

ปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะ รับประทานฝักสด

Anthocyanin Content in Purple Waxy Corn Germplasm Harvested at Edible Stage

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน^{1*}, สกุนกานต์ สิมลา², สุรศักดิ์ บุญแต่ง³, สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น⁴

Arunthip Hamathulin^{1*}, Sakunkan Simla², Surasak Boontang³, Sudathip Inchuen⁴

Received : 22 February 2013; Accepted : 27 May 2013

บทคัดย่อ

จากปัญหาด้านสุขภาพในปัจจุบัน ทำให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคผักและผลไม้หลากหลายสีที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่มีสีม่วง ที่มีสารแอนโทไซยานินสูง ข้าวโพดข้าวเหนียวก็เป็นอีกชนิดหนึ่งที่มีสีม่วง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียว 35 พันธุ์ ใน 4 ชั้นส่วนของฝัก คือ เมล็ด แกน ฝัก ใหม และเปลือกหุ้มฝัก ในระยะรับประทานฝักสด (อายุ 18-22 วันหลังผสมเกสร) พบว่า ในข้าวโพดกลุ่มที่เมล็ดมีสีม่วงเข้ม คือ ข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) (Khow Niaw Dam Nan (Pissanulok)) ข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำ (Khow Niaw Khow Kam) และพันธุ์ทดสอบพันธุ์แฟนซีม่วง 111 (Fancy Muang 111) เป็นกลุ่มพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด สูงสุด โดยเมล็ด แกน ฝัก ใหม และเปลือกหุ้มฝักมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดอยู่ในช่วง 30.73-106.21, 138.93-266.51, 64.12-572.10 และ 2.38-97.94 มิลลิกรัมของ cyanidine-3-glucoside ต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ: *Zea mays* L., รังควัตถุสีม่วง, พันธุ์พื้นเมือง

Abstract

Current health problem encourage changing consumption habits. Eating colorful fruits and vegetables are one of the best sources of antioxidants, especially those with purple pigments that contain high anthocyanin. Waxy corn is one of the vegetables that contain purple pigment. Hence, the present study was undertaken to examine the anthocyanin contents in four parts of corn ear (kernel, cob, silk and husk) during the edible stage (twenty-two day after pollination) in thirty-five waxy corn germplasm. The result found that the dark color groups composed of Khow Niaw Dam Nan (Pissanulok), Khow Niaw Khow Kam and Fancy Maung 111 had a high value of anthocyanin contents. The anthocyanin contents in the kernel, cob, silk, and husk ranged from 30.73-106.21, 138.93-266.51, 64.12-572.10 and 2.38-97.94 mg of cyanidine-3-glucoside equivalent per 100 g of fresh sample, respectively.

Keyword: Maize, corn, purple pigment, wild type variety

¹ นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

^{2,4} อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

³ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹ Master Degree Student, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm, Thailand 44150

^{2,4} Lecturer in Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm, Thailand 44150

³ Lecturer in Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm, Thailand 44150

* Corresponding author: Arunthip Hamathulin, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm 44150 E-mail : a.hamathulin@gmail.com

บทนำ

เชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดเทียนมีอยู่จำนวนมาก สามารถรวบรวมได้จากแหล่งต่างๆ ทั้งจากในประเทศและต่างประเทศ โดยมีทั้งพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์การค้า ซึ่งแต่ละพันธุ์มีลักษณะที่ต่างกัน เช่น จำนวนแถว รูปทรงฝัก ขนาดฝัก และสีของเมล็ด ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนมีหลายสี ตั้งแต่สีขาว ขาวนวล เหลืองนวล เหลือง เหลืองทอง ส้ม ชมพู แดง ม่วงแดง ม่วง ม่วงดำ น้ำเงิน เทา จนถึงสีดำ^{1,2,3,4} จากรายงานของศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้การสนับสนุนของสำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ทำการรวบรวมเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียน พบว่า มีเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนที่มีสีม่วงจนถึงสีดำอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งข้าวโพดในกลุ่มนี้มีแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่สำคัญ⁵

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ ซึ่งพบในส่วนที่มีสีน้ำเงิน สีม่วง สีแดง และสีส้มของผลไม้และผักจำนวนมาก⁶ แอนโทไซยานินมีความสามารถในการต้านทานสารอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซี ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็ง ช่วยเสริมสร้างให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เสริมภูมิคุ้มกันได้ดี อีกทั้งส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดงอีกด้วย⁷ จากการศึกษาของ de Pascual-Teresa and Sanchez-Ballesta พบว่า ข้าวโพดสีม่วงเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่สำคัญโดยในเมล็ด แกนฝัก และเปลือกหุ้มฝักมีปริมาณเท่ากับ 1,642 3,400 และ 18,900 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ⁸ นอกจากนี้ยังพบว่ามีแอนโทไซยานินในแกนฝักของข้าวโพดสีม่วงในปริมาณมากเช่นเดียวกัน⁹ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวโพดสีม่วงเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยแอนโทไซยานิน

จะเห็นได้ว่าข้าวโพดสีม่วงเป็นกลุ่มที่มีสารแอนโทไซยานินสูง ดังนั้นการบริโภคข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนสีม่วงจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการประเมินปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์การค้าที่มีเมล็ดมีสีม่วงจากแหล่งต่างๆ ใน 4 ชั้นส่วน คือเมล็ด แกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มฝัก เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการนำสารแอนโทไซยานินไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนให้ที่มีสารดังกล่าวสูง เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคและเกษตรกร อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทางเลือกสำหรับภาคอุตสาหกรรมในการใช้ประโยชน์จากสิ่งเหลือใช้ได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

การปลูกและดูแลรักษา ดำเนินการปลูกเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดเทียนที่เมล็ดมีสีม่วง จำนวน 31 พันธุ์ ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และพันธุ์ทดสอบ 4 พันธุ์ รวมเป็น 35 พันธุ์ โดยปลูกในสภาพแปลงทดลอง ณ แปลงทดลอง หมวดพืชผัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น (ละติจูดที่ 16.27° 6.19' องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 102.48° 46.45' องศาตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเล 166 เมตร) ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 ถึงเดือนมีนาคม 2555 ทำการปลูกและดูแลรักษาด้วยวิธีการมาตรฐานตามคำแนะนำ มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงตามความเหมาะสม และให้น้ำโดยใช้ระบบสปริงเกอร์ตลอดฤดูปลูก

การผสมเกสร เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะออกดอกเลือกต้นที่สมบูรณ์แข็งแรง มีความสม่ำเสมอและมีลักษณะตรงตามสายพันธุ์ การคลุมเกสรตัวเมียใช้ถุงคลุมเกสรตัวเมียขนาดเล็กคลุม เมื่อฝักเริ่มแทงจากข้อลำต้น โดยที่ไหมยังไม่โผล่ เตรียมดอกตัวผู้เมื่อดอกตัวเมียที่คลุมไว้มีไหมโผล่ และดอกตัวผู้ของพันธุ์ที่จะใช้ผสมเริ่มปลอญละอองเกสร เตรียมดอกตัวผู้ในตอนเย็น โดยใช้ถุงคลุมเกสรตัวผู้ การผสมเกสรทำในตอนเช้าของวันรุ่งขึ้นเวลาประมาณ 8.00-11.00 น. โดยเขย่าดอกตัวผู้ที่คลุมไว้ นำเอาละอองที่ได้มาเทรวมกันแล้วเทเกสรตัวผู้ใส่ดอกตัวเมียที่เตรียมไว้ ใช้ถุงคลุมดอกตัวเมียที่ผสมแล้วเอาไว้เพื่อป้องกันการผสมข้ามจากสายพันธุ์อื่นที่ไม่ต้องการ จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวระยะฝักสดได้หลังจากการผสมเกสรแล้วประมาณ 20 วัน

การเก็บตัวอย่าง การเก็บฝักข้าวโพดที่ระยะรับประทานฝักสด (ระยะน้ำนม หรืออายุ 18-22 วันหลังผสมเกสร) โดยการเก็บฝักข้าวโพดใส่ถุงตาข่าย ในช่วง 6.00-7.00 น. นำฝักข้าวโพดบรรจุลงในถังน้ำผสมน้ำแข็ง จากนั้นนำฝักข้าวโพดมาแยกเมล็ด แกนฝัก เปลือกหุ้มฝัก และไหมออกจากกัน จากนั้นหั่นแกนฝัก และเปลือกหุ้มฝักให้เป็นชิ้นเล็ก แล้วนำแต่ละชิ้นส่วนมาบรรจุแยกกันลงในถุงพลาสติกชนิดหนา ซิลปิดปากถุงด้วยเครื่องซีลความร้อน จากนั้นนำไปจุ่มไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส และเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะดำเนินการสกัดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

การสกัดสารละลาย เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Yang และคณะ¹¹ ซึ่งใช้สาร 1% 1M citric acid/MeOH เป็นตัวทำละลาย เก็บสารสกัดไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

การวิเคราะห์แอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธีการ pH differential method¹² ซึ่งใช้สารโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH 1.0 และโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 นำสารสกัดเจือจางไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ A_{510} และ A_{700} นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบกับ (blank) พร้อมจดบันทึกไว้ คำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่แท้จริงของตัวอย่างจากสมการ

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

จากนั้นคำนวณหาปริมาณสารแอนโทไซยานินที่มีอยู่ในตัวอย่างจากสมการ

$$\text{Monomeric anthocyanin pigment (mg/liter)} = (A \times MW \times DF \times 1000) / (\epsilon \times 1)$$

เมื่อ MW คือ มวลโมเลกุลของ cyaniding-3-glucoside (= 449.2), DF คือ Dilution factor ของตัวอย่าง และ ϵ คือ ค่า molar absorptivity (= 26900)

คำนวณหน่วยเป็น มิลลิกรัมของ cyaniding 3-glucoside equivalents ต่อตัวอย่างสด 100 กรัม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และ 4 ชั้นส่วน คือ เมล็ดแกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มฝัก และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ ทำการศึกษาในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียว และข้าวโพดเทียนที่มีสีม่วงจำนวน 31 พันธุ์ ร่วมกับพันธุ์ทดสอบ 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ที่มีเมล็ดสีเหลือง สีขาว สีขาวสลับม่วง และสีม่วงดำ ภายใต้สภาพแวดล้อมของแปลงทดลอง หนองพืชมัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 – มีนาคม 2556 ได้ผลการศึกษาดังนี้

เมล็ด (Kernel) คือ ชั้นส่วนที่มีการใช้ประโยชน์มากที่สุด ทั้งการบริโภค และการแปรรูป ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า ในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดที่ต่างพันธุ์กัน จะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำ (Khow Niaw Khow Kam) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุดที่ 106.21 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม รองลงมา คือ ข้าวโพดข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) (Khow Niaw Dam Nan (Pissanulok)) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ 31.69 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และข้าวโพดพันธุ์ GC.Kaoneotobo.Nongkai มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ 21.67 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทดสอบพบว่า ข้าวโพดพันธุ์

ข้าวเหนียวข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากกว่าพันธุ์ทดสอบทุกพันธุ์ทั้งพันธุ์ทดสอบที่มีเมล็ด สีเหลือง (เทียนเหลืองขอนแก่น) เมล็ดสีขาว (บิ๊กไวท์ 854 (Big White 854)) เมล็ดสีขาวสลับม่วง (ไวโอเล็ตไวท์ (Violet White)) และเมล็ดสีม่วง (แฟนซีม่วง 111 (Fancy Muang 111)) ส่วนข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ทดสอบที่มีสีม่วงแต่มีปริมาณมากกว่าพันธุ์ทดสอบที่มีสีเหลือง สีขาว และสีขาวสลับม่วงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

แกนฝัก (Cob) คือ ชั้นส่วนที่ใช้ในการยึดเมล็ด ซึ่งเป็นชั้นส่วนที่มีการใช้ประโยชน์น้อยมาก ส่วนใหญ่ใช้เพื่อทำเชื้อเพลิง ยังไม่มีข้อมูลการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภค แต่เนื่องจากในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสีม่วงจะมีแกนฝักที่มีสีม่วงด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในแกนฝัก โดยพบว่า ในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดที่ต่างพันธุ์กันจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในแกนฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในแกนฝักสูงที่สุดที่ 266.51 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม รองลงมา คือ แกนฝักข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ 155.05 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และแกนฝักของข้าวโพดข้าวเหนียวพันธุ์ Tianta (Linuoyihao) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ 22.04 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทดสอบพบว่าแกนฝักของข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) และพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากกว่าพันธุ์ทดสอบที่มีสีเหลือง สีขาว สีขาวสลับม่วง และสีม่วงอย่างมีนัยสำคัญ (Table 1)

ไหม (Silk) คือ ส่วนของยอดเกสรตัวเมีย ซึ่งเป็นส่วนที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ทางยา เช่น นำไหมข้าวโพดมาต้มรับประทานช่วยขับปัสสาวะ ขับน้ำดี รักษาไตอักเสบ รักษาโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินปัสสาวะ และช่วยลดกรดยูริกในร่างกาย (เจนจิรา, 2553) ในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดที่ต่างพันธุ์กันจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุดที่ 572.1 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม รองลงมาพบว่าพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ 64.12 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม โดยเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทดสอบพบว่าข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวข้าวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากกว่าพันธุ์ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ แต่ข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำน่าน (พิษณุโลก) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดน้อยกว่า

พันธุ์ทดสอบที่มีสีม่วงแต่มีปริมาณแอนโทไซยานินมากกว่าพันธุ์ทดสอบที่มีสีเหลือง ขาว และขาวสลับม่วง (Table 1)

เปลือกหุ้มฝัก (Husk) คือส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของฝัก เป็นชั้นส่วนที่ยังไม่มีรายงานการใช้ประโยชน์ในการบริโภค นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์มากกว่า แต่พบว่าในเชื้อพันธุ์กรรมของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง เปลือกหุ้มฝักมักจะมีสีม่วงเช่นเดียวกับในเมล็ด ผลจากการตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเปลือกหุ้มฝัก พบว่า เปลือกหุ้มฝักในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดที่ต่างพันธุ์กันจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเปลือกหุ้มฝักของข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวขาวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุดที่ 97.94 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม รองลงมาคือ เปลือกหุ้มฝักพันธุ์ SLV-1 และพันธุ์ข้าวเหนียวดำนาน (พิษณุโลก) ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ 9.39 และ 2.38 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ทดสอบพบว่าเปลือกหุ้มฝักของข้าวโพดข้าวเหนียวขาวก่ำมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากกว่าพันธุ์ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ โดยเปลือกหุ้มฝักของข้าวโพดพันธุ์ข้าวเหนียวดำนาน (พิษณุโลก) มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดน้อยกว่าพันธุ์ทดสอบที่มีสีม่วงอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดไม่แตกต่างจากพันธุ์ทดสอบที่มีสีเหลือง สีขาว และสีขาวสลับสี (Table 1)

จะเห็นได้ว่า ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในชั้นส่วนจากฝักข้าวโพด 4 ชั้นส่วน คือ เมล็ด แกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มฝัก มีปริมาณแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะในพันธุ์ที่มีสีม่วงเข้มจนถึงดำ คือพันธุ์ข้าวเหนียวดำนาน (พิษณุโลก) ข้าวเหนียวขาวก่ำ และแฟนซีม่วง 111 ซึ่งพบว่า ส่วนใหญ่ไหมจะเป็นชั้นส่วนที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงกว่าชั้นส่วนอื่นๆ ยกเว้นในพันธุ์ข้าวเหนียวดำนาน (พิษณุโลก) ที่ในแกนฝักมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากที่สุด

วิจารณ์ผล

ผลจากการประเมินปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง จะเห็นได้ว่า ในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่มีสีม่วงเข้ม คือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำนาน (พิษณุโลก) พันธุ์ข้าวเหนียวขาวก่ำ และพันธุ์ทดสอบพันธุ์แฟนซีม่วง 111 เป็นกลุ่มพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูง ทั้งในเมล็ด แกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มฝัก ซึ่งผลที่ได้ในลักษณะนี้พบได้เช่นเดียวกับในงานของ Zhao และคณะ^{2,14} ที่พบว่าในเมล็ดข้าวโพดที่มีสีเข้ม (สีดำ และสีม่วงเข้ม) เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงมากที่สุด คือ 304.5 มิลลิกรัมของปริมาณ cyanidin 3-glucoside ต่อ

เมล็ดแห้ง 100 กรัม โดยมีปริมาณลดลงในพันธุ์ที่มีสีอ่อนลงมา คือสีม่วงเข้ม จนถึงสีชมพู มีปริมาณตั้งแต่ 12.74-256.5 มิลลิกรัมของปริมาณ cyanidin 3-glucoside ต่อเมล็ดแห้ง 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบได้ในรายงานของ Lopez-Martinez และคณะ³ ที่รายงานเช่นเดียวกันว่าในสายพันธุ์แท้ที่มีสีเข้ม คือกลุ่มสีม่วง เป็นกลุ่มที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูง ส่วนสายพันธุ์ที่มีสีอ่อนลงมา ก็พบเช่นเดียวกันว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดน้อยลง ซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกันในงานของ Hu และ Xu⁴ และ Zilic และคณะ¹⁵ สำหรับอีก 3 ชั้นส่วน คือ ชัง ไหม และเปลือกหุ้มฝัก พบว่า มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในชั้นส่วนของชัง และเปลือกหุ้มฝักของข้าวโพดสีม่วงในปริมาณมาก คือที่ 3,400 และ 18,900 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยพบว่าในชั้นส่วนของชังและเปลือกเปิร์นส่วนที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมีแนวโน้มสูงกว่าในเมล็ด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการประเมินใน 3 ชั้นส่วนเพิ่มเติม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการประเมินในชั้นส่วนเมล็ด คือ ชั้นส่วนของชัง ไหม และเปลือกหุ้มฝักที่มีสีเข้มมากจะมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ม่วง จนถึงดำ ดังนั้นเมื่อชั้นส่วนของข้าวโพดมีสีเข้มมากขึ้น แสดงว่าชั้นส่วนนั้นมียังมีรงควัตถุกลุ่มของแอนโทไซยานินมากขึ้นตามไปด้วย จึงเป็นสาเหตุให้ในพืชฝัก และผลไม้ที่มีสีเข้ม จึงมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูง

สรุปผล

ผลจากการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง พบว่า ในกลุ่มที่เมล็ดมีสีม่วงเข้ม คือ พันธุ์ข้าวเหนียวดำนาน (พิษณุโลก) พันธุ์ข้าวเหนียวขาวก่ำ และพันธุ์ทดสอบพันธุ์แฟนซีม่วง 111 เป็นกลุ่มพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงมาก โดยในเมล็ดมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดตั้งแต่ 30.73-106.21 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม แกนฝักมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดตั้งแต่ 138.93-266.51 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม ไหมมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดตั้งแต่ 64.12-572.10 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม และเปลือกหุ้มฝักมีปริมาณตั้งแต่ 2.38-97.94 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างสด 100 กรัม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดรับประทานฝักสด ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้การดูแลของ รองศาสตราจารย์ ดร. กมล เลิศรัตน์

เอกสารอ้างอิง

1. Abdel-Aal ESM, Young CY, Rabalski I (2006) Anthocyanin composition in black, ping, purple and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4696-4704.
2. Zhao X, Corrales M, Zhang C, Hu X, Ma Y, Tauscher B. (2008) Composition and thermal stability of anthocyanins from Chinese purple corn (*Zea mays* L.). *Agricultural and Food Chemistry*, 56: 10761-10766.
3. Lopez-Martinez LX, Oliart-Ros RM, Valerio-Alfaro G, Lee CH, Parkin KI, Garcia HS (2009) Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 1187-1192.
4. Hu QP, Xu Jg (2011) Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 59: 2026-2033.
5. กมล เลิศรัตน์, พลัง สุริหาร, จิรวัดน์ สนิทชน, เพชรรัตน์ ธรรมเบญจพล (2552) รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดการเชื้อพันธุกรรมและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวและข้าวโพดหวานพิเศษ. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
6. Jing P, Noriega V, Scharz SJ, Giusti MM (2007) Effects of growing conditions on purple corn (Zea mays L.) anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 8625-8629.
7. ศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin). <http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR21.pdf>. ค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2554
8. de Pascual-Teresa S Sanchez-Ballesta MT. (2008) Anthocyanins: from plant to health. *Photochemistry Reviews*, 7: 281-299.
9. WHO (2011) Obesity and overweight. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>. Accessed 12 Nov. 2011.
10. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2554) โรคอ้วน. <http://th.wikipedia.org/wiki/โรคอ้วน> ค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2554.
11. Yang Z, Chen Z, Yuan S, Zhai W, Piao X, Piao X. (2009) Extraction and identification anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.). *International of Food Science and technology*, 4: 2485-2492.
12. Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad (2001) Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In: *Current Protocol in Food Analytical Chemistry* (R.E. Wrolstad., ed.) Jone Willy & Sons Inc., New York, pp. F1.2.1-F1.2.13.
13. เจนจิรา บุญธิมา (2553) ผลการยับยั้งของสารสกัดจากสีไหมข้าวโพดหวานต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
14. Zhao X, Zhang C, Guigas C, Ma Y, Corrales M, Tauscher B, Hu X. (2009) Composition, antimicrobial activity and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *European Food Research and Technology*. 228:759-765
15. Zilic, S., A. Serpen, G. Akillioglu, V. Gokmen and J. Vancetovic (2012) Phenolic Compounds, Anthocyanins, and Antioxidant Capacity of Colored Maize (*Zea may* L.) Kernels. *Journal of Agricultural and food chemistry*. 60: 1224-1231.

Table 1 Total anthocyanin content (milligram of cyanidine-3-glucoside equivalent per 100 gram of fresh sample) in four parts (kernel, cob, silk, and husk) of 31 purple waxy corn germplasm and four check varieties at edible stage

No.	Pedigree	Seed Color	Kernel		Cob		Silk		Husk
1	Tak-Ngai Nong Mak Thoa	purple	3.01	ghi ¹	2.17	e	1.34	d	1.42 d
2	Phuen Muang Suratthani	purple	3.34	ghi	1.38	e	0.75	d	2.42 d
3	Muang Leuang Pissanulok	purple-yellow	4.51	fgh	0.50	e	1.50	d	0.50 d
4	Saroy-Champasak	purple	0.42	i	0.67	e	0.83	d	0.42 d
5	Saroy Muang Luang Pra Bang	purple	2.13	ghi	2.25	e	2.17	d	0.75 d
6	Korea Dam	purple	0.42	i	1.25	e	2.59	d	1.00 d
7	Xiangnouyihaoyumi	purple	1.00	i	0.92	e	3.17	d	0.75 d
8	Saroy Lai Luang Pra Bang	purple-white	3.26	ghi	0.75	e	0.75	d	0.50 d
9	Korea Lai	purple-white	1.00	i	0.33	e	1.42	d	0.42 d
10	GC.Tien.No14. Chiang Mai	purple	0.84	i	1.17	e	1.25	d	1.09 d
11	GC.Tien.No7. Chiang Mai	yellow-purple-white	0.63	i	1.00	e	0.25	d	1.09 d
12	Khow Niaw Dam Nan (Pis-sanulok)	purple	31.69	b	266.51	a	64.12	c	2.38 d
13	Khow Niaw Dam Chiang Rai	purple	6.89	ef	1.09	e	0.83	d	0.42 d
14	Khow Niaw Krung Thep	white purple yellow	0.67	i	0.83	e	2.42	d	0.50 d
15	Phuen Muang Sukhothai	purple	7.39	e	1.00	e	2.42	d	0.84 d
16	Mun Poo Nakhon Sawan	purple	1.50	ghi	1.88	e	0.42	d	0.69 d
17	GC.Kaoneo.NO.39 Changrai	purple	0.92	i	1.92	e	1.42	d	0.84 d
18	GC.Kaoneotabo.Nongkai	purple	21.67	c	0.58	e	2.42	d	1.67 d
19	GC.Krabngoo.Nakornsawan	purple	2.51	ghi	1.75	e	0.46	d	0.50 d
20	CP.Fancy.1	purple white	1.67	ghi	3.01	e	0.50	d	0.88 d
21	GC.Kaoneo.No.36. Chiangrai	purple white yellow	1.42	hi	0.50	e	1.25	d	1.02 d
22	GC.Kaoneo.No.38. Chiangrai	purple	1.25	i	0.75	e	2.59	d	1.09 d
23	GC.Kaoneo.No.41. Lampang	yellow white purple	0.42	i	1.25	e	2.00	d	1.09 d
24	GC.Kaoneo.No.52. Tak	purple white	1.09	i	0.42	e	1.50	d	0.67 d
25	SVK-12	purple	0.50	i	0.67	e	1.13	d	1.92 d
26	SLV-1	purple	1.00	i	0.75	e	0.50	d	9.39 c
27	Tianta (Linuoyihao)	purple	15.95	d	22.04	d	2.76	d	1.84 d
28	KNVN2002	purple	2.00	ghi	2.59	e	3.51	d	0.92 d
29	Taiwan Black	purple	2.51	ghi	1.75	e	1.38	d	1.34 d
30	Black Pearl F2	purple	4.59	fg	1.34	e	0.75	d	0.63 d
31	Khow Niaw Khow Kam	purple	106.21	a	155.05	b	572.10	a	97.94 a
32	Tein Leuang Khon Kean	yellow	1.00	i	1.13	e	0.25	d	0.75 d
33	Big White 854	white	0.84	i	1.17	e	2.59	d	1.09 d
34	Violet White	white purple	1.59	ghi	0.75	e	1.42	d	0.42 d
35	Fancy Muang 111	purple	30.73	b	138.93	c	316.94	b	24.38 b
%CV			21.00		42.51		37.25		39.23

¹ Values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($P \leq 0.05$).