

วิชาสัมมนา (1201-480)

การศึกษาการเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

Study on Enhancement of Anthocyanin content in

Purple Waxy Corn

โดย

นางสาวจินตนา กระสังข์

รหัสนักศึกษา 60120040230

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ภัทรลดา สุธรรมวงศ์

ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภาคการศึกษาที่ 2/2563

วันที่ 13 เดือน มีนาคม พ.ศ 2564

ชื่อเรื่อง	: การศึกษาการเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง : Study on enhancement of anthocyanin content in purple waxy corn
ผู้สัมมนา	: นางสาวจินตนา กระสังข์ รหัสนักศึกษา 60120040230
หลักสูตร	: วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
สาขาวิชา	: พืชไร่
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์ภัทรลดา สุธรรมวงศ์

บทคัดย่อ

ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (purple waxy corn) จัดเป็นแหล่งแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่ราคาถูก หาได้ง่าย และเป็นประโยชน์ มีคุณค่าทางอาหารต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ในการจัดทำสัมมนาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง โดยพบว่าบริเวณ ไหม มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด ปริมาณที่ 28.62 mg CGE/100g of FW รองลงมาคือ ชัง เมล็ด และเปลือกหุ้มฝัก ที่ 17.72, 7.61 และ 4.67 mg CGE/100g of FW ตามลำดับ และอายุเก็บเกี่ยวระยะฝักแห้ง (40 วันหลังผสมเกสร) มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด และพบอนุพันธ์ของแอนโทไซยานินคือ cyanidin-3-glucoside cyanidin-3-(6"-malonylglucoside) และ cyanidin-3-(3"6"-dimalonylglucoside) พบมากที่สุดที่ ส่วนไหมและเมล็ด ในการพัฒนาปรับปรุงเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดหวานสีม่วงให้มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น พบว่าการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานสีม่วงได้คู่ผสม Ag-PS8 (YSC × PWx) ที่มีการสะสมแอนโทไซยานินมากที่สุด จะเห็นได้ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงและข้าวโพดหวานสีม่วงสามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งในการตัดสินใจของผู้บริโภค เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ และเป็นทางเลือกสำหรับภาคอุตสาหกรรมสำหรับการนำขึ้นส่วนเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์

คำสำคัญ: ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง, ข้าวโพดหวานสีม่วง, ไหม, ชัง, ระยะเก็บเกี่ยว, แอนโทไซยานิน

การศึกษาการเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

บทนำ

ข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดเทียน (*Zea mays* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในประเทศไทย ในปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 240,629 ไร่ ผลผลิต 501,242 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ประมาณ 2,107 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2562) ทำรายได้ให้แก่เกษตรกร 10,000-20,000 บาทต่อไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาทต่อปี

ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงจัดเป็นอาหารสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากเมล็ดสดมีสารแอนโทไซยานินปริมาณมากและสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดสีขาวและเหลือง (Khampas et al., 2013) ซึ่งข้าวโพดในกลุ่มนี้มีแอนโทไซยานินเป็นหนึ่งในสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (jing et al., 2007) ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ และช่วยลดการเกิดโรคไม่ติดต่อที่ป้องกันได้จากสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดสีม่วงเกิดจากการสะสมสารสีแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งชนิดที่พบมากในเมล็ด คือ cyanidin-3-glucoside, pelargonidin-3-glucoside และ peonidin-3-glucoside (Yang and Zhai, 2010)

ปัจจุบันภายใต้สถานการณ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพกันมากยิ่งขึ้นโดยเลือกบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ จึงทำให้การพัฒนาปรับปรุงข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ใหม่ให้มีสีม่วงหรือสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของเมล็ด ชัง ก้านฝัก เปลือก และไหม ซึ่งเป็นแหล่งแอนโทไซยานินที่มีราคาถูกกว่าที่ได้รับจากพืชชนิดอื่น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของสัมมนานี้เพื่อรวบรวมข้อมูลหรือแนวทางจัดการที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณของแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เหมาะสม

ข้าวโพดข้าวเหนียว

ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง มีแป้ง มากกว่าเมล็ดข้าวโพดสีเหลืองและข้าวโพดสีขาวมีปริมาณ กรดอะมิโนไลซีน (Amino acid lysine) สูงกว่าข้าวโพดสีเหลืองหัวบวบมีปริมาณโปรตีนและแร่ธาตุสูง กว่าข้าวโพดหัวบวบ และมีปริมาณ flavonoids (ฟลาโวนอยด์) ชนิด anthocyanins (แอนโทไซยานิน) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ในอาหารที่มีประโยชน์ ข้าวโพดสีม่วงจึงเป็นแหล่งของสาร ต้านอนุมูลอิสระ antioxidants ที่สำคัญยิ่ง และมีศักยภาพสูงสำหรับอาหารที่มีคุณค่าทางยา (nutraceutical foods) ซึ่งและเมล็ดที่มีความเข้มข้นสีสูงมาก ซึ่งเป็นสีของ anthocyanin ที่ทนต่อ ความร้อนในการฆ่าเชื้อ เหมาะในการทำเป็นสัสมอาหารกระป๋อง สีใช้ทำไวน์แดงเครื่องดื่มกระป๋อง ส่วนเมล็ดใช้แบ่งสำหรับทำคุกกี้และซาลาเปา (ศิริพงษ์ และ คณะ, 2540)

พันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน

1.ข้าวโพดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวข้าวเก่า ให้ผลผลิตสูง มีสีม่วงดำทั้งลำต้นและเมล็ด รสชาติ กลิ่นหอม มีทั้งความมัน ความเหนียว สามารถปลูกได้ดีในทุกสภาพ ให้ผลผลิตสูง ความสูงฝัก 90-100 เซนติเมตร ความสูงต้น 170-180 เซนติเมตรสูง อายุเก็บเกี่ยว 60-65 วัน

2.ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์เหนียวทับทิม เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงทั้งฝัก มีลำต้นที่แข็งแรง โตเร็ว ฝักสีม่วงแดงเข้ม ติดฝักสม่ำเสมอ เปลือกฝักปิดถึงปลายฝัก เมล็ดเรียงแถวตรงจนถึงปลายฝัก มี สารแอนโทไซยานินสูง รสชาติเหนียวนุ่ม แม้ทิ้งไว้ค้างคืนเมล็ดก็ไม่แข็ง อายุเก็บเกี่ยว 60-65 วัน

3.ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์สวีทไวโอเล็ต เป็นข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีเมล็ด 2 สี สีม่วงและสีขาว ผสมกัน ลำต้นแข็งแรง ฝักสีเขียวและเปลือกฝักปิดถึงปลายฝัก มีเมล็ดเรียงเต็มถึงปลายฝัก ฝักใหญ่ น้ำหนักดี มีรสชาติเหนียวนุ่ม หวาน 25% ทิ้งค้างคืนไม่แข็งอายุเก็บเกี่ยว 64-68 วัน

4. ข้าวโพดข้าวเหนียว 3 สี พันธุ์แฟนตาซี 35 คือ เมล็ดมี 3 สี ขาว ม่วง และเหลือง เมล็ดเรียง เต็มฝัก ฝักมีขนาดใหญ่ เปลือกสีเขียวหุ้มถึงปลายฝัก น้ำหนักดี ติดฝักสม่ำเสมอ ต้นแข็งแรง ให้ผลผลิต ต่อไร่สูง รสชาติเหนียวนุ่ม อายุเก็บเกี่ยว 60-65 วัน

5.ข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ม่วงชูพรีม1565 เป็นข้าวโพดสีม่วง ต้นแข็งแรง ทนโรค ฝักใหญ่ เมล็ด ติดเต็มปลายฝัก มีรสชาติหวาน อายุเก็บเกี่ยว 60-65 วัน (นิรนาม ม.ม.ป.)

มาตรฐานสินค้าข้าวโพดเหนียวสีม่วง เกรด A สวย คุณภาพดีมาก กลม เรียวยาวอวบ หุ้มด้วย กาบใบ มีเส้นใยหุ้มเมล็ด ผิวสวยไม่มีตำหนิ เปลือกสีเขียว เมล็ดสีม่วงดำ เกรด B ร่อง คุณภาพดีกลม เรียวยาวอวบ หุ้มด้วยกาบใบ มีเส้นใยหุ้มเมล็ด ผิวมีตำหนิได้เล็กน้อย และเกรด R คละ ไม่มีจัดเกรด

และราคาตามตลาดกลาง ไซส์ LA (ใหญ่ สวย) 6 บาท/ฝัก ไซส์ MA (กลาง สวย) 5.5 บาท/ฝัก และ ไซส์ SA (เล็ก สวย) 5 บาท/ฝัก (ตลาดสี่มุมเมือง, ม.ป.ป.)

สารแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

สีม่วงเข้มที่พบในเมล็ดข้าวโพดนั้นคือสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคมะเร็งชนิดเนื้องอก ต่อด้านเชื้อโรค สมานแผล เพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยลดการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ลดสภาวะการเป็นโรคหัวใจ ช่วยลดความเสี่ยงของดวงตา ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและช่วยลดความแก่

แอนโทไซยานินในข้าวโพดสีม่วงมีหลายชนิด ส่วนใหญ่ที่พบคือกลุ่มสาร cyanidin-3-glucoside, peonidin-3-glucoside, pelargonidin-3-glucoside และอนุพันธ์ (Aoki et al., 2002) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงเพราะมีคุณสมบัติที่สูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่ายตามธรรมชาติ จึงมีส่วนสำคัญเกี่ยวกับการยับยั้งโรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระได้ เช่น โรคเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจอีกทั้งยังมีสรรพคุณในการช่วยลดโอกาสในการเกิดมะเร็งชนิดเนื้องอก (Wang and Stoner, 2008) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาล (Zafra et al., 2007) ลดความดันเลือดที่สูงในภาวะเบาหวาน (Ranilla et al., 2009) แอนโทไซยานิน เป็นสารแอนต็อกซิแดนทในอาหารที่มีประโยชน์ ข้าวโพดสีม่วงจึงเป็นแหล่งของสารแอนต็อกซิแดนทที่สำคัญยิ่ง มีความได้เปรียบทางคุณค่าทางอาหารและมีเสน่ห์ที่ดึงดูดของสีม่วง รวมทั้งมีรสชาติที่แตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตข้าวโพดข้าวเหนียวโดยส่วนมากจะมุ่งเน้นเพื่อให้มีผลผลิตสูง ฝักขนาดใหญ่ และรสชาติที่ดี แต่ยังขาดการปรับปรุงสารพฤกษเคมี ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผลผลิตโดยในข้าวโพดข้าวเหนียว มีเชื้อพันธุกรรมที่มีเมล็ดสีม่วงอยู่เป็นจำนวนมากทำให้การบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดเทียนสีม่วงจึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าสนใจปัจจุบันการบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียวจะบริโภคในส่วนของเมล็ดเท่านั้น แต่เนื่องจากในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเป็นข้าวโพดที่เมล็ด ชง ไหมเปลือกหุ้มฝักรวมทั้งลำต้นมีสีม่วงจึงทำให้ชิ้นส่วนดังกล่าวกลายเป็นของเหลือใช้ไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ดังนั้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์จากข้าวโพดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

สกุลกานต์ สิมลา และ อรุณทิพย์ เหมะธูลิน (2559) ประเมินแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียว 5 ชิ้นส่วน คือ ชง ไหม เปลือกหุ้มเมล็ด และลำต้น ในเชื้อพันธุกรรมจำนวน 31 พันธุ์ ร่วมกับพันธุ์ทดลอง 4 พันธุ์ ทำการเก็บตัวอย่าง คือ การเก็บตัวอย่างในชิ้นส่วนเมล็ด ทำการควบคุมการผสมเกสรในชิ้นส่วนเมล็ด เพื่อให้ได้เมล็ดตรงตามพันธุ์ เก็บข้าวโพดในระยะฝักสด (หลังผสมเกสร 20 วัน) และ

การเก็บตัวอย่างในส่วนซึ่งใหม่ เปลือกหุ้มเมล็ดฝักและลำต้น ใช้จากฝักที่ปล่อยให้ผสมตามธรรมชาติ เพื่อให้มีการพัฒนาอย่างแท้จริง เก็บในระยะฝักสด หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด โดยดัดแปลงจากวิธีของ Yang and Zhai (2010) โดยใช้ 1% 1M citric acid/80%/MeOH เป็นตัวทำละลาย และวิเคราะห์แอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธีการ pH differential method โดยปรับระดับความเจือจางของสารสกัดตัวอย่างด้วย โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.025 M (pH 1.0) และ โซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.4 M (pH 4.5) แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายที่ได้วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 350 และ 700 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินดังสมการ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/L) = $(A \times MW \times DF \times 1000) / (\epsilon \times l)$ ในหน่วยไมโครกรัมต่อกรัมตัวอย่างน้ำหนักแห้ง โดยใช้มวลโมเลกุลของ cyanidin-3-glucoside เท่ากับ 449.2 g/mol และ ϵ คือ molar absorptivity เท่ากับ 26900 L/cm/mol ตามวิธีของ Giusti และ Wrolstad (2001) พบว่า ไหม มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีปริมาณ 28.62 mg CGE/100g of FW รองลงมาคือ ชัง เมล็ด และเปลือกหุ้มฝัก ที่ 17.72, 7.61 และ 4.67 mg CGE/100g of FW ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกันกับรายงานของ Li et al. (2008) ที่ประเมินในสายพันธุ์แท้ 295 สายพันธุ์ พบว่าชิ้นส่วนเปลือกหุ้มฝักมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด ถึง 17.3-18.9% และส่วนใหญ่ (28% ของสายพันธุ์ทั้งหมด) มีปริมาณระหว่าง 9.1-11.0% ของน้ำหนักแห้งแอนโทไซยานินทั้งหมด มีปริมาณมากที่สุดในไหมของข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวกำคือ 572.10 mg CGE/100g of FW รองลงมาคือไหมของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์แฟนซีม่วง 111 ชังของข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) และชังของข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวกำ ที่ 316.94, 266.51 และ 155.05 mg CGE/100g of FW ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเก็บรวบรวมสีเมล็ดและปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg./100 g sample) ใน 5 ชั้นส่วนของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง 31 สายพันธุ์และพันธุ์ทดสอบ 4 สายพันธุ์

Pedigree	Source	Seed Color	Total Anthocyanin Content (mg./100 g sample)					Pedigree Mean
			Kernel	Cob	Silk	Husk	Stalk	
Tak-NgaiNongMakThoa	Thailand	Purple	3.01 k	2.17 k	1.34 k	1.42 k	0.75 k	1.74 e
PhuenMuangSuratthani	Thailand	Purple	3.34 k	1.38 k	0.75 k	2.42 k	0.42 k	1.66 e
MuangLeuangPissanulok	Thailand	Purple-yellow	4.51 k	0.50 k	1.50 k	0.50 k	1.50 k	1.70 e
Saroy-Champasak	Laos	Purple	0.42 k	0.67 k	0.83 k	0.42 k	1.75 k	0.82 e
SaroyMuangLuangPra Bang	Laos	Purple	2.13 k	2.25 k	2.17 k	0.75 k	0.58 k	1.58 e
Korea Dam	Korea	Purple	0.42 k	1.25 k	2.59 k	1.00 k	0.75 k	1.20 e
Xiangnouyihayumi	China	Purple	1.00 k	0.92 k	3.17 k	0.75 k	0.67 k	1.30 e
Saroy Lai LuangPra Bang	Laos	Purple-white	3.26 k	0.75 k	0.75 k	0.50 k	1.25 k	1.30 e
Korea Lai	Korea	Purple-white	1.00 k	0.33 k	1.42 k	0.42 k	1.00 k	0.83 e
GC.Tien.No14. Chiang Mai	Thailand	Purple	0.83 k	1.17 k	1.25 k	1.09k	0.50 k	0.97 e
GC.Tien.No7. Chiang Mai	Thailand	yellow-white-purple	0.63 k	1.00 k	0.25 k	1.09 k	0.50 k	0.69 e
KhowNiawDamNan(Pissanulok)	Thailand	dark purple	31.69 h	266.51c	64.12 g	2.38 k	1.17 k	73.17 e
KhowNiaw Dam Chiang Rai	Thailand	Purple	6.89 jk	1.09 k	0.83 k	0.42 k	0.92 k	2.03 e
KhowNiaw Krung Thep	Thailand	White-purple-yellow	0.67 k	0.83 k	2.42 k	0.50 k	0.75 k	1.04 e
PhuenMuangSukhothai	Thailand	Purple	7.39 jk	1.00 k	2.42 k	0.83 k	1.34 k	2.60 e
Mun Poo NakhonSawan	Thailand	Purple	1.50 k	1.88 k	0.42 k	0.69 k	0.58 k	1.02 e
GC.Kaoneo.NO.39 Changra	Thailand	Purple	0.92 k	1.92 k	1.42 k	0.83 k	0.58 k	1.14 e
GC.Kaoneotabo.Nongkai	Thailand	Purple	21.61 hi	0.58 k	2.42 k	1.67 k	2.00 k	5.67 e
GC.Krabngoo.Nakomsawan	Thailand	Purple	2.50 k	1.75 k	0.46 k	0.50 k	0.50 k	1.14 e
CP.Fancy.1	Thailand	Purple	1.67 k	3.01 k	0.50 k	0.88 k	0.83 k	1.38 e
GC.Kaoneo.No.36.Chiangrai	Thailand	Purple -white-yellow	1.42 k	0.50 k	1.25 k	1.02 k	1.09 k	1.06 e
GC.Kaoneo.No.38.Chiangrai	Thailand	Purple	1.25 k	0.75 k	2.59 k	1.09 k	0.88 k	1.31 e
GC.Kaoneo.No.41.Lampang	Thailand	yellow-white-purple	0.42 k	1.25 k	2.00 k	1.09 k	3.67 k	1.69 e
GC.Kaoneo.No.52.Tak	Thailand	Purple-white	1.09 k	0.42 k	1.50 k	0.67 k	1.00 k	0.94 e
SVK-12	Loas	Purple	0.50 k	0.67 k	1.13 k	1.92 k	2.42 k	1.33 e
SLV-1	Loas	Purple	1.00 k	0.75 k	0.50 k	9.39 jk	1.75 k	2.68 e
Tianta (Linuoyihao)	China	Purple	15.59 ij	22.04 hi	2.76k	1.84 k	2.34 k	8.98 e
KNVN2002	Taiwan	Purple	2.00 k	2.59 k	3.51 k	0.92 k	0.75 k	1.95 e
Taiwan Black	Taiwan	Purple	2.50 k	1.75 k	1.38 k	1.34 k	3.17 k	2.03 e
Black Pearl F2	China	Purple	4.59 k	1.34 k	0.75 k	0.63 k	0.67 k	1.59 e
Khow Niaw Khow Kam	KKU	Purple	106.20 f	155.05 d	572.10 a	97.94 f	6.26 jk	187.51 e
Tein Leuang Khon Kean (OP	KKU	yellow	1.00 k	1.03 k	0.25 k	0.75 k	0.42 k	0.71 e
Big White 854 (F1)	EWS	white	0.83 k	1.17 k	2.59 k	1.09 k	1.84 k	1.50 e
Violet White (F1)	EWS	White-purple	1.59 k	0.75 k	1.42 k	0.42 k	0.63 k	0.96 e
Fancy Muang 111 (F1)	PAC	dark purple	30.73 h	138.93 e	316.94 b	24.38 hi	6.93 jk	103.58 b
Part Mean			7.61 c	17.72 b	28.62 a	4.67 d	1.49 e	

^{1/}Values followed by the same letter in the table and each factor are not significantly different ($P \leq 0.05$)

ที่มา: สกฤตกานต์ สิมลา และ อรุณทิพย์ เหมะจุลิน (2559)

อายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

พรชัย หาระโคตร และคณะ (2557) ศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยวและวิธีการให้สุกต่อปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง เก็บเกี่ยวที่ระยะรับประทานฝัดสด (20 วันหลังผสมเกสร) และ ระยะฝักแห้ง (40 วันหลังผสมเกสร) สำหรับระยะรับประทานฝักสดทำการสุ่มฝักที่มีขนาดเท่ากัน 5 ฝัก ฝานแยกส่วนเมล็ดและซัง บรรจุลงในถุงแช่แข็ง หลังจากนั้นสกัดตัวอย่างด้วยเพื่อวิเคราะห์ปริมาณและอนุพันธ์ของแอนโทไซยานิน ด้วยหลักโครมาโทกราฟี คือ High performance liquid chromatography electrospray ionization-mass spectrophotometer (HPLC-ESI/MS) (Kim et al., 2012) โดยฉีดสารละลายที่สกัดได้ปริมาตร 10 ไมโครลิตรผ่าน คอลัมน์ Synergi Polar-RP 80A (4.6 x 250 มม. 4 ไมครอน) (Phenomenex, USA) ที่อุณหภูมิ 30 °C ใช้สภาวะของ HPLC เป็น gradient โดยใช้เฟสเคลื่อนที่ คือ กรดฟอร์มิก (5%) ในอะซิโตนไนไตรท์/น้ำ (1:1 v/v) (solvent A) และ อะซิโตนไนไตรท์ (solvent B) โดยการ แยกที่เวลา 0-30 min, 20-50% B: 30-35 min, 50% B: 35-40 min, 50-20% B; 40-50 min, 20% B ควบคุม อัตราการไหล 1 มล. ต่อนาที และใช้ detector เป็น mass spectrometer ion trap ร่วมกับ electrospray ionization (ESI) โดยใช้เป็น positive mode: $[M-H]^+$ และศึกษาตามแผนการทดลองแบบ complete randomized design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's multiple range test (DMRT) พบว่า ซังข้าวโพดมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าเมล็ด และปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บเกี่ยวที่ระยะรับประทานฝักสด (20 หลังผสมเกสร) และระยะฝักแห้ง(40 หลังผสมเกสร) ที่เพิ่มขึ้นของข้าวโพดข้าวเหนียว ($P < 0.05$) (ตารางที่ 2) โดยปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามอายุเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับ Hu and Xu (2011) รายงานว่าปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดขึ้นอยู่กับอายุการเก็บเกี่ยวและมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวชั้นนอก (pericarp) ของเมล็ด ข้าวโพดจากสีม่วงอ่อนไปเป็นสีม่วงเข้มหรือดำ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในซังและเมล็ด พบว่าซังข้าวโพดมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ระยะรับประทานฝักสดและระยะฝักแห้ง (2,534.1 และ 5,160.4 ไมโครกรัมสมมูล cyanidin-3-glucoside ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) สูงกว่าในเมล็ด (754.0 และ 1,259.2 ไมโครกรัมสมมูล cyanidin-3-glucoside ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ซึ่งสอดคล้องกับ Yang and Zhai 2010 รายงานว่า ซังข้าวโพดสีม่วงพันธุ์ Zihei ที่ระยะฝักแห้ง (40 วัน) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (923.0 ไมโครกรัมสมมูล cyanidin-3-glucoside ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าในเมล็ด (558.0 ไมโครกรัมสมมูล cyanidin-3-glucoside ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

พบว่า ผลของอายุการเก็บเกี่ยวต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเมล็ดและซังข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น พบว่าซังมีปริมาณแอนโทไซยานินที่ระยะฝักแห้ง ที่ 5,160.4 ไมโครกรัม

ต่อกรัมของน้ำหนักรากแห้ง) และระยะรับประทานฝักสด มีแอนโทไซยานิน 2,534.41 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักรากแห้ง) อนุพันธ์ cyaniding – 3 - glucoside เป็นแอนโทไซยานินที่พบมากที่สุดในการศึกษาและซึ่งในระยะรับประทานฝักสดและระยะฝักแห้ง ซึ่งระยะรับประทานฝักสด มีปริมาณแอนโทไซยานิน (166.0 และ 416.0 ตามลำดับ) และ ระยะฝักแห้ง (1395.0 และ 356.5 ตามลำดับ) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณแอนโทไซยานิน ที่ได้จากส่วนต่างๆ และระยะการสุกของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงลูกผสม (ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักรากแห้ง)

Peaks	M/Z (amu)	fragmentation	Edible stage Parts		Maturity stage Parts	
			kernels	cob	kernels	cob
anthocyanin ^b	[M] ⁺					
1 Cy-3-Glu	449	287	166.0±9.4c	416.0±8.2b	356.5b±20.6b	1,395.0 ±93.1a
2 Pg-3-Glu	443	271	74.3 ± 4.2d	237.5±5.4b	101.0±5.8c	365.3±24.4a
3 Pn-3-Glu	463	301	42.7± 2.5d	250.4±5.2b	183.5±9.9c	486.5±32.4a
4 Cy-MalGlu	535	449, 287	108.3±6.1c	304.9±6.7b	136.5±9.0c	590.7±39.1a
5 Pn-MalGlu	549	463, 301	37.2 ±2.1c	170.7±3.6b	41.7 ±2.7c	224.5±15.1a
6 Cy-diMalGlu	621	535,449,287	110.4±6.2d	380.8±8.1b	194.1±11.7c	869.5 ±57.7a
7 Cy-SucGlu	549	449, 287	23.6 ± 1.3c	70.0±1.4b	19.8 ±2.0c	129.0 ±8.6a
8 Pg-SucGlu	518	463, 301	45.3 ± 2.6c	134.1±2.9b	44.3 ±2.9c	193.1 ±12.7a
9 Cy-SucGlu	549	449, 287	29.2 ± 1.6d	154.1±3.5b	85.0±4.9c	291.4 ±19.3a
10 Cy-MalSucGlu	635	549,463,301	93.1 ± 5.2c	261.8 ±4.9b	67.7 ±5.9c	397.4 ±45.5a
11 Pn-SucGlu	635	463, 301	23.8 ± 1.4c	153.2 ±1.9b	28.7±1.9c	218.1 ±14.6a
total anthocyanin content (TAC)			754.0±62.8c	2,534.1±35.0b	1,259.2±76.8c	5,160.4 ±388.2a

^aValues are means + SD. ^bCy; cyanidin, Glu; glucoside, Mal; malonyl, Pg; pelargonidin, Pn;peonidin, Suc; succinyl. ¹compound with identical molecular mass within superscript. Means in the same lines with different letters are significant at P <0.05.

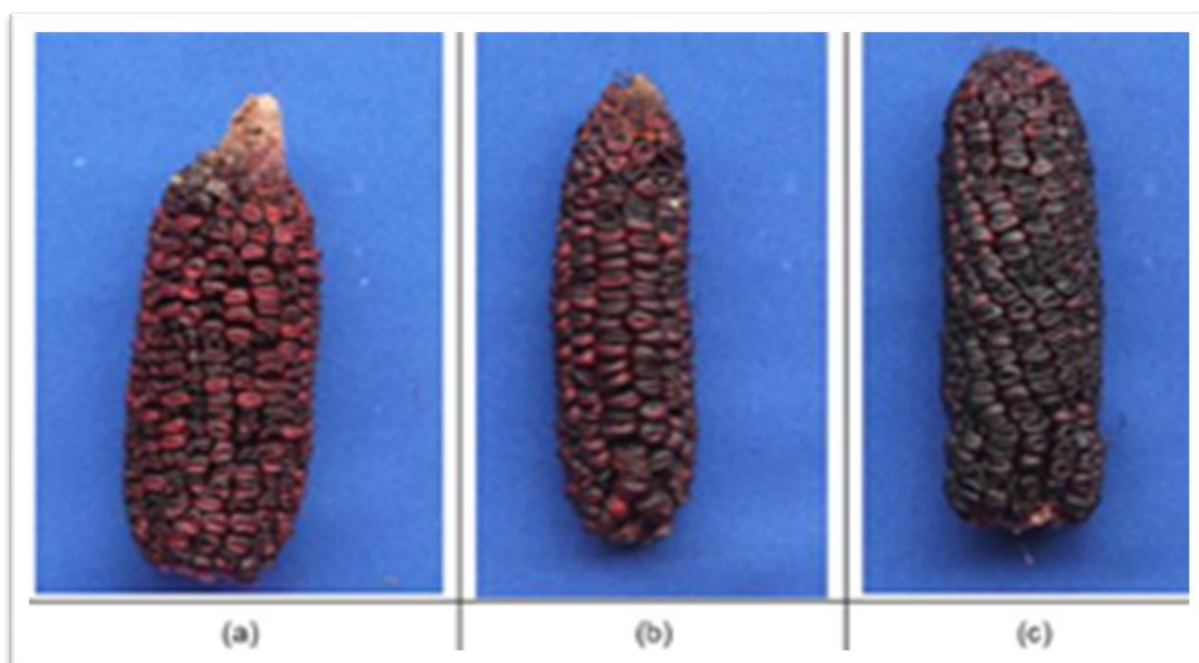
ที่มา: พรชัย หาระโคตรและคณะ (2557)

การคัดเลือกสายพันธุ์ต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวโพดสีม่วง

ชฎามาศ จิตต์เลขา และคณะ (2019) ศึกษาการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดหวานลูกผสม โดยวิธี การผสมพันธุ์ระหว่างข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (purple waxy corn) กับพันธุ์ข้าวโพดหวานสีเหลือง (yellow sweet corn) ได้ลูกผสมชั่วที่ 1(F1hybrid)แล้วปลูกข้าวโพดลูกผสมชั่วที่ 1(F1) เพื่อผสมตัวเองได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 1 (S₁) นำเมล็ดที่ได้ไปปลูกแล้วผสมตัวเองได้สายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 2 (S₂) ฝักที่เก็บเกี่ยวได้มีทั้งที่มีเมล็ดสีเหลือง สีแดง และสีม่วง เลือกเฉพาะฝักที่มีเมล็ดสีแดงและสีม่วง เมื่อเมล็ดสุกสูญเสียความชื้นจนแห้ง เมล็ดในแต่ละฝักจะประกอบไปด้วยเมล็ดปกติ(normal kernel) และเมล็ดเหี่ยวย่น (wrinkle kernel) (รูปภาพที่1) การคัดเลือกเมล็ดเหี่ยวย่นจากแต่ละฝัก ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะเมล็ดเหี่ยวย่นเท่านั้นไปปลูกและใช้การผสมพันธุ์แบบผสมตัวเองเพื่อเพิ่มระดับความคงตัวทางพันธุกรรม (homo-zygosity) จนถึงสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 5

(S₅) ถึงแม้ว่าในแต่ละชั่วของการผสมพันธุ์จะยังมีการกระจายตัวของสีเมล็ดอยู่บ้าง ดังนั้นการคัดเลือกในแต่ละชั่วได้คัดเลือกเฉพาะสายพันธุ์ที่เมล็ดมีสีม่วงเท่านั้น อย่างไรก็ตาม มีสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 3 (S₃) จำนวน 5 สายพันธุ์ที่แสดงลักษณะเมล็ดสีม่วงทั้งหมด ตั้งแต่ชั่วที่ 3 จนถึงชั่วที่ 5 ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้ได้คัดเลือกและผสมตัวเองเป็นสายพันธุ์ผสมตัวเองชั่วที่ 6 จำนวน 9 สายพันธุ์ คือ Ag-PS1, Ag-PS2, Ag-PS3, Ag-PS4, Ag-PS5, Ag-PS6, Ag-PS7, Ag-PS8 และ Ag-PS9 โดยมีรายละเอียดของคู่ผสมเริ่มต้น (Original cross) ปริมาณน้ำตาล ปริมาณสารแอนโทไซยานินและสีเมล็ด (ตารางที่ 3)

การคัดเลือกและผสมตัวเองเป็นสายพันธุ์ผสมชนิดต่างๆ ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) น้ำตาลนอนอริดิซ (non-reducing sugar) และปริมาณแอนโทไซยานินมีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3)



รูปภาพที่ 1 S₂ generation (a) red and purple of wrinkle kernels, (b) red-purple of round and wrinkle kernels, and (c) purple of round and wrinkle kernels

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและสีเมล็ดของข้าวโพดหวาน 9 สายพันธุ์

Lines	Original cross	Total sugar (mg/g)	Non reducing sugar (mg/g)	Anthocyanin (mg/100g)	Kernel color
Ag-PS1	YSC1 x PWx	353	267	345	Red
Ag-PS2	YSC2 x PWx	464	325	313	Red
Ag-PS3	YSC3 x PWx	430	339	264	Red
Ag-PS4	YSC4 x PWx	241	178	399	Red
Ag-PS5	YSC5 x PWx	223	173	390	Red
Ag-PS6	YSC6 x PWx	257	201	416	Red
Ag-PS7	YSC7 x PWx	311	259	419	Red

Ag-PS8	YSC8 x PWx	207	155	429	Red
Ag-PS9	YSC9 x PWx	307	245	402	Purple
F-test	-	**	**	**	-
LSD _(0.05)	-	36.17	37.61	64.41	-
LSD _(0.01)	-	50.74	52.27	90.3	-
CV (%)	-	5.26	8.89	10.42	-

- = not determined; * and ** significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively

ที่มา: ชฎามาศ จิตต์เลขา และคณะ (2019)

สรุป

การศึกษาการเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง โดยประเมินปริมาณแอนโทไซยานินใน 5 ชิ้นส่วนของข้าวโพดข้าวเหนียว พบว่าข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวกำเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด โดยใหม่เป็นชิ้นส่วนที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด และปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดที่ระยะรับประทานฝักแห้ง (40 วันหลังผสมเกสร) และอนุพันธ์ของแอนโทไซยานิน พบมากที่สุดที่ ส่วนไหมและเมล็ด ซึ่งคือกลุ่ม cyanidin-3-glucoside รองลงมาคือ cyanidin-3-(6"-malonylglucoside) และ cyanidin-3-(3"6"-dimalonylglucoside) ตามลำดับ

นอกจากนี้การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ส่งผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินโดยผสมพันธุ์แบบ topcross โดยใช้สายพันธุ์ Ag-PS1 ถึง Ag-PS8 เป็นพันธุ์แม่ และใช้สายพันธุ์ Ag-PS9 เป็นสายพันธุ์พ่อ พบว่าการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานสีม่วงได้คู่ผสม Ag-PS8 (YSC x PWx) มีปริมาณแอนโทไซยานิน 429 mg/100g ต่อน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีศักยภาพในการผลิตเพื่อเป็นแหล่งสารแอนโทไซยานินได้เช่นเดียวกับข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

อ้างอิง

- กมล เลิศรัตน์, พรชัย หาระโคตร, พลัง สุริหาร และ รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. 2014. ผลของอายุเก็บเกี่ยว และ วิธีการทำให้สุกต่อปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใน ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. *แก่นเกษตร*. 42. (3):337-346
- ชฎามาศ จิตต์เลขา, ชุศักดิ์ จอมพุก, & กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2020. การ ปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่ม สารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดหวานลูกผสม. *Thai Journal of Science and Technology*, 9(2), 265 – 275.
- ตลาดสี่มุมเมือง. ม.ม.ป. มาตรฐานสินค้าข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. แหล่งข้อมูล <https://www.simummuangmarket.com/product/2692>. 5 มกราคม 2564
- นิรนาม. ม.ม.ป. ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เกษตรกรนิยมปลูก. แหล่งข้อมูล: https://kasettumkin.com/agribusiness/article_17565. 14 กุมภาพันธ์ 2564
- ภราดร อุปพงษ์, กมล เลิศรัตน์ และ พลัง สุริหาร. 2017. การคัดเลือกพันธุ์แบบหมู่ประยุกต์จำนวน 4 รอบ เพื่อเพิ่มลักษณะฝักดก ในประชากรข้าวโพดเทียนสีม่วง. *แก่นเกษตร*. 45 (1): 143-152.
- ศิริพงษ์ เทศนา, อีระ ทองเผือก, ชไมพร เอกทัศน์า, วรณวิภา สุโรจนะเมธากุล และ โชคชัย เอก ทัศนาวรรณ. 2540. การใช้ประโยชน์ของข้าวโพดสีม่วง. รายงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สกุลกานต์ สิมลา และ อรุณทิพย์ เหมะธูลิน. 2016. ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดใน 5 ชั้นส่วน ของเชื้อพันธุ์กรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. *แก่นเกษตร*. 44(2):315-320.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดหวาน. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/sweet%20corn62>. 5 มกราคม 2564.
- Aoki, H., N. Kuze, and K. Yoshiaki. 2002. Anthocyanins isolated from purple corn (*Zea mays* L.). *FFI. J.* 19(9):41-45.
- Hu, Q.P., and J.G. Xu. 2011. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation *Agric. Food Chem.* 59: 2026-2033. *Chem.* 56: 11413-11416.
- Jing, P., V. Noriega, S.J. Schwartz, and M.M. Giusti. 2007. Effects of growing conditions on purple corn cob (*Zea mays* L.) anthocyanin. *Agric. Food Chem.* 55: 8625-8629.

- Khampas, S., K. Lertrat, K. Lomthaisong, and B. Suriharn. 2013. Variability in phytochemicals and antioxidant activity in corn at immaturity and physiological maturity stages. *International Food Research Journal* 20(6): 3149-3157
- Li, C. Y., H. W. Kim, S. R. Won, H. K. Min, K. J. Park, J.Y. Park, M. S. Ahn, and H. I. Rhee. 2008. Corn husk as a potential source of anthocyanins. *J. Agri. Food*
- Ranilla, L.G., E. Apostolidis and M.I. Genovese. 2009. Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. *Journal of Medical Food*. 12(4): 704-713.
- Wang, L. S., & Stoner, G. D. (2008). Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer letters*, 269(2), 281-290.
- Yang, Z., W. Zhai. 2010. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 11: 169–176
- Zafra,Stone, S., Yasmin, T., Bagchi, M., Chatterjee, A., Vinson, J. A., & Bagchi, D. (2007). Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Molecular nutrition & food research*, 51(6), 675-683.