของน้ำข้าวโพดเริ่มต้นก่อนเจือจาง

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่แปลงทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ระหว่างเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2547 – เดือน มกราคม พ.ศ. 2548

ผลการทดลอง

ความหวาน

ความหวานของข้าวโพดวัดในรูปของแข็งที่ละลายน้ำได้หรือบrix แสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 จะเห็นว่าผลของระยะเวลาในการแช่น้ำแข็ง (top-icing) จะทำให้ความหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางผนวกที่ 16) การแช่น้ำแข็งที่เวลา 90 นาที ข้าวโพดจะมีความหวานสูงกว่าข้าวโพดที่แช่น้ำแข็งเป็นเวลา 60 30 นาที และไม่ได้แช่ตามลำดับ

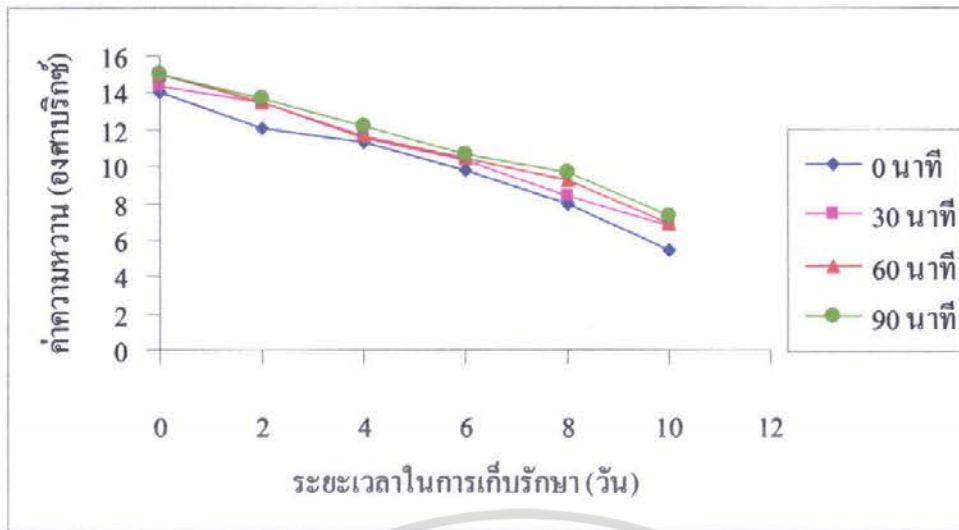
เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวโพดไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าความหวานของข้าวโพดจะลดลง ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4-7)

เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการแช่น้ำแข็งร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีต่อความหวานของข้าวโพด พบว่า การทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 90 นาที จะทำให้ความหวานลดลงช้าที่สุด คือ จาก 15.03 % เหลือ 7.30 % เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน และอัตราการลดลงของความหวานจะเร็วขึ้นเมื่อแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 60 30 นาที และไม่ได้แช่ ตามลำดับ โดยข้าวโพดที่ไม่ได้แช่น้ำแข็งหวานจะลดลงเร็วที่สุด คือ จาก 14.43 % เหลือ 5.40 % เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

ตารางที่ 1 แสดงความหวาน (บrix, %) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน

ระยะเวลาเก็บ รักษา (วัน)	ระยะเวลาการแช่น้ำแข็ง (นาที)				เฉลี่ย
	0	30	60	90	
0	14.43	14.40	15.00	15.03	14.72
2	12.10	13.47	13.53	13.73	13.21
4	11.37	11.50	11.60	12.23	11.68
6	9.80	10.33	10.40	10.63	10.29
8	7.97	8.37	9.30	9.76	8.85
10	5.40	6.73	6.87	7.30	6.58
เฉลี่ย	10.18	10.80	11.12	11.45	10.89
CV (%)	3.03	2.59	1.67	3.52	
LSD .05	0.57	0.51	0.32	0.67	
LSD .01	0.79	0.72	0.45	0.94	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงความหวาน (บริกซ์, %) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

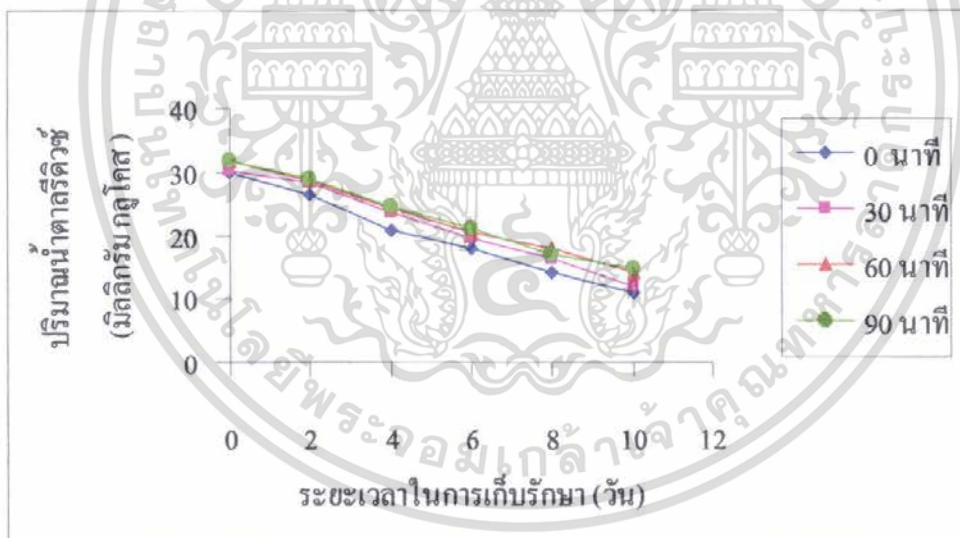
ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพด แสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 2 พบว่า ผลของระยะเวลาในการแช่น้ำแข็งต่อค่าน้ำตาลรีดิวซ์ หน่วยเป็นมิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางผนวกที่ 17) โดยข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งที่ระยะเวลา 60 และ 90 นาที จะมีค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ใกล้เคียงกันและสูงกว่าข้าวโพดที่แช่น้ำแข็งที่เป็นเวลา 30 นาทีและไม่ได้แช่ ตามลำดับ

เมื่อทำการเก็บรักษาข้าวโพดไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาจะทำให้ค่าน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 8-11) โดยน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาผลของการแช่น้ำแข็งร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพด พบว่า การเก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 60 และ 90 นาที ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกัน คือจะลดลงจาก 31.82 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส เหลือ 14.25 มิลลิกรัมกลูโคส และ จาก 31.67 มิลลิกรัมกลูโคส เหลือ 14.80 มิลลิกรัมกลูโคส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ตามลำดับ และอัตราการลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะเร็วขึ้นเมื่อแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 30 นาที และไม่ได้แช่ตามลำดับ โดยข้าวโพดที่ไม่ได้แช่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะลดลงเร็วที่สุด คือ จาก 29.84 มิลลิกรัมกลูโคส เหลือ 10.95 มิลลิกรัมกลูโคส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน

ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่ น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน

ระยะเวลาเก็บ รักษา (วัน)	ระยะเวลาการแช่น้ำแข็ง (นาที)				
	0	30	60	90	เฉลี่ย
0	29.84	30.38	31.82	31.67	32.23
2	26.56	28.40	28.69	29.05	28.67
4	20.91	23.72	24.32	24.68	23.41
6	17.88	19.55	20.45	21.05	19.73
8	14.25	16.51	17.80	16.94	16.38
10	10.95	12.07	14.25	14.80	13.02
เฉลี่ย	20.07	22.97	22.89	23.03	22.24
CV (%)	6.63	20.60	3.58	4.33	
LSD .05	2.37	8.42	1.46	1.77	
LSD .01	3.32	11.80	2.04	2.49	



รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของข้าวโพด แสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 3 จะเห็นว่า ผลของระยะเวลาในการแช่น้ำแข็งมีผลต่อค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด หน่วยเป็นมิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % (ตารางผนวกที่ 18)

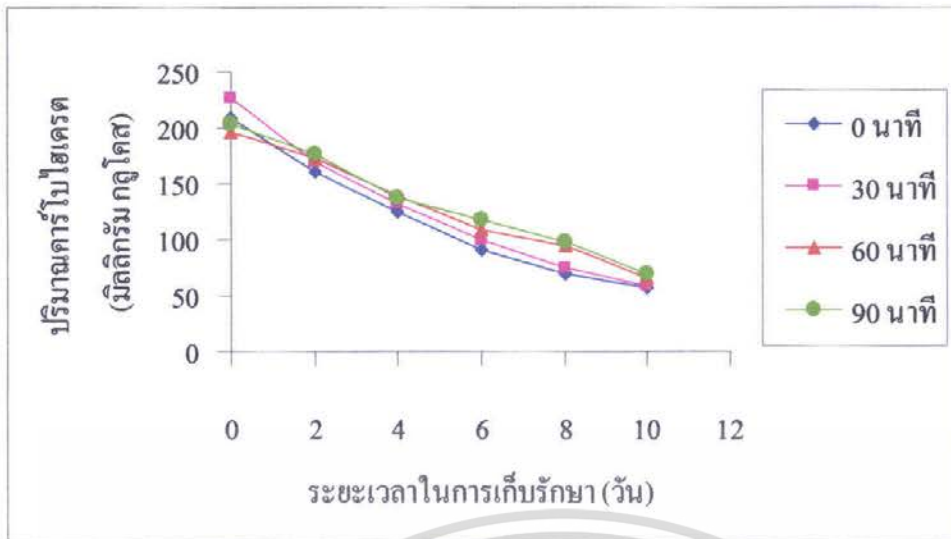
เมื่อเก็บรักษาข้าวโพดไว้เป็นเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่าค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 12-15)

เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาในการแช่น้ำแข็งร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของข้าวโพด ก็พบว่า ระยะเวลาการแช่น้ำแข็งและระยะเวลาการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กัน และมีผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติพิจารณา (ตารางที่ 18) ข้าวโพดที่แช่น้ำแข็งเป็นเวลานานเพียงพอก่อนเก็บรักษาจะทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการเก็บรักษาลดลงช้ากว่าข้าวโพดที่ไม่ได้แช่น้ำแข็งหรือแช่เป็นเวลาดสั้น ๆ ในการทดลองนี้ การแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 90 นาที จะทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลง 133.56 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส คือจาก 203.38 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส เหลือ 69.82 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส ในขณะที่ข้าวโพดไม่ได้แช่น้ำแข็งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงมากที่สุด คือลดลงจาก 209.12 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคสเหลือ 57.21 มิลลิกรัมน้ำตาลกลูโคส ในระยะเวลาการเก็บรักษา 10 วันเท่ากัน

ตารางที่ 3 แสดงค่าคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการ แช่น้ำแข็ง เป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ระยะเวลาการแช่น้ำแข็ง (นาที)				
	0	30	60	90	เฉลี่ย
0	209.12	225.94	195.85	203.38	208.57
2	161.43	169.03	172.43	177.50	170.10
4	125.13	131.33	139.54	137.74	133.44
6	90.77	99.64	109.71	118.05	104.54
8	70.49	75.62	94.17	98.44	84.68
10	57.21	59.61	65.35	69.82	63.00
เฉลี่ย	119.03	126.86	129.51	134.16	127.39
CV (%)	9.91	4.65	1.65	5.95	
LSD .05	20.99	10.49	3.79	14.21	
LSD .01	29.44	14.72	5.32	19.92	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดยการ แช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 6 8 และ 10 วัน



100583

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำแข็ง เพื่อลดความร้อนแฝงของข้าวโพดก่อนการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาข้าวโพดไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 10 วันจะทำให้ความหวาน (บrix, %) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม น้ำตาลกลูโคส) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (มิลลิกรัม น้ำตาลกลูโคส) ลดลง โดยที่การแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 90 นาที จะทำให้ค่าดังกล่าวลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่ดีที่สุด ในขณะที่การไม่แช่น้ำแข็งเลยจะทำให้ค่าวิเคราะห์ทั้งสามลดลงอย่างรวดเร็ว

ดังนั้นข้าวโพดที่แช่น้ำแข็งเป็นเวลานานเพียงพอก่อนการเก็บรักษาจะทำให้ลดการสูญเสียคุณภาพของข้าวโพดหวาน อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ควรมีการศึกษาซ้ำโดยมีระยะเวลาการแช่น้ำแข็งระหว่าง 60 – 120 นาที เพื่อหาระยะเวลาการแช่ที่เหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป



เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2524. ข้าวโพด เอกสารวิชาการ เล่มที่ 4. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ
หน้า 15-22
- จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุด ร่มโพธิ์ภักดี. 2543. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวหัวฝักและผลไม้มัน. ในเอกสาร
เผยแพร่ทางวิชาการโครงการเกษตรสู่ชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
หน้า 47-59
- ชวนชม ศิริสัมพันธ์ และนางเยาว์ กลั่นแก้ว. 2541. ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับการพัฒนาและคุณภาพฝัก
สดของข้าวโพดหวาน 3 พันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- คนชัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนานพนธ์. 2531. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. ภาควิชาพืช
สวน, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ทวีศักดิ์ ภู่อล่า. 2540. ข้าวโพดหวาน. การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า. พิมพ์ครั้งที่ 1 พิมพ์ที่
ไอเอส พรินติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ
- ธวัช ลวะเปารยะ. 2523. แนะนำพืชพันธุ์ใหม่. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 25(6):9-25
- ประภคิต ชลวัฒน์นกุล. 2534. การรักษาคุณภาพข้าวโพดหวานหลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 13 หน้า
- ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ. 2548. ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2.
http://www.iicrd.ku.ac.th/corn_research/insee_2.html. April 18, 2005
- ลพ ภวภูตานนท์. 2526. ผลของ hydro cooling และอุณหภูมิเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพของข้าวโพด
หวานหลังเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 16 หน้า
- ศิริลักษณ์ ภักดี. 2547. รายงานสหกิจศึกษาทางการเกษตรการยืดอายุการเก็บรักษาปวยแห้งโดยใช้
ระบบเย็นเร็ว (Pre-cooling). คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- สังคม เศรษฐวงศ์เสถียร. 2536 เอกสารประกอบการสอน การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน.
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

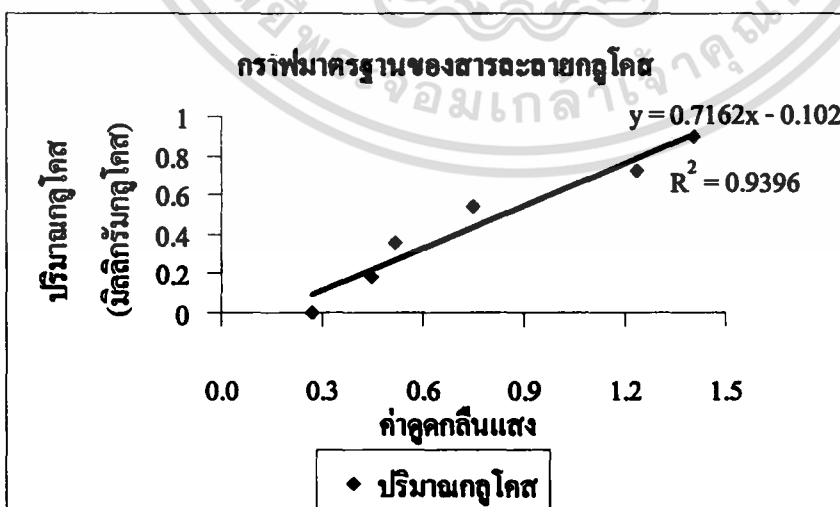
ภาคผนวก ก.

1. การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณน้ำคาวรีดิวิซ์

ปีเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (0.5 ไมโครโมล / มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DNS reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างน้ำเดือด (อุณหภูมิ 95°C) เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาแช่ในอ่างน้ำเย็นทันที จนเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้ว นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (nm) โดยหลอดเปรียบเทียบกับ (blank) ใช้ น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส เขียนกราฟระหว่างค่าที่อ่านได้กับปริมาณกลูโคสแต่ละหลอด

ผลการทดลอง

ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัม)	ค่าดูดกลืนแสง
0	0.272
0.1802	0.448
0.3604	0.518
0.5406	0.746
0.7208	1.238
0.901	1.407

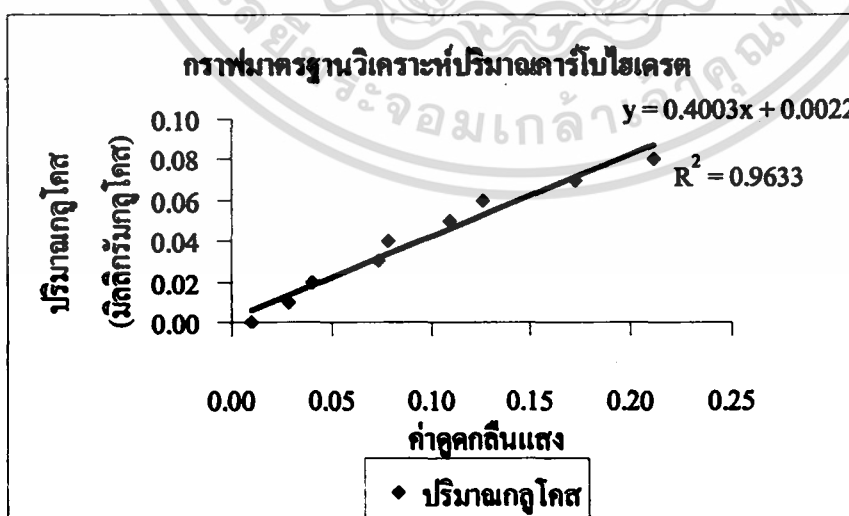


2. การทำกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ปีเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐานเข้มข้น 100 µg/ml ปริมาณ 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 และ 0.8 แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายกลูโคสทั้งหมด 2 มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย phenol (4%) ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตรและกรดซัลฟูริกเข้มข้น (96%) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคส

ผลการทดลอง

ปริมาณกลูโคส (มิลลิกรัม)	ค่าดูดกลืนแสง
0.00	0.010
0.01	0.029
0.02	0.040
0.03	0.074
0.04	0.079
0.05	0.109
0.06	0.126
0.07	0.172
0.08	0.212



ภาคผนวก ข.

ตารางผนวกที่ 1 แสดงความหวาน (บrix,%) ของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 ที่ทำ precooling โดย
การแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 0 30 60 และ 90 นาที และเก็บรักษาเป็นเวลา
0 2 4 6 8 และ 10 วัน

ระยะเวลาการ แช่น้ำแข็ง (นาที)	ระยะเวลาการเก็บ รักษา(วัน)	ค่าความหวาน			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
0	0	13.9	14	14.2	14.0
	2	11.9	12.2	12.2	12.1
	4	10.7	11.4	11.8	11.3
	6	9.3	9.9	10.2	9.8
	8	7.7	7.8	8.4	8.0
	10	5.4	5.4	5.4	5.4
30	0	14.3	14.4	14.5	14.4
	2	13.1	13.5	13.8	13.5
	4	11.4	11.5	11.5	11.5
	6	10.2	10.4	10.4	10.3
	8	8.2	8.4	8.5	8.4
	10	6.4	6.8	7.0	6.7
60	0	14.7	14.9	15.4	15.0
	2	13.3	13.5	13.8	13.5
	4	11.5	11.6	11.7	11.6
	6	10.4	10.4	10.4	10.4
	8	9.2	9.2	9.5	9.3
	10	6.2	6.9	7.5	6.9
90	0	14.9	15	15.2	15.0
	2	13.5	13.7	14.0	13.7
	4	12.2	12.3	12.2	12.2
	6	10.2	10.5	11.2	10.6
	8	9.5	9.7	9.8	9.7
	10	7.1	7.2	7.6	7.3

ตารางหมวดที่ 2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย และปริมาณน้ำคาลรีคิวซ์ของข้าวโพคหวานที่แช่น้ำแข็ง

ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง (นาท)	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	ค่าการดูดกลืนแสง ¹			ปริมาณน้ำคาลรีคิวซ์ ² (มิลลิกรัม)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
0	0	0.579	0.552	0.546	31.27	29.33	28.90	29.84
	2	0.540	0.512	0.488	28.47	26.47	24.75	26.56
	4	0.454	0.449	0.400	22.32	21.96	18.45	20.91
	6	0.398	0.392	0.386	18.30	17.88	17.45	17.88
	8	0.336	0.342	0.346	13.86	14.29	14.58	14.25
	10	0.283	0.306	0.297	10.07	11.72	11.07	10.95
30	0	0.567	0.589	0.544	30.41	31.98	28.76	30.38
	2	0.542	0.522	0.553	28.62	27.19	29.41	28.40
	4	0.480	0.455	0.486	24.18	22.39	24.61	23.72
	6	0.403	0.416	0.427	18.66	19.59	20.38	19.55
	8	0.380	0.361	0.378	17.02	15.65	16.87	16.51
	10	0.310	0.315	0.308	12.00	12.36	11.86	12.07
60	0	0.595	0.597	0.568	32.41	32.56	30.48	31.82
	2	0.551	0.520	0.558	29.26	27.04	29.76	28.69
	4	0.487	0.479	0.480	24.68	24.11	24.18	24.32
	6	0.421	0.435	0.428	19.95	20.95	20.45	20.45
	8	0.389	0.392	0.392	17.66	17.88	17.88	17.80
	10	0.341	0.335	0.348	14.22	13.79	14.72	14.25
90	0	0.597	0.572	0.585	32.56	30.77	31.70	31.67
	2	0.529	0.568	0.547	27.69	30.48	28.98	29.05
	4	0.492	0.483	0.486	25.04	24.39	24.61	24.68
	6	0.426	0.437	0.446	20.31	21.10	21.74	21.05
	8	0.362	0.391	0.384	15.73	17.80	17.30	16.94
	10	0.356	0.330	0.361	15.30	13.43	15.65	14.80

หมายเหตุ ¹ แสดง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างนำข้าวโพคที่เจือจางด้วยอัตรา 1 ใน 100 มิลลิลิตร

² แสดง ค่าปริมาณน้ำคาลรีคิวซ์ของตัวอย่างนำข้าวโพคก่อนเจือจาง

ตารางผนวกที่ 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพคหวานที่แช่น้ำแข็ง

ระยะเวลาการแช่น้ำแข็ง (นาท)	ระยะเวลาการเก็บรักษา(วัน)	ค่าการดูดกลืนแสง ¹			ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ² (มิลลิกรัม)			เฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
		0	0	1.197	0.924	0.997	240.68	
	2	0.811	0.789	0.803	163.46	159.02	161.82	161.43
	4	0.624	0.625	0.610	125.99	126.19	123.19	125.13
	6	0.446	0.461	0.437	90.37	93.37	88.57	90.77
	8	0.347	0.352	0.341	70.55	71.55	69.35	70.49
	10	0.282	0.257	0.302	57.54	52.54	61.55	57.21
30	0	1.157	1.157	1.056	232.67	232.67	212.46	225.94
	2	0.844	0.854	0.819	170.03	172.03	165.02	169.03
	4	0.660	0.641	0.651	133.20	129.40	131.40	131.33
	6	0.518	0.496	0.463	104.78	100.37	93.77	99.64
	8	0.376	0.358	0.383	76.36	72.75	77.76	75.62
	10	0.313	0.294	0.270	63.75	59.94	55.14	59.61
60	0	0.951	0.977	0.991	191.44	196.65	199.45	195.85
	2	0.855	0.865	0.848	172.23	174.23	170.83	172.43
	4	0.683	0.698	0.694	137.80	140.80	140.00	139.54
	6	0.546	0.538	0.544	110.38	108.78	109.98	109.71
	8	0.461	0.476	0.458	93.37	96.37	92.77	94.17
	10	0.326	0.321	0.316	66.35	65.35	64.35	65.35
90	0	0.982	1.114	0.936	197.65	224.07	188.44	203.38
	2	0.862	0.906	0.876	173.63	182.44	176.43	177.50
	4	0.685	0.674	0.689	138.20	136.00	139.00	137.74
	6	0.565	0.598	0.590	114.18	120.79	119.19	118.05
	8	0.489	0.478	0.492	98.97	96.77	99.57	98.44
	10	0.332	0.351	0.347	67.55	71.35	70.55	69.82

หมายเหตุ ¹ แสดง ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำข้าวโพคที่เจือจางด้วยอัตรา 1 ใน 500 มิลลิลิตร

² แสดง ค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างน้ำข้าวโพคก่อนเจือจาง

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ไม่ได้แช่น้ำแข็ง

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	188.7050	37.7410	371.22**	3.11	5.06
ERROR	12	1.2200	0.1017			
TOTAL	17	189.9250	11.1721			

CV(%) = 3.0319 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD .05 = 0.57 LSD .01 = 0.79

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 30 นาที

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	118.9578	23.7916	287.41**	3.11	5.06
ERROR	12	0.9933	0.0828			
TOTAL	17	119.9511	7.0559			

CV(%) = 2.59 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD .05 = 0.51 LSD .01 = 0.72

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 60 นาที

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	101.7644	20.3529	631.64**	3.11	5.06
ERROR	12	0.3867	0.0322			
TOTAL	17	102.1511	6.0089			

CV(%) = 1.67 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD .05 = 0.32 LSD .01 = 0.45

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 90 นาที

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	119.2894	23.8579	167.10**	3.11	5.06
ERROR	12	1.7133	0.1428			
TOTAL	17	121.0028	7.1178			

CV(%) = 3.52 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD.05 = 0.67 LSD .01 = 0.94

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ไม่ได้แช่น้ำแข็ง

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	780.3792	156.0758	88.10**	3.11	5.06
ERROR	12	21.2598	1.7716			
TOTAL	17	801.6390	47.1552			

CV.(%) = 6.63 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD.05 = 2.37 LSD .01 = 3.32

ตารางผนวกที่ 9 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 30 นาที

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	1158.9307	231.7861	10.35**	3.11	5.06
ERROR	12	268.6792	22.3899			
TOTAL	17	1427.6099	83.9771			

CV(%) = 20.60 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD.05 = 8.42 LSD .01 = 11.80

ตารางหมวดที่ 10 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 60 นาที

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	665.7001	133.1400	198.48**	3.11	5.06
ERROR	12	8.0498	0.6708			
TOTAL	17	673.7499	39.6323			

CV(%) = 3.58 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant
LSD.05 = 1.46 LSD .01 = 2.04

ตารางหมวดที่ 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 90 นาที

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	667.2492	133.4498	134.03**	3.11	5.06
ERROR	12	11.9481	0.9957			
TOTAL	17	679.1973	39.9528			

CV(%) = 4.33 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant
LSD.05 = 1.77 LSD .01 = 2.49

ตารางหมวดที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ไม่ได้แช่น้ำแข็ง

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	50787.4004	10157.4801	72.94**	3.11	5.06
ERROR	12	1671.1714	139.2643			
TOTAL	17	52458.5718	3085.7983			

CV(%) = 9.91 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant
LSD.05 = 20.99 LSD .01 = 20.44

**ตารางผนวกที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพค
หวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 30 นาที**

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	58507.5322	11701.5064	336.22**	3.11	5.06
ERROR	12	417.6392	34.8033			
TOTAL	17	58925.1714	3466.1866			

CV(%) = 4.65 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD.05 = 10.49 LSD .01 = 14.72

**ตารางผนวกที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพค
หวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 60 นาที**

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	36301.5573	7260.3115	1597.57**	3.11	5.06
ERROR	12	54.5351	4.5446			
TOTAL	17	36356.0923	2138.5937			

CV(%) = 1.65 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD.05 = 3.79 LSD .01 = 5.32

**ตารางผนวกที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพค
หวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็ง 90 นาที**

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	5	37075.0324	7415.0065	116.24**	3.11	5.06
ERROR	12	765.4667	63.7889			
TOTAL	17	37840.4991	2225.9117			

CV(%) = 5.95 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

LSD.05 = 14.21 LSD .01 = 19.92

ตารางผนวกที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนความหวาน (Brix) ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็งต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	23	532.1617	23.1375	257.48**	1.70	2.11
A	3	3.4450	1.1483	12.78**	2.76	4.13
B	5	502.7033	100.5407	1118.85**	2.36	3.34
AB	15	26.0133	1.7342	19.30**	1.84	2.34
ERROR	48	4.3133	0.0899			
TOTAL	71	536.4750	7.5560			

CV(%) = 2.78 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

Factor A = ระยะเวลาในการแช่น้ำแข็ง Factor B = ระยะเวลาในการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าน้ำตาลรีดิวซ์ ของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็งต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	23	3386.2993	147.2304	22.81**	1.79	2.29
A	3	113.6655	37.8885	5.87**	2.84	4.31
B	5	3147.6833	629.5367	97.54**	2.45	3.51
AB	15	124.9505	8.3300	1.29**	1.92	2.52
ERROR	48	309.8008	6.4542			
TOTAL	71	3696.1001	52.0577			

CV(%) = 11.42 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

Factor A = ระยะเวลาในการแช่น้ำแข็ง Factor B = ระยะเวลาในการเก็บรักษา

ตารางผนวกที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ของข้าวโพด
หวานพันธุ์ อินทรี 2 ที่ระยะเวลาแช่น้ำแข็งต่างกัน

Source	df	SS	MS	F	F .05	F .01
Treatment	23	188299.0257	8036.6083	132.61**	1.79	2.29
A	3	2169.2128	723.0709	11.93**	2.84	4.31
B	5	179324.8819	35864.9764	591.82**	2.45	3.51
AB	15	3347.8957	223.1930	3.68**	1.92	2.52
ERROR	48	2908.8777	60.6016			
TOTAL	71	187750.8681	2644.3784			

CV(%) = 6.11 * = significant (p = 0.05) ** = highly significant (p = 0.01) ns = non significant

Factor A = ระยะเวลาในการแช่น้ำแข็ง Factor B = ระยะเวลาในการเก็บรักษา

