ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ผลของปริมาณแป้งและค่าความหนืดต่อคุณภาพการบริโภค
ของเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสด

Effect of Starch Content and Viscosity on Eating Quality of Fresh Waxy Corn

ภาควิชาพืชไร่นา

คณะเกษตร

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ KASETSART UNIVERSITY

กรุงเทพฯ – 10900 BANGKOK-10900 THAILAND

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาพืชไร่นา

เรื่อง

ผลของปริมาณแป้งและค่าความหนืดต่อคุณภาพการบริโภคของเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสด

Effect of Starch Content and Viscosity on Eating Quality of Fresh Waxy Corn

โดย
นายปริญญา การสมเจตน์

ควบคุมและอนุมัติโดย

..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ....2556.....
(อ. สุจินต์ เจนวีรวัฒน์)

..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ....2556.....
(อ. น้องนุช ศิริวงศ์)

ผลของปริมาณแป้งและค่าความหนืดต่อคุณภาพการบริโภค
ของเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสด

นายปริญญา การสมเจตน์

บทคัดย่อ

ข้าวโพดข้าวเหนียวเป็นพืชที่บริโภคในระยะรับประทานฝักสด แป้งส่วนใหญ่ในเอนโดสเปิร์มและในเมล็ดเป็นอะไมโลเพคติน เมื่อได้รับความร้อนจะเหนียวนุ่ม เมล็ดข้าวโพดฝักสดมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ แป้ง น้ำตาล และไฟโตไกลโคเจน ซึ่งมีผลต่อความเหนียวนิ่ม ความหวาน และความนุ่มของเมล็ด โดยแป้งมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อคุณภาพการบริโภค การศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบปริมาณแป้งในเมล็ดของข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 5 พันธุ์ 2) ประเมินคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดโดยการวัดค่าความหนืดของแป้งเปรียบเทียบกับการกัดชิม และ 3) เปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียวในแต่ละพันธุ์ การศึกษานี้ดำเนินการที่โรงเรือนทดลองของภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์ MX 10 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอค (RCBD) โดยปลูก 4 แถวต่อพันธุ์ต่อแปลงย่อยจำนวน 4 ซ้ำ บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตรรวมถึงให้คะแนนความเหนียวนิ่มและความชอบ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ในการหาปริมาณแป้งทั้งหมดด้วยวิธีการของ Megazyme ในปี 2011 และหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ผลการทดลองพบว่า จากผลการทดลองพบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดในแต่ละพันธุ์ มีความแตกต่างของลักษณะทางการเกษตรบางประการ ปริมาณแป้งทั้งหมดของข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกันแต่คุณสมบัติแป้งด้านความหนืดนั้นแตกต่างกัน โดยที่พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีค่าความหนืดสุดท้ายต่ำที่สุดจึงมีความเหนียวนิ่มมากที่สุด

คำสำคัญ : ข้าวโพดข้าวเหนียว คุณภาพการบริโภค ปริมาณแป้งทั้งหมด สมบัติทางกายภาพและเคมี ความหนืด

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์เกษตร (พืชไร่นา)

ปริญญา : วท.บ. (วิทยาศาสตร์เกษตร) ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ และดร. น้องนุช ศิริวงศ์

ปีที่พิมพ์ : 2556

จำนวนหน้า : 70

Effect of Starch Content and Viscosity on Eating Quality of Fresh Waxy Corn

Mr. Parinya Kansomjet

Abstract

Waxy corn (*Zea mays* var. *ceratina*) is consumed at immature stage. There are starches in their endosperm and almost of starch is amylopectin. If heat, amylopectin will be sticky. Fresh corn seed consist of starch, sugar and phytoglycogen, which associated with tenderness, sweetness, and creaminess. Starch content is important on eating quality. In this study, comparison starch content in five varieties of fresh waxy corn seed. Assessing eating quality of fresh waxy corn by starch viscosity measurement were made .The experimental design was randomized complete block design with four replications. The treatments were laid out in 5. Fancy Purple Color 111, Big White 852, Ratchata 1, Local Variety – Chiang Mai, and MX 10. Agronomic trait was record. The score of tenderness and favorite was done by eating. Megazyme method were used for measurement the whole starch content and Rapid Visco Analyzer method for analysis the starch viscosity. The result found that some varieties were difference in agronomic characteristics, Big White 852 and Local Variety–Chiang Mai varieties has the tenderness difference with other varieties. Starch content had not difference between variety but starch viscosity was difference in every variety. Big White 852 had sticky

Keywords : waxy corn, starch, starch content, amylopectin, viscosity, eating quality

Program : Agricultural Science (Agronomy)

Degree :B.S. (Agriculture Science), Department of Agronomy, Faculty of Agriculture,Kasetsart University

Advisor : Dr. Sujin Jenweerawat and Dr. Nongnuch Siriwong

Year : 2013

Page : 70

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

สารบัญ I

สารบัญตาราง II

สารบัญภาพ IV

บทนำ 1

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 4

วัสดุและอุปกรณ์ 4

วิธีการ 5

ผลการทดลอง 12

วิจารณ์ผลการทดลอง 24

สรุปผลการทดลอง 26

กิตติกรรมประกาศ 27

เอกสารอ้างอิง 28

ภาคผนวก 29

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่า Mean squares ของ 24 ลักษณะ ได้แก่ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ความเหนียวนิ่ม ความชอบ ความแข็งแรงของต้นกล้า วันที่ดอกตัวผู้บาน วันออกไหม ความสูงของต้น ความสูงฝัก การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้นและความสม่ำเสมอของต้น วันเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย เปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้น ความยาวทั้งฝัก ความยาวติดเมล็ด ความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ความกว้างฝัก จำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักและลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 12

ตารางที่ 2 ค่า Mean squares ของปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) และค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Rapid Visco Analyzer; RVA) ได้แก่ค่า Pasting Temperature, Peak Time, Peak 1, Trough 1, Breakdown, Final Viscosity, และค่า Setback จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 15

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของ 24 ลักษณะ ได้แก่ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ความเหนียวนิ่ม ความชอบ ความแข็งแรงของต้นกล้า วันที่ดอกตัวผู้บาน วันออกไหม ความสูงของต้น ความสูงฝัก การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้น ความสม่ำเสมอของต้น วันเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย เปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้น ความยาวทั้งฝัก ความยาวติดเมล็ด ความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ความกว้างฝัก จำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักและลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 17

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) และค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Rapid Visco Analyzer; RVA) ได้แก่ค่า Pasting Temperature, Peak Time, Peak 1, Trough 1, Breakdown, Final Viscosity, และค่า Setback จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color

111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 21
ตารางที่ 5 แสดงลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียว 5 พันธุ์ 31
ตารางที่ 6 แสดงจำนวนวันที่ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียบาน หลังจากให้น้ำครั้งแรก 36
ตารางที่ 7 แสดงวันที่ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียบาน หลังจากให้น้ำครั้งแรก 37
ตารางที่ 8 แสดงความสูงต้นและความสูงฝักที่สุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย 38

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน 2
2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) 11
3 แสดงกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA 23
4 พันธุ์แฟนซีสีม่วง (Fancy Purple Color 111; FPC 111) 41
5 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) 41
6 พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1) 42
7 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) 42
8 พันธุ์ MX 10 43
9 การคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีเพื่อป้องกันโรคและแมลง 43
10 อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล 44
11 เครื่องชั่งอิเล็กตรอน 44
12 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 45
13 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 45
14 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 46
15 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 46
16 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 47
17 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1(Ratchata 1; RT1) 47
18 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝักของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) 48
19 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) 48
20 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ MX 10 49
21 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ MX 10 49
22 เครื่องทำความเย็นอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส 50
23 เครื่อง Freeze Dryer 50
24 เครื่องปั่นอเนกประสงค์ 51
25 การบดตัวอย่างแป้งด้วยโกร่ง 51

26 ตะแกรงร่อน รูตะแกรงขนาด 180 ไมครอน 52
27 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง..... 52
28 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852..... 53
29 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1)..... 53
30 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) 54
31 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ MX 10..... 54
32 เครื่องหาความชื้นรุ่น MA 35 55
33 ชุดทดสอบของ Megazyme 55
34 เครื่องสเปกโตรโฟโตเมตรี..... 56
35 เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) 56
36 กระป๋องจำเพาะสำหรับเครื่อง RVA..... 57

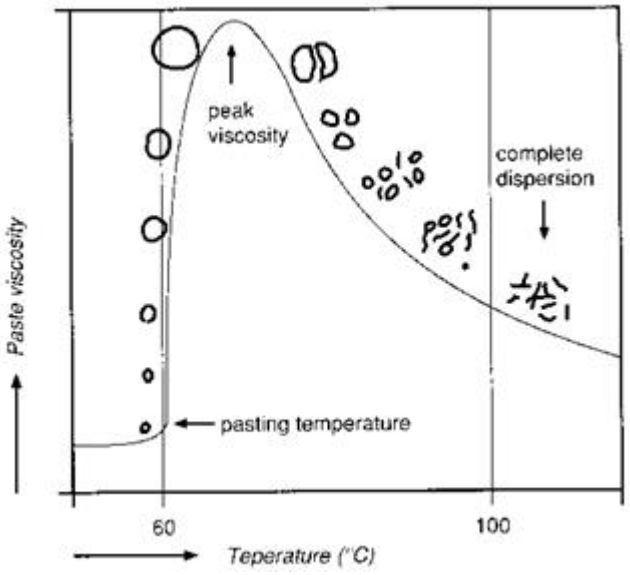
บทนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียว (*Zea mays var. ceratina*) จัดเป็นข้าวโพดที่ได้รับความนิยมนำมาบริโภคในหลายประเทศของทวีปเอเชีย เช่น จีน เวียดนาม ไต้หวัน เกาหลีใต้ ลาว เป็นต้น (Thongnarin *et al*., 2008; Kesornkeaw *et al*., 2009) แป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวเป็นแป้งอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดจากการควบคุมด้วยยีน waxy (wxwx) ซึ่งเป็น recessive gene ในเอนโดสเปิร์ม ยีนดังกล่าวนี้อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 9 ตำแหน่งที่ 56 (Coe and Neuffer, 1988; ราเชนทร์, 2539; Fergason, 2001) Nuffer (1968) และ Crookston (1979) รายงานว่าในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดมีปริมาณอะไมโลเพคตินตั้งแต่ 75–100% ขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์ และชูศักดิ์ และ ทิวา (2547) รายงานว่าในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดมีสัดส่วนของอะไมโลสกับอะไมโลเพกติน 27:73 เปอร์เซ็นต์ แป้งในเมล็ดของข้าวโพดข้าวเหนียวจัดเป็นแป้งอ่อน (soft starch) มีเนื้อแป้งนิ่มหรือเหนียวนุ่ม เมล็ดของข้าวโพดข้าวเหนียวมีลักษณะขุ่นและทึบแสง เมื่อได้รับความร้อนแป้งภายในเมล็ดจะมีลักษะเหนียวนุ่มคล้ายขี้ผึ้ง (สนิท, 2527; ราเชนทร์, 2539) โดยคุณสมบัติของแป้งในเอนโดสเปิร์มมีผลโดยตรงต่อคุณภาพการรับประทานฝักสดของข้าวโพดข้าวเหนียวสกุลกานต์ (2556) กล่าวว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าวโพดฝักสดในส่วนของความเหนียวนิ่ม (stickiness) และความนุ่ม (tenderness) เกี่ยวข้องกับปริมาณของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพคติน (amylopectin) และปริมาณไฟโตไกลโคเจน (phytoglycogen) ตามลำดับ และสมบัติของแป้งด้านความหนืด(viscosity) ยังเป็นสิ่งที่ใช้ในการบ่งชี้คุณภาพในด้านความเหนียวนิ่มได้อีกลักษณะหนึ่งด้วย โดยพบว่าข้าวโพดที่มีความเหนียวนิ่มสูง จะมีปริมาณความหนืดสูงตามไปด้วย

สมบัติของแป้ง ได้แก่ การพองตัวและการละลาย (Swelling and solubility) การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) การคืนตัวของแป้งสุก (Retrogradation) ความหนืด (Viscosity) และการย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์

ข้อมูลจาก วิชาเทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรท (Carbohydrate Technology) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี(http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chapter2_5.html) กล่าวว่า ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้ง เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและมีความหนืดมากขึ้น (ภาพที่ 1) พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งแขวนลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึง

ระดับหนึ่งจะพองตัวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง การที่แป้งมีความหนืดสูงสุดเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งมีการพองตัวมากขึ้น และมีชิ้นส่วนของเม็ดแป้ง และหรือโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ในสารละลาย เมื่อส่วนที่แตกสลายและละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดจะเริ่มลดลง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเป็นผลมาจากการพองตัวของเม็ดแป้ง และการแตกหักของเม็ดแป้งร่วมกับการละลายออกมาของโมเลกุลแป้ง



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งเมื่อให้ความร้อน

ที่มา: www.ftns.wau.nl/agridata/ starchpackfoam.htm

เมื่อลดอุณหภูมิลง โมเลกุลอิสระที่กระจัดกระจายออกมา (โดยเฉพาะส่วนของอะไมโลส) ถ้ามีขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไม่สั้นและยาวเกินไปก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกัน และกักน้ำไว้ได้ทำให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นมาอีกนี้เรียกว่า setback และปรากฏการณ์นี้ก็คือการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดได้แก่ ชนิดของแป้ง ขนาดอนุภาค สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน อุณหภูมิ shear rate ฯลฯ แต่ที่มีผลมากที่สุดได้แก่ชนิดของแป้ง

จากองค์ประกอบหลักภายในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียว ซึ่งเป็นแป้ง และเป็นชนิดอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ โดยอะไมโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นโซ่ตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ **α**-1,4-glucosidic linkage และโซ่กิ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ **α**-1,6-

glucosidic linkage มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1000 เท่าของอะไมโลสและมีอัตราในการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะไมโลเพคตินมีลักษณะเป็นโซ่กิ่ง (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2543) เมื่อย้อมสีด้วยไอโอดีน จะได้สีน้ำตาลแดง เมื่อทำให้สุกด้วยน้ำเดือดจะค่อนข้างคงสภาพเดิมได้นาน (เพลงพิณ, 2541)

สกุลกานต์ (2556) กล่าวว่าอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินและความยาวของสายอะไมโลเพคตินเป็นตัวทำให้ starch gelatinization และ pasting properties ของแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อความเหนียวนุ่มในข้าวโพด โดยจะทำให้ข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสตั้งแต่อ่อนนุ่มไปจนถึงแข็งกระด้าง ดังนั้นการเพิ่มปริมาณอะไมโลเพคตินจะช่วยทำให้เนื้อสัมผัสมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น นอกจากนี้ปริมาณแป้งและปริมาณอะไมโลเพคตินจะเป็นสิ่งบ่งชี้ความเหนียวนิ่มของข้าวโพดได้ ซึ่งเห็นได้จากการที่ความเหนียวนิ่มมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณแป้งและปริมาณอะไมโลเพคติน

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบปริมาณแป้งในเมล็ดของข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดพันธุ์ต่าง ๆ จำนวน 5 พันธุ์ 2) ประเมินคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดโดยการวัดค่าความหนืดของแป้งเปรียบเทียบกับการกัดชิมและ 3) เปรียบเทียบลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียวในแต่ละพันธุ์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโรงเรือนทดลอง

1. พันธุ์ข้าวโพดที่ใช้ทดสอบมีจำนาน 5 พันธุ์ ได้แก่
   - พันธุ์แฟนซีสีม่วง (Fancy Purple Color 111; FPC 111)
   - พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852)
   - พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1)
   - พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM)
   - พันธุ์ MX 10
2. สารเคมีที่ใช้คลุกเมล็ด
   - ไทอะมีโทแซม (thiamethoxam)
     (3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro) amine 35% W/V FS)
   - ไดเมทโธมอร์ฟ (dimethomorph)
     ((E,Z) 4-[3-(4-chlorophenyl)-3-(3,4-dimethoxyphenyl) acryloyl] morpholine 50% wp)
3. ปุ๋ยเคมี
   - สูตร 16-16-16
   - สูตร 46-0-0
4. สารกำจัดวัชพืช
   - อะลาคอร์ (Alachlor) 48% W/V EC
     (2-chloro-2',6'-diethyl-N-methoxymethylacetanilide 48 % W/V EC)
   - พาราควอต ไดคลอไรด์ (Paraquat Dichloride)27.6% W/V
     (1,1-dimethly-4,4-bipyridinium, dichloride 27.6% W/V SL)
5. สารกำจัดแมลง
   - คลอร์ไพริฟอส
     (O,O-diethyl 0-3,5,6-trichloro-2-pyridylphosphorothioate 40% W / V EC)
6. สารป้องกันกำจัดโรคพืช
   - ไพราโคลสโตรบิน

(N-(2-(1-(4-chlorophenyl)1-H-pyrazol-3-yloxymethylphenyl)(N-methyloxy)carbamate 25% W/V EO)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ

1. แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว
2. เครื่อง Freze dyer
3. เครื่องทำความเย็นอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส
4. เครื่องหาความชื้นรุ่น MA 35
5. ชุดการทดสอบปริมาณแป้ง
6. เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

วิธีการทดลอง

วิธีการในการทดสอบพันธุ์ในโรงเรือนทดลอง

ปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์จะคลุกสารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลง ในการทดลองครั้งนี้พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ คลุกสารไทอะมีโทแซม (thiamethoxam) และสารไดเมทโธมอร์ฟ (dimethomorph) ในอัตรา5 cc/kg(seed) และ20 g/kg(seed) ตามลำดับ สำหรับพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์ MX 10 มีการคลุกสารไว้ก่อนแล้ว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอค (Randomized Complete Block Design ; RCBD หรือ RBD) โดยปลูก 4 แถวต่อพันธุ์ต่อแปลงย่อยจำนวน 4 ซ้ำ ปลูกแบบแถวเดี่ยว โดยใช้ระยะปลูก 0.50x0.25 เมตร ขณะเตรียมดินทำการตากดิน2วันหลังจากนั้นไถดินให้ร่วนซุยโดยใช้รถพรวนดินยี่ห้อ HONDA GX 120 จำนวน2-3ครั้ง ปรับระดับดินให้เสมอ เก็บวัชพืชออกจากแปลงให้หมดยกร่องปลูก ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-16-16 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกเมล็ดบนสันร่อง หยอด 2-3 เมล็ดต่อหลุม เมื่อข้าวโพดได้อายุได้ 2 สัปดาห์หลังงอก ทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ1ต้น โดยเลือกต้นที่แข็งแรงและสมบูรณ์ที่สุด เมื่อข้าวโพดอายุได้ 1 เดือนหลังงอก ใส่ปุ๋ยแต่งหน้าโดยใช้ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรรมต่อไร่ การให้น้ำแบบพ่นฝอย (sprinkler) ให้ครั้งแรกเมื่อเริ่มปลูก มีการใช้สารกำจัดวัชพืช อะลาคอร์ (Alachlor) และพาราควอตไดคลอไรด์ (Paraquat Dichloride) อัตรา500-750 ซีซี ผสมน้ำ 60-80ลิตร ต่อพื้นที่ 1ไร่และ300-500 ซีซี ผสมน้ำ 60-80 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ตามลำดับ สารกำจัดแมลง คลอร์ไพริฟอส อัตรา50 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร

สารป้องกันกำจัดโรคพืช ไพราโคลสโตรบิน อัตรา 15 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ทำการบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Crop Stat 7.2

ลักษณะที่บันทึกข้อมูล

1. ความแข็งแรงของต้นกล้า (seed vigor; คะแนน 1-5)

   1 = ต้นกล้าแข็งแรงน้อยที่สุด มีจำนวนต้นแข็งแรง 1-20 เปอร์เซ็นต์

   2 = ต้นกล้าแข็งแรงน้อย มีจำนวนต้นแข็งแรง 21-40 เปอร์เซ็นต์

   3 = ต้นกล้าแข็งแรงปานกลาง มีจำนวนต้นแข็งแรง 41-60 เปอร์เซ็นต์

   4 = ต้นกล้าแข็งแรง มีจำนวนต้นแข็งแรง 61-80 เปอร์เซ็นต์

   5 = ต้นกล้าแข็งแรงที่สุด มีจำนวนต้นแข็งแรง 81-100 เปอร์เซ็นต์

   ต้นอ่อนแอ มีลักษณะลำต้นแคระแกร็น โคนต้นเล็กกว่าต้นอื่นๆ ในประชากรทั้งหมดที่ปลูก มีความสม่ำเสมอน้อย

   ต้นแข็งแรง มีลักษณะลำต้นสูง โคนต้นใหญ่กว่าต้นอื่นๆ ในประชากรทั้งหมดที่ปลูก มีความสม่ำเสมอมาก

2. วันที่ดอกตัวผู้บาน (days to 50% anthesis) นับจากวันให้น้ำครั้งแรกถึงวันที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทั้งหมดในแปลงที่ดอกตัวผู้บาน
3. วันออกไหม (days to 50% silking) นับจากวันให้น้ำครั้งแรกถึงวันที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทั้งหมดในแปลงย่อยออกไหมยาว 2-3 เซนติเมตร
4. ความสูงของต้น (plant height; เซนติเมตร) วัดจากระดับพื้นดินถึงข้อใบธงที่ระยะเก็บเกี่ยว โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย
5. ความสูงฝัก (ear height; เซนติเมตร) วัดจากระดับพื้นดินถึงข้อฝักบนสุดที่ระยะเก็บเกี่ยว โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย
6. การหักล้มของราก (root lodging; คะแนน 1-5) นับจำนวนต้นล้มที่ทำมุมอียง >30 องศากับแนวดิ่งในแต่ละแปลงย่อย
7. โรคทางใบ (leaf disease; คะแนน 1-5)

   5 = พบการเข้าทำลายของโรค 81-100 เปอร์เซ็นต์ (ไม่เป็นที่ต้องการ)

   4 = พบการเข้าทำลายของโรค 61-80 เปอร์เซ็นต์

   3 = พบการเข้าทำลายของโรค 41-60 เปอร์เซ็นต์

   2 = พบการเข้าทำลายของโรค 21-40 เปอร์เซ็นต์

   1 = พบการเข้าทำลายของโรค น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

8. เปลือกหุ้มฝัก (husk cover ; คะแนน 1-5)

1 = เปลือกหุ้มฝักไม่ดี ปลายฝักโผล่พ้นเปลือกหุ้มฝักเห็นได้ชัดเจน

2 = เปลือกหุ้มฝักไม่มิดชิดมีปลายฝักโผล่เล็กน้อย

3 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิด แต่หุ้มฝักอย่างหลวมๆถึงปลายฝัก

4 = เปลือกหุ้มฝักมิดชิด โดยหุ้มถึงปลายฝักค่อนข้างแน่น

1 = เปลือกหุ้มฝักมืดชิด แน่น และยาวกว่าปลายฝัก

9. ลักษณะต้น ความสม่ำเสมอของต้น (plant aspect; คะแนน 1-5)

1 = มีความสม่ำเสมอน้อยที่สุด (ไม่เป็นที่ต้องการ) มีความสม่ำเสมอ 1-20 เปอร์เซ็นต์

2 = มีความสม่ำเสมอน้อย มีความสม่ำเสมอ 21-40 เปอร์เซ็นต์

3 = มีความสม่ำเสมอปานกลาง มีความสม่ำเสมอ 41-60 เปอร์เซ็นต์

4 = มีความสม่ำเสมอมาก มีความสม่ำเสมอ 61-80 เปอร์เซ็นต์

5 = มีความสม่ำเสมอมากที่สุด มีความสม่ำเสมอ 81-100 เปอร์เซ็นต์

โดยพิจารณาทั้งในด้านทรงต้น ความสูงต้น ความสูงฝัก การเข้าทำลายของโรคแมลง และการหักล้ม

10. สี (color) โดยวัดสีของลำต้น สีของไหม สีของ glume สีของanther และสีของ pollen
11. จำนวนต้นต่อแปลงย่อย (no. of plant/plot) นับจำนวนต้นครั้งแรกหลังถอนแยก และจำนวนต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย
12. วันเก็บเกี่ยว (days to harvest) บันทึกเป็นจำนวนวันหลังปลูก โดยบันทึกวันเก็บเกี่ยวหลังจากออกไหม 50% แล้ว 20 วัน
13. จำนวนฝักทั้งหมดในแปลงย่อย (total ears/plot)
14. เปอร์เซ็นต์จำนวนฝักเสียทั้งหมดในแปลงย่อย (%rotten ears/plot)
15. เปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้น (%ears/plant)
16. ผลผลิตทั้งเปลือก (total green weight; กิโลกรัม/ไร่) ชั่งน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกหลังจากเก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อยจากสูตร

$$\text{ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก} \times 1600}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ม}^2\text{)}}$$

<u>หมายเหตุ</u> พื้นที่เก็บเกี่ยว = ระยะระหว่างแถว x (ความยาวของแถว + ระยะระหว่างหลุม) x จำนวนแถวที่เก็บเกี่ยว

17. ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก (total yellow weight; กิโลกรัม/ไร่) ชั่งน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกหลังจากเก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อย จากสูตร

$$\text{ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก (กก./ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก} \times 1600}{\text{พื้นที่เก็บเกี่ยว (ม}^2\text{)}}$$

18. ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก (best 10 ears with husk; กิโลกรัม/10 ฝัก) ชั่งน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือกที่คัดเลือกจำนวน 10 ฝักของแต่ละแปลงย่อย
19. ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก (best 10 ears without husk; กิโลกรัม/10 ฝัก) ชั่งน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกที่คัดเลือกจำนวน 10 ฝักของแต่ละแปลงย่อย
20. ขนาดฝัก สุ่มวัดจำนวน 10ฝักต่อแปลงย่อย
    20.1ความยาวฝัก (ear length ; เซนติเมตร) ดังนี้
        -ความยาวทั้งฝัก วัดจากส่วนท้ายถึงปลายฝัก
        -ความยาวติดเมล็ด วัดจากส่วนท้ายฝักถึงปลายฝักที่ติดเมล็ด
        -ความยาวขิงส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด (tip fill) หาได้จาก ความยาวทั้งฝัก – ความยาว ติดเมล็ด
    20.2ความกว้างฝัก (ear width ; เซนติเมตร) วัดบริเวณกลางฝัก
21. จำนวนแถวของเมล็ดต่อฝัก (no. of kernel rows / ear) สุ่มนับจากฝักที่ใช้วัดความกว้างและความยาวจำนวน 10 ฝักต่อแปลงย่อย
22. สีเมล็ด (kernel color)
23. ลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด (kernel arrangement ; คะแนน 1-5)
    1 = เมล็ดมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เรียงแถวไม่เป็นระเบียบ
    2 = เมล็ดมีขนาดสม่ำเสมอเล็กน้อย เรียงแถวเป็นระเบียบเล็กน้อย
    3 = เมล็ดมีความสม่ำเสมอปานกลาง เรียงแถวเป็นระเบียบปานกลาง
    4 = เมล็ดมีขนาดสม่ำเสมอค่อนข้างดี เรียงแถวค่อนข้างเป็นระเบียบ
    5 = เมล็ดมีขนาดสม่ำเสมอมาก แถวตรง เรียงเป็นระเบียบสวย
24. คุณภาพในการบริโภคได้แก่ ความนุ่ม (tenderness) และความชอบ (favor) ทดสอบโดยการกัดชิมเมื่อสุก
    24.1 ความชอบ (favorite; คะแนน 1-5)
        1 = เปลือกเมล็ดหนาติดฟันมาก
        2 = เปลือกเมล็ดหนาติดฟัน
        3 = เปลือกเมล็ดติดฟันปานกลาง
        4 = เปลือกเมล็ดติดฟันเล็กน้อย
        5 = เปลือกเมล็ดบางไม่ติดฟัน
    24.2 ความชอบ (favorite; คะแนน 1-5)
        1 = ไม่ชอบอย่างมาก ควรปรับปรุง
        2 = ไม่ชอบ

3 = เฉยๆ

4 = ชอบ

5 = ชอบมาก

วิธีการที่ใช้ในการทดสอบพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ

สุ่มตัวอย่างข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มาสับจนละเอียด หลังจากนั้นนำใส่ถุงเข้าห้องแข็งที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เพื่อไม่ให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ภายในเมล็ด หลังจากนั้นนำเข้าเครื่อง freeze dryer เพื่อทำแห้งแบบแช่เยือก แข็ง โดยตัวอย่างข้าวโพดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะของแข็งเป็นสภาวะก๊าซโดยไม่มีการละลาย และหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และเอ็นไซม์ สำหรับการทำงานของเครื่อง freeze dryer นั้นคือ เป็นการกำจัดน้ำออกจากเซลล์พืช โดยจะถูกทำให้เย็นจนแข็ง แล้วจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอ ด้วยการใช้ปั๊มลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศจนกลายเป็นสูญญากาศ เมื่อได้ตัวอย่างที่แห้งดีแล้วนำตัวอย่างมาปั่นและบดด้วยโกร่งให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงโดยรูตะแกรงขนาด 180 ไมโครเมตร ได้เป็นตัวอย่างแป้งที่จะนำมาหาความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นรุ่น MA 35 เพื่อใช้ในการหาปริมาณแป้งและความหนืดต่อไป

1. การหาปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch)

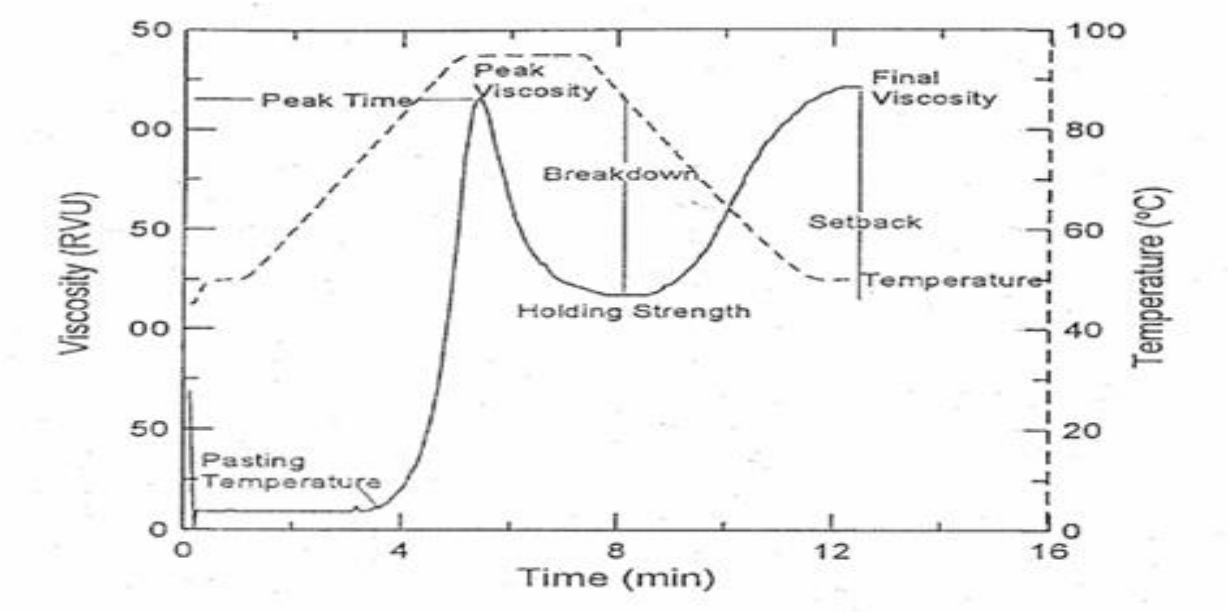
ในการหาปริมาณแป้งทั้งหมด (total Starch) ใช้วิธีการของ Megazyme total starch assay procedure ซึ่งสามารถวัด Total starch ได้ในอาหารหลายชนิด รวมถึงผลิตภัณฑ์ด้านๆที่เป็นธรรมขาติและผ่านการแปรรูปมาแล้ว โดยหลักการทำงานของMegazyme คือ ใช้ Thermostable α - amylase ย่อยแป้งจนเกิดเป็น Maltodextrins จากนั้น Maltodextrins ถูกย่อยด้วย Amyloglucosidase (AMG) จนเกิดเป็น D-glucose จาก D-glucose จะถูกออกซิไดซ์ไปเป็น D-gluconate และ H_2O_2 ซึ่งจะทำการวัดค่า H_2O_2 ด้วย Colourimetric reaction โดยนำ H_2O_2 ทำปฏิกิริยากับ ρ-hydroxybenzoic acid + 4-aminoantipyrine โดยมีเอนไซม์ peroxidase และจะได้ quinoneimine dye เป็นผลิตภัณฑ์ดังสมการ

1. Starch + H_2O $\xrightarrow{\alpha \text{ – amylase pH 7.0 or 5.0.100}^{\circ}\text{C}}$ Maltodextrins
2. Maltodextrins $\xrightarrow{\text{AMG}}$ D-glucose
3. D-glucose + O_2 +H_2O $\xrightarrow{\text{(glucose oxidase)}}$ D-gluconate + H_2O_2
4. $2H_2O_2$ + ρ-hydroxybenzoic acid + 4-aminoantipyrine $\xrightarrow{\text{(peroxidase)}}$ quinoneimine dye +$4H_2O$

สำหรับการหาปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) ในครั้งนี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 2 ซ้ำ มีขั้นตอนดังนี้ ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.1 กรัม เติม 80% ethanol จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 2M KOH จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปแช่น้ำแข็งเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติม 1.2 M sodium acetate buffer (pH 3.8) จำนวน 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติม α-amylase และ amyloglucosidase อย่างละ 0.1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที จากนั้นทำการเจือจางตัวอย่างโดยการดูดสารตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำอีกจำนวน 9 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดสารตัวอย่างจำนวน 0.1 มิลลิลิตร เติม GOPOD reagent จำนวน 3 มิลลิลิตร จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่510 นาโนเมตร ซึ่งจะนำค่าที่ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แป้ง (% starch)

2.การหาความหนืด (Viscosity)

การหาความหนืดใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ซึ่งจะติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งตลอดการทำให้ร้อน การหุงต้ม และการทำให้เย็น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 2 ซ้ำ มีวิธีการดังนี้คือ ใช้ตัวอย่างแป้งที่ 8% จาก 25 กรัม และคำนวณน้ำหนักแป้งที่ใช้ในการทดลองจากสูตร (2x100)/(100-%moisture) เมื่อคำนวณเสร็จตวงแป้งใส่กระป๋องจำเพาะกับเครื่อง RVA ตามค่าที่คำนวณได้ เติมน้ำกลั่นให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม จากนั้นกวนแป้งและน้ำกลั่นด้วยใบกวน และนำไปต่อเข้ากับเครื่อง RVA โดยเครื่อง RVA จะทำงานประมาณ และจะแสดงผลเป็นกราฟดังนี้



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

ที่มา: www.foodnetworksolution.com

สถานที่ทำการทดลอง

- โรงเรือนทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
- ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

ระยะเวลาในการทดลอง

-ในโรงเรือนทดลองวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

-ในห้องปฏิบัติการวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2556

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ค่า Mean squares ของ 24 ลักษณะ ได้แก่ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ความเหนียวนิ่ม ความชอบ ความแข็งแรงของต้นกล้า วันที่ดอกตัวผู้บาน วันออกไหม ความสูงของต้น ความสูงฝัก การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้นและความสม่ำเสมอของต้น วันเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย เปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้น ความยาวทั้งฝัก ความยาวติดเมล็ด ความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ความกว้างฝัก จำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักและลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10

Source of variation	df	Total		Best 10 Ears		Eating Quality	
		Green weight	Yellow weight	Green weight	Yellow weight	Tenderness	Favor
		---------- kg/rai ----------		-------- kg ---------		---------- (1-5) ----------	
Replication	3	42,556.70	19,368.80	0.03	0.02	0.83	0.30
Treatment	4	232,645.00**	96,238.20*	0.30**	0.21**	0.99*	0.96*
Error	12	14,087.30	25,608.80	0.02	0.00	0.27	0.21
CV (%)		7.50	13.90	8.70	5.30	17.10	14.20

*, ** Significant at 0.05 and 0.01%, respectively

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Source of variation	df	Seedling Vigor	Days to		Height		Root Lodging
			Anthesis	Silking	Plant	Ear	
		---(1-5)---	----------d----------		---------- cm ----------		--(1-5)--
Replication	3	0.05	2.73	3.07	19.00	12.35	0.05
Treatment	4	0.33	12.00*	13.80**	682.15**	443.59**	0.02
Error	12	0.21	2.90	2.40	81.19	42.46	0.02
CV (%)		10.20	3.60	3.20	4.90	7.50	13.00

*, ** Significant at 0.05 and 0.01%, respectively

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Source of variation	df	Foliar Disease	Hust Cover	Plant Aspect	Day To Harvest	Rotten Ears	Ears/Plant
		---------- (1-5) ----------			---- d ----	---------- % ----------	
Replication	3	0.05	0.05	0.08	3.07	6.90	158.47
Treatment	4	0.50	0.14	0.17	13.80**	12.36	202.28
Error	12	0.34	0.10	0.09	2.40	6.17	72.07
CV%		33.40	7.20	7.00	2.30	149.60	8.30

** Significant at 0.01%

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Source of variation	df	Ear Length			Ear Width	No. of Kernel Row/Ear	Kernel Arrangement
		EL 1	EL 2	Tip Fill			
		---------- (1-5) ----------				--Rows--	--- (1-5) ---
Replication	3	0.52	0.46	0.34	0.05	0.08	0.15
Treatment	4	1.97*	7.61**	13.19**	0.95**	25.85**	0.64*
Error	12	0.53	0.89	0.27	0.01	0.16	0.16
CV%		4.70	8.90	10.70	2.00	3.10	10.10

*, ** Significant at 0.05 and 0.01%, respectively

ผลของลักษณะทางการเกษตรและคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 (ตารางที่ 1) พบว่า ลักษณะที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ได้แก่ วันออกไหม ความสูงของต้น ความสูงของฝัก วันเก็บเกี่ยว ผลผลิตทั้งเปลือก ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ความยาวติดเมล็ด ความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ความกว้างฝัก และจำนวนแถวของเมล็ดต่อฝัก ลักษณะที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ได้แก่ จำนวนวันที่ดอกตัวผู้บาน ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ความยาวทั้งฝัก และลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด ลักษณะที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ได้แก่ ความแข็งแรงของต้นกล้า การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้น และความสม่ำเสมอต้น เปอร์เซ็นต์จำนวนฝักเสียทั้งหมดในแปลงย่อย และเปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้น

ตารางที่ 2 ค่า Mean squares ของปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) และค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Rapid Visco Analyzer; RVA) ได้แก่ค่า Pasting Temperature, Peak Time, Peak 1, Trough 1, Breakdown, Final Viscosity, และค่า Setback จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10

Source of variation	df	Total Strach	RVA		
			Pasting Temp.	Peak Time	Peak 1
		-----%-----	---------°c---------	-------min--------	-----RVU-----
Treatment	4	34.63	0.38*	0.04**	128.46**
Error	5	26.63	0.06	1.30E-03	1.02
CV (%)		6.90	0.30	0.90	1.60

*, ** Significant at 0.05 and 0.01%, respectively

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Source of variation	df	RVA			
		Trough 1	Breakdown	Final Viscosity	Setback
		----------RVU----------			
Treatment	4	32.15**	270.54**	55.61**	5.60**
Error	5	0.42	0.17	0.56	0.12
CV (%)		3.30	0.90	2.50	3.30

** Significant at 0.01%,

ผลของปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) และค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Rapid Visco Analyzer; RVA) ได้แก่ค่า Pasting Temperature, Peak Time, Peak 1, Trough 1, Breakdown, Final Viscosity, และค่า Setback ของข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10 (ตารางที่ 2) พบว่า ลักษณะที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ได้แก่ ค่า Peak Time, Peak 1, Trough 1, Breakdown, Final Viscosity และ Setback ลักษณะที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ได้แก่ค่า Pasting temperature ลักษณะที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ได้แก่ปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของ 24 ลักษณะ ได้แก่ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ความเหนียวนิ่ม ความชอบ ความแข็งแรงของต้นกล้า วันที่ดอกตัวผู้บาน วันออกไหม ความสูงของต้น ความสูงฝัก การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้น ความสม่ำเสมอของต้น วันเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย เปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้น ความยาวทั้งฝัก ความยาวติดเมล็ด ความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ด ความกว้างฝัก จำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักและลักษณะการเรียงแถวของเมล็ด จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10

Varieties	Total		Best 10 Ears		Eating Quality	
	Green weight	Yellow weight	Green weight	Yellow weight	Tenderness	Favorite
	---------- kg/rai ----------		---------- kg ----------		--------- (1-5) ---------	
FPC 111	1,748.00	1,330.67	1.84	1.39	2.63	2.50
BW 852	1,638.67	1,241.33	1.66	1.27	3.88	3.88
RT 1	1,658.67	1,144.00	1.78	1.18	2.88	3.25
LV-CM	1,149.33	916.00	1.14	0.79	3.12	3.25
MX 10	1,677.33	1,128.00	1.62	1.16	2.75	3.13
LSD 0.05	182.86	246.55	0.21	0.09	0.80	0.70

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Varieties	Seedling Vigor	Days to		Height		Root Lodging
		Anthesis	Silking	Plant	Ear	
	---- (1-5) ----	---------- d ----------		---------- cm ----------		--(1-5)--
FPC 111	4.38	49.25	49.50	195.25	91.55	1.13
BW 852	4.50	45.25	45.50	163.85	73.18	1.00
RT 1	4.75	47.00	49.50	191.40	89.95	1.00
LV-CM	4.63	46.75	47.00	187.20	99.58	1.00
MX 10	4.00	49.25	49.50	174.10	78.90	1.13
LSD 0.05	-	2.62	2.39	13.88	10.04	-

Remark: - LSD are not shown due to not significant.

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Varieties	Foliar Disease	Hust Cover	Plant Aspect	Day To Harvest	Rotten Ears	Ears/plant
	---------- (1-5) ----------			---- d ----	---------- % ----------	
FPC 111	2.00	4.75	4.50	69.50	0.00	101.07
BW 852	1.38	4.25	4.50	65.50	1.32	101.04
RT 1	1.88	4.38	4.38	69.50	3.58	96.64
LV-CM	2.13	4.50	4.00	67.00	3.41	114.46
MX 10	1.38	4.38	4.38	69.50	0.00	97.92
LSD 0.05	-	-	-	2.39	-	-

Remark: - LSD are not shown due to not significant.

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Varieties	Ear Length			Ear Width	No. of Kernel Row/Ear	Kernel Arrangement
	EL 1	EL 2	Tip Fill			
	---------- (1-5) ----------				---Rows---	---- (1-5) ----
FPC 111	16.60	9.92	6.68	4.48	16.20	4.50
BW 852	15.32	12.00	3.32	4.10	11.30	3.88
รัชตะ 1	15.60	9.76	5.84	4.14	12.50	4.00
LV-CM	14.74	12.22	2.52	3.17	9.90	3.38
MX 10	15.13	9.24	5.89	4.11	14.70	4.00
LSD 0.05	1.13	1.45	0.80	0.12	0.62	0.62

จากตารางที่ 3 พบว่า ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์ MX 10 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงที่สุดเฉลี่ย 1,748.00, 1,677.33, 1,658.67 และ 1,638.67 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ที่มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกต่ำที่สุดเฉลี่ย 1,149.33 กิโลกรัมต่อไร่

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์ MX 10 มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุดเฉลี่ย 1,330.67, 1,241.33, 1,144.00 และ 1,128.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ที่มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกต่ำที่สุดเฉลี่ย 916.00 กิโลกรัมต่อไร่

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝักสูงที่สุดเฉลี่ย 1.84, 1.78 และ 1.66 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ MX 10 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝักต่ำที่สุดเฉลี่ย 1.62 และ 1.14 กิโลกรัม ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝักสูงที่สุดเฉลี่ย 1.39 กิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ที่มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝักเฉลี่ย 1.27, 1.18, 1.15 และ 0.79 กิโลกรัม ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีค่าคะแนน Tenderness สูงที่สุดเฉลี่ย 3.88 และ3.12 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ MX 10 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 ที่มีค่าคะแนน Tenderness เฉลี่ย 2.88, 2.65 และ 2.63 ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์รัชตะ 1 มีค่าคะแนนความชอบสูงที่สุดเฉลี่ย 3.88, 3.25 และ 3.25 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ MX 10 และพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 ที่มีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย 3.13 และ 2.50 ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีจำนวนวันที่ดอกตัวผู้บานเร็วที่สุดเฉลี่ย 45 วัน ซึ่งเร็วกว่าพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 และพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 ที่มีจำนวนวันที่ดอกตัวผู้บานเฉลี่ย 47, 47, 49 และ 49 วันตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวนวันออกไหมเร็วที่สุดเฉลี่ย 46 และ 47 วันตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าพันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 และพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 ที่มีจำนวนวันออกไหมเฉลี่ย 50 วัน

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงต้นสูงที่สุดเฉลี่ย 195.25, 191.40 และ 187.20 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ MX 10 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีความสูงต้นเฉลี่ย 174.10 และ 163.85 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์รัชตะ 1 มีความสูงฝักสูงที่สุดเฉลี่ย 99.58, 91.55 และ 89.95 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ MX 10 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีความสูงฝักเฉลี่ย 78.90 และ 73.18 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์รัชตะ 1 มีความยาวทั้งฝักสูงที่สุดเฉลี่ย 16.60 และ 15.60 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์ MX 10 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความยาวทั้งฝักเฉลี่ย 15.32, 15.13 และ 14.74 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีความยาวติดเมล็ดสูงที่สุดเฉลี่ย 12.22 และ 12.20 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์ MX 10 ที่มีความยาวติดเมล็ดเฉลี่ย 9.92, 9.76 และ 9.24 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์ MX 10 มีความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ดสูงที่สุดเฉลี่ย 6.68 และ 5.89 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ดเฉลี่ย 5.84, 3.32 และ 2.52 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีความกว้างฝักสูงที่สุดเฉลี่ย 4.48 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าพันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความกว้างฝักเฉลี่ย 4.14, 4.11, 4.10 และ 3.17 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีจำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักสูงที่สุดเฉลี่ย 16 แถว ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ MX 10 พันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีจำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 14, 12, 12 และ 10 แถว ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์ MX 10 มีค่าคะแนนลักษณะการเรียงแถวของเมล็ดสูงที่สุดเฉลี่ย 4.50, 4.00 และ 4.00 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีลักษณะการเรียงแถวของเมล็ดเฉลี่ย 3.88 และ 3.38 คะแนน ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มีค่าคะแนนความแข็งแรงของต้นกล้า การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้นและความสม่ำเสมอต้น เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย และเปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้นไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) และค่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืด (Rapid Visco Analyzer; RVA) ได้แก่ ค่า Pasting Temperature, Peak Time, Peak 1, Trough 1, Breakdown, Final Viscosity, และค่า Setback จากการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของข้าวโพดข้าวเหนียวจำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 (Fancy Purple Color 111; FPC 111) พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852) พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT 1) พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM) และพันธุ์ MX 10

Varieties	Total Strach	RVA		
		Pasting Temp	Peak Time	Peak 1
	---------%-------	----------°c----------	-------min-------	----------RVU----------
FPC 111	80.86	76.90	3.9	60.21
BW 852	72.23	76.00	3.67	75.04
RT 1	70.76	77.18	4.03	53.92
LV-CM	77.53	76.75	3.9	61.63
MX 10	73.30	76.80	3.8	67.71
LSD 0.05	-	0.63	0.09	2.59

Remark: - LSD are not shown due to not significant.

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Varieties	RVA			
	Trough 1	Breakdown	Final Viscosity	Setback
	----------RVU----------			
FPC 111	22.75	37.46	32.38	9.63
BW 852	13.63	61.42	22.41	8.79
RT 1	21.46	32.46	31.58	10.13
LV-CM	23.33	38.29	36.50	13.17
MX 10	18.29	49.42	28.13	9.83
LSD 0.05	1.66	1.06	1.92	0.89

จากตารางที่ 4 พบว่า ข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มีปริมาณแป้งทั้งหมด (Total Starch) ไม่แตกต่างกัน

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์ MX 10 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีค่า Pasting Temperature สูงที่สุดเฉลี่ย 77.18, 76.90, 76.80 และ 76.75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีค่า Pasting Temperature เฉลี่ย 76.00 องศาเซลเซียส

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 มีค่า Peak Time สูงที่สุดเฉลี่ย 4.03 นาที ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์ MX 10 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีค่า Peak Time เฉลี่ย 3.90, 3.90, 3.80 และ 3.67 นาที ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีค่า Peak 1 สูงที่สุดเฉลี่ย 75.04 RVU ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ MX 10 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์รัชตะ 1 ที่มีค่า Peak 1 เฉลี่ย 67.71, 61.63, 60.21 และ 53.92 RVU ตามลำดับ

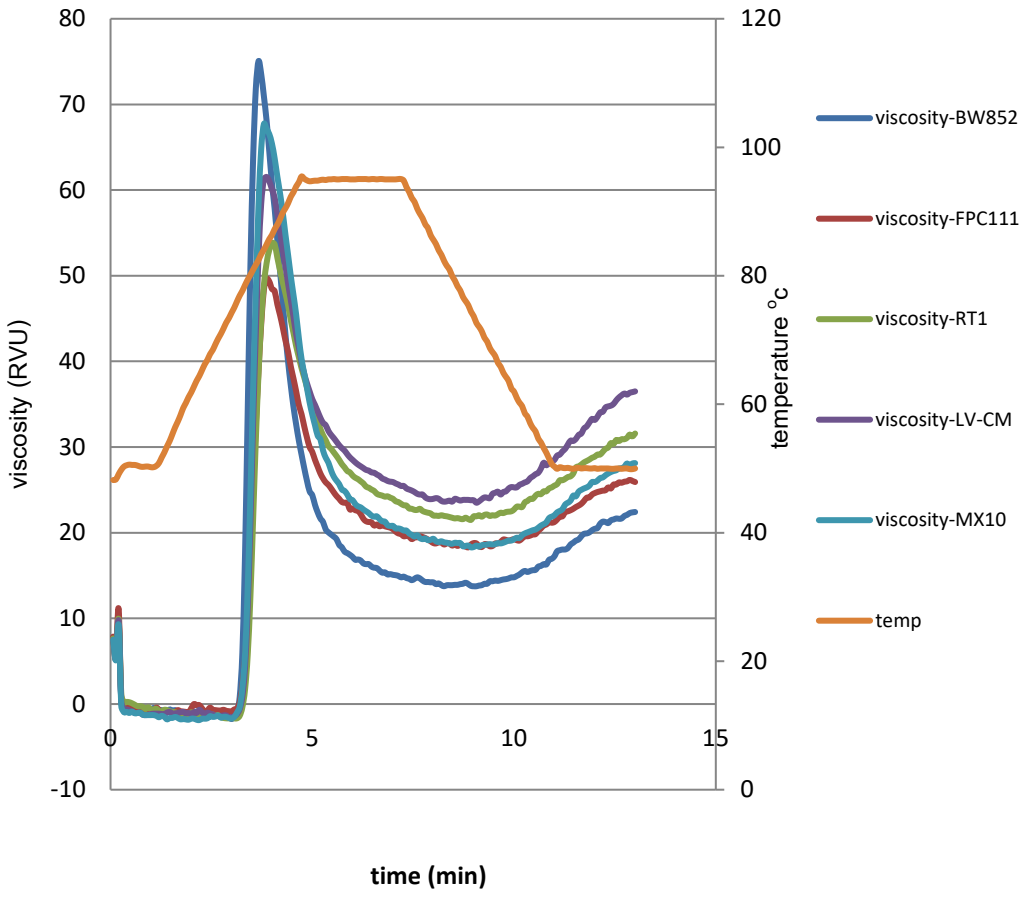
ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีค่า Trough 1 สูงที่สุดเฉลี่ย 23.33 และ 22.75 RVU ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีค่า Trough 1 เฉลี่ย 21.46, 18.29 และ 13.63 RVU ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีค่า Breakdown สูงที่สุดเฉลี่ย 61.42 RVU ซึ่งมากกว่าพันธุ์ MX 10 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์รัชตะ 1 ที่มีค่า Breakdown เฉลี่ย 49.42, 38.29, 37.46 และ 32.46 RVU ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีค่า Final Viscosity สูงที่สุดเฉลี่ย 36.50 RVU ซึ่งสูงกว่าพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 และ พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีค่า Final Viscosity เฉลี่ย 32.38, 31.58, 28.13 และ 22.41 RVU ตามลำดับ

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีค่า Setback สูงที่สุดเฉลี่ย 13.17 RVU ซึ่งสูงกว่าพันธุ์รัชตะ 1 พันธุ์ MX 10 พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 ที่มีค่า Setback เฉลี่ย 10.13, 9.83, 9.63 และ 8.79 RVU ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA จะติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งตลอดการทำให้ร้อน การหุงต้มและการทำให้เย็น ซึ่งออกมาในรูปกราฟแสดงพฤติกรรมความหนืดอย่างต่อเนื่องซึ่งแสดงเป็นกราฟได้ดังนี้ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA

วิจารณ์ผลการทดลอง

การปลูกเพื่อทดสอบพันธุ์ในโรงเรือนทดลองนั้นมีพื้นที่ปลูกอย่างจำกัด การใช้ระยะปลูกที่น้อยอาจจะมีผลต่อผลผลิตข้าวโพดฝักสดได้ โดยการทดลองในครั้งนี้ใช้ระยะปลูกที่ 0.50x0.25 เมตร ซึ่งน้อยกว่าระยะปลูกที่แนะนำ อาจสังเกตได้จากผลผลิตข้าวโพดมีฝักขนาดเล็กกว่าปกติ อันเนื่องมาจากอาหารสะสมไม่เพียงพอต่อความต้องการ ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตที่สำคัญอีกอย่าง คือ โรคทางใบ เพราะจะทำให้สูญเสียพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงของใบ โรคที่พบได้แก่ โรคใบไหม้แผลเล็ก และโรคใบไหม้แผลใหญ่ ความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ดสูง เกิดจากการผสมไม่ติดเมล็ด และคาดว่าเกิดจากการขาดธาตุอาหาร เช่น ธาตุโพแทสเซียม เพราะธาตุโพแทสเซียมมีความสำคัญในการสร้างและการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้งและน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโต สำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวโพด จะเก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด หรือ 20 วันหลังออกไหมนั้นไม่เท่ากัน เพราะมีการปลูกซ่อมต้นที่ไม่งอก ซึ่งเกิดจากสาเหตุมีน้ำท่วมขังในแปลง มีสัตว์มากินเมล็ดพันธุ์

การหาปริมาณแป้งทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวนั้น จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์แป้งในเมล็ดข้าวโพดข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่คาดว่าจะแตกต่างกันที่ชนิดของแป้งซึ่งได้แก่ อะไมโลส และอะไมโลเพกตินที่มีอยู่ในเมล็ด ซึ่งมีสัดส่วนที่ต่างกันออกไปในแต่ละพันธุ์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้รสชาติของข้าวโพดข้าวเหนียวต่างกัน (ประภา และคณะ, 2535) และแตกต่างกันที่คุณสมบัติแป้งในส่วนของค่าความหนืด

ความหนืด (viscosity) ซึ่งเป็นสมบัติทางรีโอโลจี (rheology) ของแป้งสุก ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพสามารถใช้เป็นหนึ่งในตัวกำหนดคุณภาพของข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสด พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะ แตกต่างไปตามชนิดของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งรับความร้อนจนถึงระดับหนึ่งจะพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำบริเวณรอบๆเม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากจึงเกิดเป็นความหนืดขึ้น (Zobel and Stophen, 1995) อุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่าอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนค่าความหนืด (pasting temperature) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเม็ดแป้งจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น จนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นจุดที่บอกว่าเม็ดแป้งมีการพองตัวสูงสุดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีก เม็ดแป้งจะแตกตัว และโมเลกุลอะไมโลสจะกระจายออกมา ทำให้ความหนืดลดลง และเมื่อลดอุณหภูมิ จะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลอะไมโลส หรือการเกิดรีโทรเกรเดชั่น (retrogradation) (Atwel et.al, 1988; กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ทำให้ได้ค่าการคืนตัว (set back) ส่งผลให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นอีกจนถึงความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ซึ่งการคืนตัวของแป้งจะส่งผลต่อคุณภาพการบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดได้ ดังนั้น พันธุ์ BW 852 ที่มีอัตราการคืนตัวต่ำ เนื่องจากมีค่า ความหนืดสุดท้าย (Final

Viscosoty)และค่าเซตแบค (Set Back) ต่ำที่สุด คาดว่าจะมีปริมาณของอะไมโลเพคตินสูงกว่าพันธุ์อื่น เนื่องจาก กล้าณรงค์ และเกื้อกูล (2543) รายงานว่า แป้งอะไมโลเพคตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส หรือมีลักษณะเป็นโซ่กิ่ง มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1000 เท่าของอะไมโลส จึงมีอัตราในการคืนตัวต่ำ สกุลกานต์ (2556) รายงานว่าอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินและความยาวของสายอะไมโลเพคตินเป็นตัวทำให้ starch gelatinization และ pasting properties ของแป้งที่มีอยู่ในเมล็ดเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อความเหนียวนุ่มในข้าวโพด โดยจะทำให้ข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสตั้งแต่อ่อนนุ่มไปจนถึงแข็งกระด้าง การเพิ่มปริมาณอะไมโลเพคตินจะช่วยทำให้เนื้อสัมผัสมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น

ผลการประเมินคุณภาพการบริโภค ไม่สอดคล้องกับค่า Final Viscosity อาจเป็นผลมาจากผู้ทดลองกัดชิม ยังไม่มีความชำนาญในการจำแนกความแตกต่างของคุณภาพการบริโภคฝักสดของข้าวโพดข้าวเหนียว เนื่องจากพันธุ์ LV-CM เป็นพันธุ์พื้นเมืองจากจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีคุณภาพการบริโภคไม่สม่ำเสมอ ผลผลิตมีทั้งคุณภาพการบริโภคดีและไม่ดี การสุ่มตัวอย่างมาประเมินการกัดชิม อาจสุ่มได้ตัวอย่างที่มีคุณภาพดี จึงทำให้ผลการประเมินการกัดชิมได้ค่าสูงเทียบเท่ากับพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความหนืด มีการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้เป็นตัวแทนที่ดีจากประชากรในแต่ละพันธุ์ จึงสามารถประเมินคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดข้าวเหนียวได้อย่างถูกต้อง

สรุปผลการทดลอง

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์ MX 10 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือกสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์ MX 10 มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุดพันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝักสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝักสูงที่สุด พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีค่าคะแนน Tenderness สูงที่สุด พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์รัชตะ 1 มีค่าคะแนนความชอบสูงที่สุด พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีจำนวนวันที่ดอกตัวผู้บานเร็วที่สุด พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีจำนวนวันออกไหมเร็วที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงต้นสูงที่สุด พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์รัชตะ 1 มีความสูงฝักสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์รัชตะ 1 มีความยาวทั้งฝักสูงที่สุด พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ และพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 มีความยาวติดเมล็ดสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 และพันธุ์ MX 10 มีความยาวของส่วนปลายฝักที่ไม่ติดเมล็ดสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีความกว้างฝักสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 มีจำนวนแถวของเมล็ดต่อฝักสูงที่สุด พันธุ์แฟนซีสีม่วง 111 พันธุ์รัชตะ 1 และพันธุ์ MX 10 มีค่าคะแนนลักษณะการเรียงแถวของเมล็ดสูงที่สุดและข้าวโพดข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มีค่าคะแนนความแข็งแรงของต้นกล้า การหักล้มของราก โรคทางใบ เปลือกหุ้มฝัก ลักษณะต้นและความสม่ำเสมอต้น เปอร์เซ็นต์ฝักเสีย และเปอร์เซ็นต์ฝักต่อต้นไม่แตกต่างกัน

ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพการบริโภคสูงที่สุด โดยมีความเหนียวนิ่ม (Tenderness) มาก และมีค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) ค่าเซตแบค (Set Back) ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงถึงการที่แป้งของพันธุ์นี้มีการคืนตัว (Retrogradation) ต่ำที่สุด และข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ มีค่าการคืนตัวของแป้งมากที่สุด

ปริมาณแป้งทั้งหมด (Total starch) ไม่สามารถใช้ในการแยกความแตกต่างของคุณภาพการบริโภคของข้าวโพดข้าวเหนียวฝักสดทั้ง 5 พันธุ์นี้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์น้องนุช ศิริวงศ์ อาจารย์ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และพี่ๆ ที่ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน ที่ให้คำแนะนำในการทำการทดลองในการหาปริมาณแป้งทั้งหมด และการหาความหนืด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ชฎามาศ จิตต์เลขา นักวิจัยศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีย์จันทรสถิตย์ เพื่อการค้นคว้าและพัฒนาพืชศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่กรุณาให้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องข้าวโพดข้าวเหนียวและการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภัศจี คงศีล อาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้คำแนะนำในเรื่องการใช้เครื่อง Freeze Dryer

ขอขอบคุณพี่เพชรดา นวลตาล พี่ภาวิดา ไชยวงศ์ พี่ปนิธิ ยองประยูร และพี่เกรียงไกร นนท์ก่ำ นิสิตปริญญาโท ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือทำให้การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบคุณโรงเรือนทดลอง ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ห้องปฏิบัติการกลาง อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน และห้องอาจารย์สุจินต์ เจนวีรวัฒน์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

สกุลกานต์ สิมลา. 2556. คุณภาพการบริโภคในข้าวโพดรับประทานฝักสด. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 32 (3): 1-6

สกุลกานต์ สิมลา และอรุณทิพย์ เหมะธุลิน. 2555. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวโพด-ข้าวเหนียว. **แก่นเกษตร** 40 (พิเศษ): 455-459

Boutboul, A. 2002. Influence of the nature and treatment of starch on aroma retention. **Carbohydrate Polymers** 47 (2002): 73-82

สุพิศา สมโต. 2547. **คุณลักษณะทางกายภาพและเคมี และความคงตัวของข้าวไทยที่มีรงควัตถุ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร

Megazyme International Ireland. 2011. Total starch assay procedure. Megazyme

ภาคผนวก

Trial Name . Testing of five waxy corn varieties Trial. 2013D-Block 3,4-1 Year. 2013D
Spacing (m.) 0.5x0.3x1.0 Rows/Plot 4 Row-length (m.) 1.5 Rep.4
Seeds/pak 72,120

Entry No.	Treatment (Variety)	Replication			
		I	II	III	IV
1	FPC 111	1103	1201	1301	1402
2	BW 852	1104	1204	1305	1405
3	RT 1	1102	1205	1304	1403
4	LV-CM	1105	1202	1303	1404
5	MX 10	1101	1203	1302	1401

ผังแปลง

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดข้าวเหนียว 5 พันธุ์

BLK	PLOT	ENTRY	PEDIGREE	SEED. VIGOR (1-5)	DAYS TO		HEIGHT (CM)		ROOT LODG. (1-5)	FOLIAR DIS. (1-5)	HUSK COVER (1-5)	PLANT ASP. (1-5)	NO. OF PLANTS / PLOT	DAYS TO HARVEST
					ANT.	SILK.	PLANT	EAR						
1	1101	5	MX 10	3.5	49	50	175.20	81.00	1.0	1.5	4.5	4.5	21.00	70
1	1102	3	รัชตะ 1	4.5	49	50	183.20	84.50	1.0	1.5	4.5	5.0	22.00	70
1	1103	1	FPC 111	4.5	52	52	191.60	94.60	1.0	2.0	5.0	4.5	24.00	72
1	1104	2	BW 852	5.0	45	45	170.40	77.00	1.0	1.0	4.0	4.5	21.00	65
1	1105	4	LV-CM	5.0	45	46	190.60	107.60	1.0	2.5	5.0	4.0	24.00	66
2	1201	1	FPC 111	4.5	46	46	203.30	96.10	1.0	3.0	4.5	4.0	20.00	66
2	1202	4	LV-CM	5.0	47	47	190.80	96.30	1.0	2.5	4.5	4.0	21.00	67
2	1203	5	MX 10	3.5	50	50	176.50	80.10	1.0	1.5	4.5	4.5	24.00	70
2	1204	2	BW 852	4.0	46	47	166.20	76.60	1.0	1.5	4.0	4.5	24.00	67
2	1205	3	รัชตะ 1	4.5	47	50	183.50	81.60	1.0	1.0	4.5	4.5	22.00	70
3	1301	1	FPC 111	4.0	51	51	181.40	81.50	1.0	1.5	5.0	5.0	24.00	71
3	1302	5	MX 10	4.5	51	51	180.70	81.70	1.0	1.5	4.5	4.5	23.00	71
3	1303	4	LV-CM	4.5	48	48	189.10	95.00	1.0	1.5	4.0	4.0	21.00	68
3	1304	3	รัชตะ 1	5.0	46	50	204.70	99.60	1.0	2.5	4.0	4.0	22.00	70
3	1305	2	BW 852	4.5	45	45	161.60	69.30	1.0	1.5	4.5	4.5	24.00	65
4	1401	5	MX 10	4.5	47	47	164.00	72.80	1.5	1.0	4.0	4.0	24.00	67
4	1402	1	FPC 111	4.5	48	49	204.70	94.00	1.5	1.5	4.5	4.5	21.00	69
4	1403	3	รัชตะ 1	5.0	46	48	194.20	94.10	1.0	2.5	4.5	4.0	23.00	68
4	1404	4	LV-CM	4.0	47	47	178.30	99.40	1.0	2.0	4.5	4.0	20.00	67
4	1405	2	BW 852	4.5	45	45	157.20	69.80	1.0	1.5	4.5	4.5	19.00	65

ตารางที่ 5 (ต่อ)

BLK	PLOT	ENTRY	PEDIGREE	NO. OF EARS		ROTTEN EARS(%)	%EARS/PLANT (%)	REMARK
				TOTAL	ROTTEN			
1	1101	5	MX 10	21	0	0.00	420.00	งอกไม่สม่ำเสมอ น้ำขัง โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเล็ก ไม่ค่อยติดเมล็ด
1	1102	3	รัชตะ 1	23	0	0.00	766.67	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเล็ก ไม่ค่อยติดเมล็ด
1	1103	1	FPC 111	24	0	0.00	2,400.00	งอกไม่สม่ำเสมอมีใบเหลือง โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักใหญ่ยาว ไม่ค่อยติดเมล็ด
1	1104	2	BW 852	21	0	0.00	1,050.00	โตดีต้นสมบูรณ์ ไม่พบโรคฝักใหญ่ ไม่ค่อยติดเมล็ด
1	1105	4	LV-CM	26	0	0.00	650.00	งอกสม่ำเสมอต้นแข็งแรง โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักเรียวเล็ก กาบแห้ง
2	1201	1	FPC 111	18	0	0.00	1,800.00	งอกสม่ำเสมอ ขอบใบเหลือง โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักยาวใหญ่
2	1202	4	LV-CM	22	2	9.09	550.00	งอกสม่ำเสมอ โตดี โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเรียวเล็ก กาบแห้ง
2	1203	5	MX 10	22	0	0.00	440.00	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเล็ก ไม่ค่อยติดเมล็ด
2	1204	2	BW 852	25	0	0.00	1,250.00	งอกไม่สม่ำเสมอ ต้นไม่แข็งแรง โรคใบไหม้แผลเล็ก ฝักใหญ่ กาบแห้ง
2	1205	3	รัชตะ 1	21	1	4.76	700.00	โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเล็ก ไม่ค่อยติดเมล็ด เมล็ดเรียงแถวไม่ดี
3	1301	1	FPC 111	24	0	0.00	2,400.00	มีแมลงกิน ใบเหลือง โรคใบไหม้แผลใหญ่ฝักเล็ก ไม่ค่อยติดเมล็ด เมล็ดเรียงแถวดี
3	1302	5	MX 10	23	0	0.00	460.00	โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเรียวเล็ก กาบแห้ง
3	1303	4	LV-CM	22	1	4.55	550.00	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักเรียวเล็ก กาบแห้ง
3	1304	3	รัชตะ 1	20	1	5.00	666.67	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักเรียวเล็ก กาบแห้ง ไม่ค่อยติดเมล็ด
3	1305	2	BW 852	24	0	0.00	1,200.00	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักเรียวเล็ก กาบแห้ง ไม่ค่อยติดเมล็ด
4	1401	5	MX 10	24	0	0.00	480.00	โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักใหญ่
4	1402	1	FPC 111	24	0	0.00	2,400.00	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลใหญ่และแผลเล็ก ฝักใหญ่ยาว ไม่ค่อยติดเมล็ด
4	1403	3	รัชตะ 1	22	1	4.55	733.33	งอกสม่ำเสมอ โตดี โรคใบไหม้แผลใหญ่ ฝักใหญ่ยาว ไม่ค่อยติดเมล็ด เมล็ดบุบ
4	1404	4	LV-CM	28	0	0.00	700.00	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลเล็ก กาบแห้ง
4	1405	2	BW 852	19	1	5.26	950.00	งอกไม่สม่ำเสมอ โรคใบไหม้แผลเล็ก ฝักเรียวเล็ก เมล็ดเรียงตัวไม่ดี

ตารางที่ 5 (ต่อ)

BLK	PLOT	ENTRY	PEDIGREE	TOTAL GREEN WEIGHT	TOTAL GREEN WEIGHT(kg/rai)	TOTAL YELLOW WEIGHT	TOTAL YELLOW WEIGHT(kg/rai)	B10Ewh	B10Ewoh	EAR LENGTH			EAR WIDTH
										EL1	EL2	TF	
1	1101	5	MX 10	3.35	1786.67	2.28	1,216.00	1.38	1.29	15.38	9.67	5.71	4.24
1	1102	3	รัชตะ 1	3.27	1744.00	2.16	1,152.00	1.79	1.21	15.06	9.50	5.56	4.28
1	1103	1	FPC 111	3.57	1904.00	2.64	1,408.00	1.96	1.48	17.28	9.80	7.48	4.60
1	1104	2	BW 852	3.16	1685.33	2.4	1,280.00	1.73	1.33	15.33	12.36	2.97	4.17
1	1105	4	LV-CM	2.41	1285.33	1.7	906.67	1.29	0.91	15.02	12.84	2.18	3.35
2	1201	1	FPC 111	2.78	1482.67	2.07	1,104.00	1.69	1.28	16.85	11.17	5.68	4.29
2	1202	4	LV-CM	1.95	1040.00	1.33	709.33	1.1	0.75	14.16	12.03	2.13	3.10
2	1203	5	MX 10	2.77	1477.33	1.96	1,045.33	1.55	1.06	14.72	8.45	6.27	4.02
2	1204	2	BW 852	3.12	1664.00	2.47	1,317.33	1.46	1.15	14.67	10.82	3.85	3.98
2	1205	3	รัชตะ 1	3.09	1648.00	2.1	1,120.00	1.71	1.13	14.71	8.70	6.01	4.12
3	1301	1	FPC 111	3.27	1744.00	2.5	1,333.33	1.74	1.33	15.42	9.15	6.27	4.40
3	1302	5	MX 10	3.17	1690.67	2.08	1,109.33	1.79	1.17	14.99	9.20	5.79	4.16
3	1303	4	LV-CM	2.14	1141.33	2.34	1,248.00	1.18	0.8	15.79	13.42	2.37	3.14
3	1304	3	รัชตะ 1	2.72	1450.67	1.78	949.33	1.68	1.14	15.66	10.10	5.56	4.02
3	1305	2	BW 852	3.22	1717.33	2.34	1,248.00	1.75	1.32	15.63	12.60	3.03	4.11
4	1401	5	MX 10	3.29	1754.67	2.14	1,141.33	1.75	1.11	15.41	9.63	5.78	4.01
4	1402	1	FPC 111	3.49	1861.33	2.77	1,477.33	1.95	1.48	16.85	9.55	7.30	4.61
4	1403	3	รัชตะ 1	3.36	1792.00	2.54	1,354.67	1.92	1.25	16.96	10.75	6.21	4.13
4	1404	4	LV-CM	2.12	1130.67	1.5	800.00	0.98	0.69	13.98	10.59	3.39	3.09
4	1405	2	BW 852	2.79	1488.00	2.1	1,120.00	1.71	1.28	15.65	12.23	3.42	4.12

ตารางที่ 5 (ต่อ)

BLK	PLOT	ENTRY	PEDIGREE	NO. OF KERNEL ROWS/EAR	KERNEL COLOR	KERNEL ARRANGEMENT	COLOUR				
						(1-5)	ลำต้น	ไหม	glume	anther	pollen
1	1101	5	MX 10	14.80	ขาว	4	เขียว	เขียวขาว	เขียว	เหลือง	เหลือง
1	1102	3	รัชตะ 1	12.80	ขาว	4	เขียว	เขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
1	1103	1	FPC 111	15.80	แดง	4	ม่วง	ม่วง	ม่วง	ม่วง	เหลือง
1	1104	2	BW 852	11.40	ขาว>เหลือง+ม่วง	4	ล่างม่วงบนเขียว	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง
1	1105	4	LV-CM	9.60	ขาว ปน ม่วง	3	เขียว	โคนเขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
2	1201	1	FPC 111	15.80	แดง	5	ม่วง	ม่วง	ม่วง	ม่วง	เหลือง
2	1202	4	LV-CM	10.00	ขาว>เหลือง+ม่วง	3	เขียว	โคนเขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
2	1203	5	MX 10	14.80	ขาว	3.5	เขียว	เขียวขาว	เขียว	เหลือง	เหลือง
2	1204	2	BW 852	10.80	ขาว	4	ล่างขาวบนเขียว	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง
2	1205	3	รัชตะ 1	12.40	ขาว	4	เขียว	เขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
3	1301	1	FPC 111	16.20	แดง	5	ม่วง	ม่วง	ม่วง	ม่วง	เหลือง
3	1302	5	MX 10	14.40	ขาว>เหลือง+ม่วง	4.5	เขียว	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง
3	1303	4	LV-CM	10.00	ขาว>เหลือง+ม่วง	3.5	เขียว	เขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
3	1304	3	รัชตะ 1	12.40	ขาว	4	เขียว	เขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
3	1305	2	BW 852	12.00	ขาว	4	ล่างม่วงบนเขียว	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง
4	1401	5	MX 10	14.80	ขาว	4	เขียว	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง
4	1402	1	FPC 111	17.00	แดง	4	ม่วง	ม่วง	ม่วง	ม่วง	เหลือง
4	1403	3	รัชตะ 1	12.40	ขาว	4	เขียว	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง
4	1404	4	LV-CM	10.00	ขาว	4	เขียว	โคนเขียวปลายม่วง	เขียว	เหลือง	เหลือง
4	1405	2	BW 852	11.00	ขาว	3.5	ม่วง	เขียว	เขียว	เหลือง	เหลือง

ตารางที่ 5 (ต่อ)

BLK	PLOT	ENTRY	PEDIGREE	Eating Quality		REMARK
				Tenderness(1-5)	Favor(1-5)	
1	1101	5	MX 10	4	3	จืด ไม่เหนียว
1	1102	3	รัชตะ 1	4	4	เนื้อแป้งเหนียวนุ่ม ไม่หวาน
1	1103	1	FPC 111	4	4	เนื้อแป้งเหนียวนุ่ม หวาน Pericarpหนา
1	1104	2	BW 852	4	4	เนื้อแป้งนุ่ม Pericarp หนา
1	1105	4	LV-CM	3	3	ไม่เหนียว
2	1201	1	FPC 111	4	4	ไม่เหนียว
2	1202	4	LV-CM	4	4	Pericarpหนา
2	1203	5	MX 10	4	3	เหนียวแข็ง
2	1204	2	BW 852	3	3	ไม่เหนียว
2	1205	3	รัชตะ 1	4	3	เหนียว Pericarpหนา
3	1301	1	FPC 111	4	4	หวาน ไม่เหนียว
3	1302	5	MX 10	4	4	ไม่หวาน Pericarp หนา
3	1303	4	LV-CM	4	4	ไม่หวาน Pericarp หนา
3	1304	3	รัชตะ 1	4	3	Pericarp หนา
3	1305	2	BW 852	3	3	Pericarp หนา
4	1401	5	MX 10	3	3	Pericarp หนา
4	1402	1	FPC 111	4	4	หวาน เหนียว
4	1403	3	รัชตะ 1	4	4	ไม่หวาน ไม่หนียว
4	1404	4	LV-CM	4	4	หวาน
4	1405	2	BW 852	4.5	4.5	ไม่เหนียว

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนวันที่ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียบาน หลังจากให้น้ำครั้งแรก

Plot	พันธุ์	DAYS TO ANT.	DAYS TO SILK	20วันหลังออกดอก
1101	MX 10	49	50	70
1102	รัชตะ 1	49	50	70
1103	FPC 111	52	52	72
1104	BW 852	45	45	65
1105	LV-CM	45	46	66
1201	FPC 111	46	46	66
1202	LV-CM	47	47	67
1203	MX 10	50	50	70
1204	BW 852	46	47	67
1205	รัชตะ 1	47	50	70
1301	FPC 111	51	51	71
1302	MX 10	51	51	71
1303	LV-CM	48	48	68
1304	รัชตะ 1	46	50	70
1305	BW 852	45	45	65
1401	MX 10	47	47	67
1402	FPC 111	48	49	69
1403	รัชตะ 1	46	48	68
1404	LV-CM	47	47	67
1405	BW 852	45	45	65

ตารางที่ 7 แสดงวันที่ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียบาน หลังจากให้น้ำครั้งแรก

Plot	พันธุ์	DAYS TO ANT.	DAYS TO SILK	20วันหลังออกดอก
1101	MX 10	13/01/56	14/01/56	03/02/56
1102	รัชตะ 1	13/01/56	14/01/56	03/02/56
1103	FPC 111	16/01/56	16/01/56	05/02/56
1104	BW 852	09/01/56	09/01/56	29/01/56
1105	LV-CM	09/01/56	10/01/56	30/01/56
1201	FPC 111	10/01/56	10/01/56	30/01/56
1202	LV-CM	11/01/56	11/01/56	31/01/56
1203	MX 10	14/01/56	14/01/56	03/02/56
1204	BW 852	10/01/56	11/01/56	31/01/56
1205	รัชตะ 1	11/01/56	14/01/56	03/02/56
1301	FPC 111	15/01/56	15/01/56	04/02/56
1302	MX 10	15/01/56	15/01/56	04/02/56
1303	LV-CM	12/01/56	12/01/56	01/02/56
1304	รัชตะ 1	10/01/56	14/01/56	03/02/56
1305	BW 852	09/01/56	09/01/56	29/01/56
1401	MX 10	11/01/56	11/01/56	31/01/56
1402	FPC 111	12/01/56	13/01/56	02/02/56
1403	รัชตะ 1	10/01/56	12/01/56	01/02/56
1404	LV-CM	11/01/56	11/01/56	31/01/56
1405	BW 852	09/01/56	09/01/56	29/01/56

ตารางที่ 8 แสดงความสูงต้นและความสูงฝักที่สุ่มวัดจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

Plant and ear height												
Plot No.\ ต้นที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
1101	plant	182	160	185	160	173	176	167	177	187	185	175.20
	ear	97	54	90	71	64	77	87	88	80	102	81.00
1102	plant	191	192	183	218	182	170	179	176	174	167	183.20
	ear	72	96	88	124	69	78	99	84	57	78	84.50
1103	plant	214	205	193	108	175	204	192	206	213	206	191.60
	ear	86	97	92	84	98	105	92	102	103	87	94.60
1104	plant	172	164	179	172	175	190	180	135	157	180	170.40
	ear	73	72	77	78	88	79	80	72	76	75	77.00
1105	plant	178	168	199	228	145	183	207	190	203	205	190.60
	ear	111	105	130	121	54	84	120	96	127	128	107.60
1201	plant	185	207	202	212	204	200	220	198	200	205	203.30
	ear	83	102	99	98	94	92	106	85	102	100	96.10
1202	plant	161	172	170	222	175	210	195	173	195	235	190.80
	ear	98	96	55	108	90	105	108	90	98	115	96.30
1203	plant	163	204	174	152	183	118	180	198	195	198	176.50
	ear	60	115	80	68	70	88	67	85	90	78	80.10
1204	plant	152	147	146	163	177	174	193	175	147	188	166.20
	ear	49	54	98	85	85	70	85	90	68	82	76.60
1205	plant	162	230	160	207	192	148	192	183	192	169	183.50
	ear	76	115	78	98	70	66	98	88	77	70	83.60
1301	plant	186	150	187	175	185	193	173	194	183	188	181.40
	ear	69	60	95	76	88	81	85	87	84	90	81.50
1302	plant	177	173	186	192	196	188	188	165	177	165	180.70
	ear	66	83	90	69	88	86	80	78	87	90	81.70

ตารางที่ 8 (ต่อ)

Plant and ear height												
Plot No.\ ต้นที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
1303	plant	185	161	193	200	138	222	185	162	165	280	189.10
	ear	90	78	105	130	48	115	82	88	84	130	95.00
1304	plant	179	184	180	164	288	226	207	205	187	227	204.70
	ear	98	95	90	93	110	115	115	100	80	100	99.60
1305	plant	188	162	147	146	183	150	160	140	140	200	161.60
	ear	106	57	40	50	90	95	50	57	60	88	69.30
1401	plant	138	163	165	190	174	168	163	140	169	170	164.00
	ear	63	74	73	86	85	63	74	56	69	85	72.80
1402	plant	195	207	210	213	222	202	173	208	209	208	204.70
	ear	74	105	112	95	80	84	113	102	94	81	94.00
1403	plant	179	187	182	213	184	202	203	188	218	186	194.20
	ear	93	102	86	103	96	92	83	101	102	83	94.10
1404	plant	178	203	152	189	206	150	217	160	155	173	178.30
	ear	81	115	80	112	118	102	120	100	77	89	99.40
1405	plant	150	157	164	180	178	162	133	152	138	158	157.20
	ear	76	56	80	78	68	75	48	70	66	81	69.80

Total starch (Megazyme) for RS

Starch 100 mg

↓

Add 0.2 ml 80% ethanol, stir

↓

Add 2 ml 2 M KOH, stir 20 min in ice water (use magnetic)

↓

Add 8 ml 1.2 M sodium acetate buffer (pH 3.8), stir

↓

Add 0.1 ml α-amylase (I) + 0.1 ml amyloglucosidase (II), stir

↓

Incubate in water bath 50°C, 30-60 min

↓

Take sample 1 ml + water 9 ml

↓

Centrifuge 1,800 g, 10 min

↓

0.1 ml sample+ 3 ml GOPOD reagent (starch should be dilute 20x)

↓

Incubate 50°C, 20 min

↓

OD 510 nm

$$\text{Starch\%} = \frac{\Delta A \times F \times FV \times 0.9}{W}$$

ΔA = Absorbance reaction

$F = \frac{100\ (\mu g \text{ of D-glucose})}{\text{Absorbance for } 100\ \mu g \text{ of glucose}}$

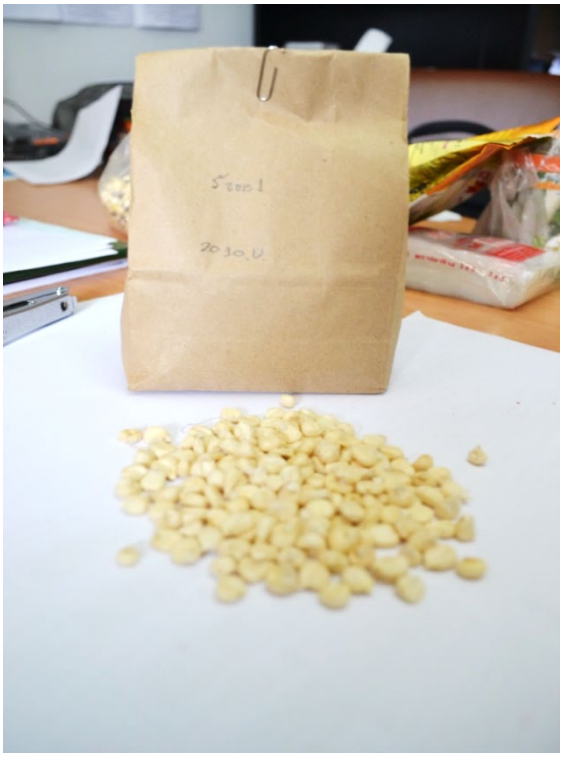
FV = Final volume (10.4 ml)

W = weight in milligrams

0.9 = Adjustment from free D-glucose to anhydro D-glucose (starch)

ภาพที่ 4 พันธุ์แฟนซีสีม่วง (Fancy Purple Color 111; FPC 111)

ภาพที่ 5 พันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852)



ภาพที่ 6 พันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1)

ภาพที่ 7 พันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM)

ภาพที่ 8 พันธุ์ MX 10

ภาพที่ 9 การคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีเพื่อป้องกันโรคและแมลง

ภาพที่ 10 อุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล

ภาพที่ 11 เครื่องชั่งอิเล็กตรอน

ภาพที่ 12 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง (Fancy Purple Color 111; FPC 111)

ภาพที่ 13 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง (Fancy Purple Color 111; FPC 111)

ภาพที่ 14 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852)

ภาพที่ 15 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852)

ภาพที่ 16 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1)

ภาพที่ 17 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1)

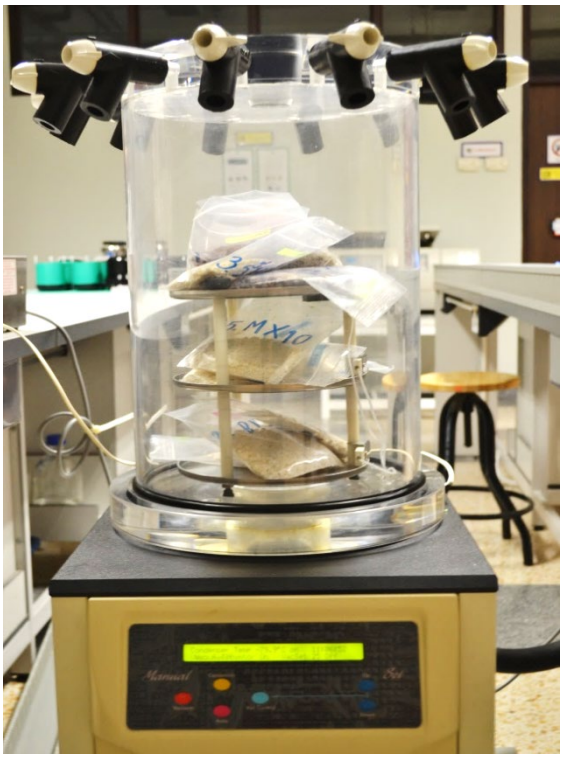
ภาพที่ 18 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM)

ภาพที่ 19 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM)

ภาพที่ 20 ผลผลิตฝักสดทั้งเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ MX 10

ภาพที่ 21 ผลผลิตฝักสดปอกเปลือก 10 ฝัก ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ MX 10

ภาพที่ 22 เครื่องทำความเย็นอุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส

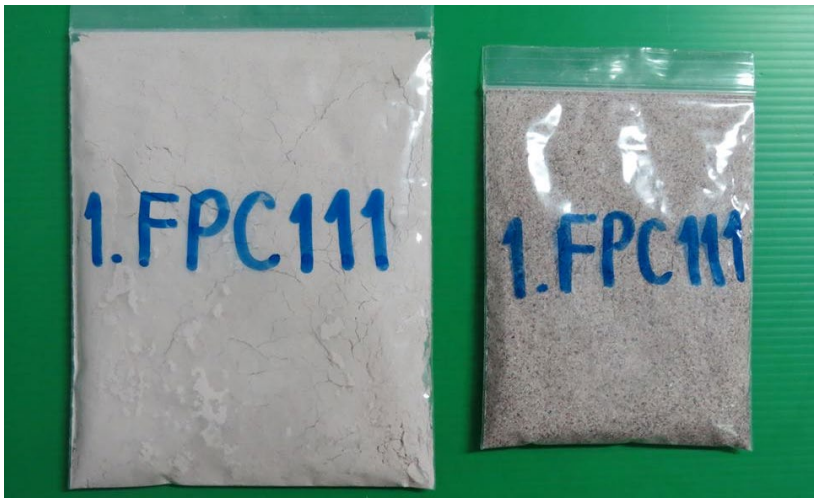


ภาพที่ 23 เครื่อง Freeze Dryer

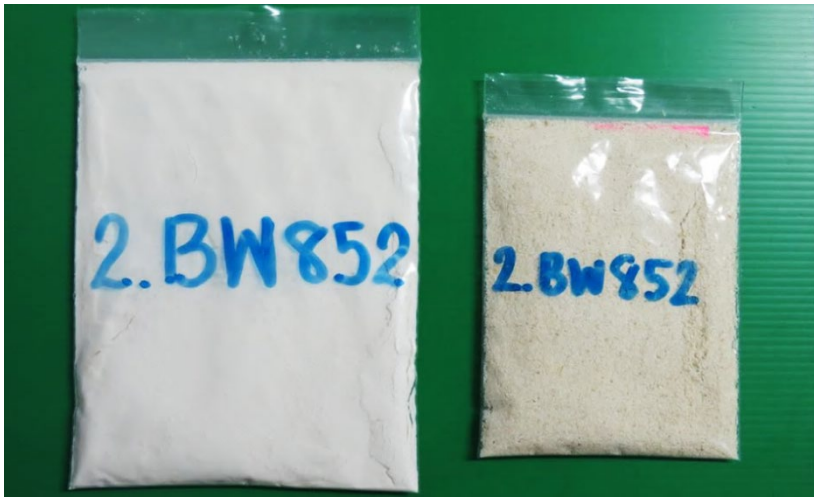
ภาพที่ 24 เครื่องปั่นอเนกประสงค์

ภาพที่ 25 การบดตัวอย่างแป้งด้วยโกร่ง

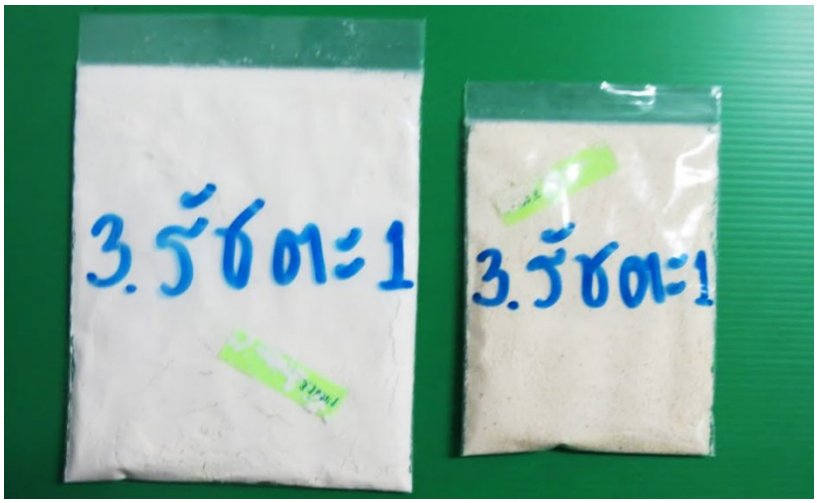
ภาพที่ 26 ตะแกรงร่อน รูตะแกรงขนาด 180 ไมครอน



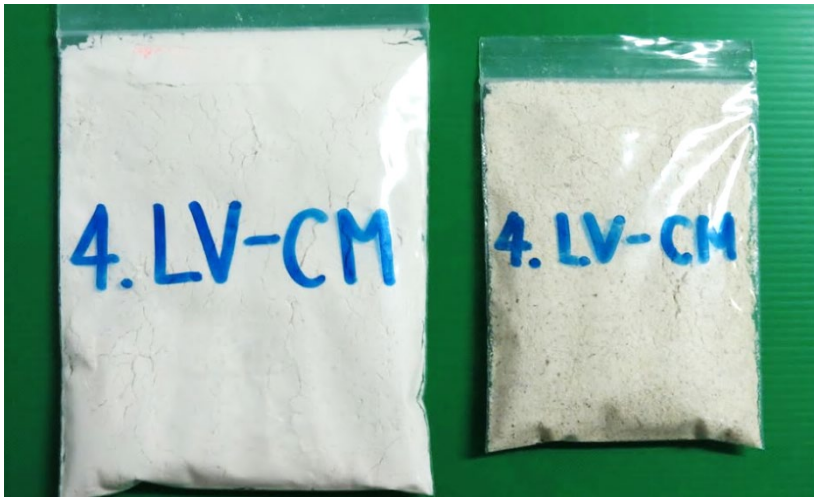
ภาพที่ 27 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีสีม่วง (Fancy Purple Color 111; FPC 111)



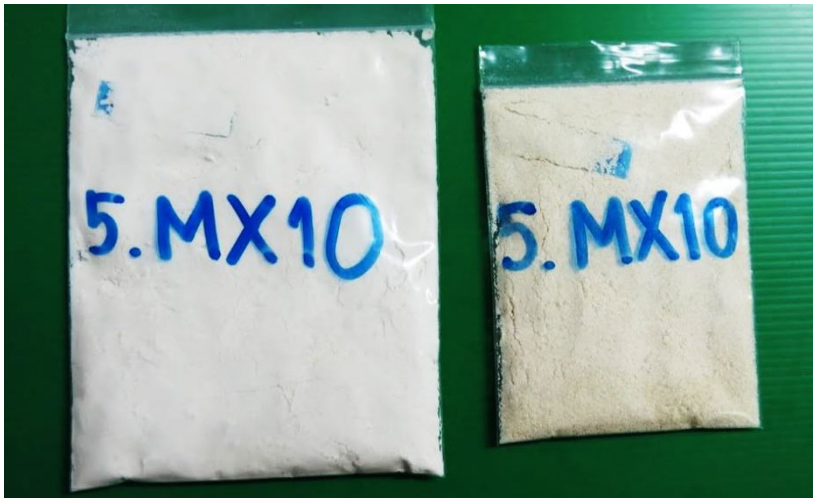
ภาพที่ 28 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์บิ๊กไวท์ 852 (Big White 852; BW 852)



ภาพที่ 29 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์รัชตะ 1 (Ratchata 1; RT1)



ภาพที่ 30 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดเชียงใหม่ (LV-CM)



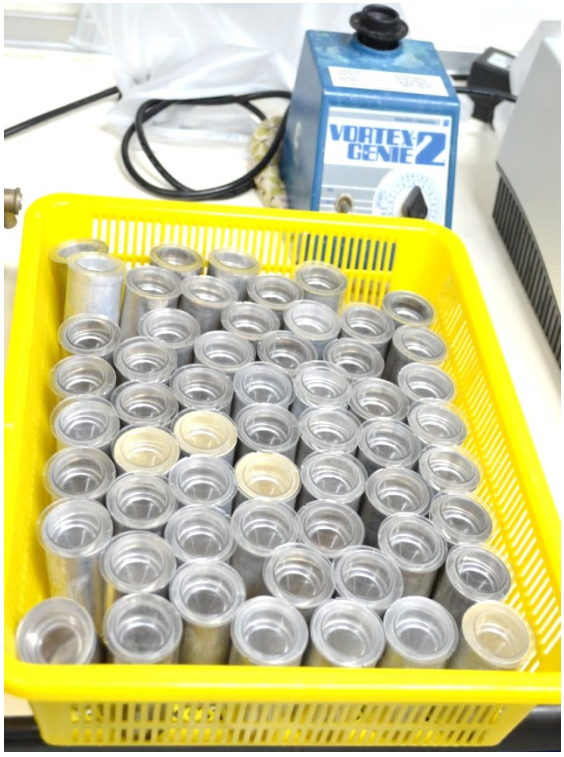
ภาพที่ 31 ตัวอย่างแป้ง (flour) ของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ MX 10

ภาพที่ 32 เครื่องหาความชื้นรุ่น MA 35

ภาพที่ 33 ชุดทดสอบของ Megazyme

ภาพที่ 34 เครื่องสเปกโตรโฟโตเมตรี

ภาพที่ 35 เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)



ภาพที่ 36 กระป๋องจำเพาะสำหรับเครื่อง RVA