วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (4) : 619 - 626

การประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ฟักทองเพื่อพัฒนาฟักทองสายพันธุ์แท้ ที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูง

Evaluation and Selection of Pumpkin for High beta-carotene Inbred line Improvement

รัชชานนท์ ทองแผ่น[1] วรลักษณ์ ประยูรมหิศร[1] และอัญมณี อาวุชานนท์[1*]
Ratchanon Thongpan[1], Woraluk Prayoonmahisorn[1] and Anyamanee Auvuchanon[1*]

บทคัดย่อ

ฟักทอง เป็นพืชผักที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชผัดชนิดอื่น จึงทำการปรับปรุงพันธุ์เพื่อคัดเลือกฟักทองที่มีคุณภาพเนื้อที่ดีและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง โดยประเมินฟักทอง 30 สายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ (breeding lines) จำนวน 26 สายพันธุ์ สายพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์ มีการวางแผนการทดลองแบบ CRD ผลการทดลองพบว่า มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองอยู่ในช่วง 0.18-1.98 mg/100 g FW ในจำนวนนี้มีฟักทอง 14 สายพันธุ์ ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อสดสูง อยู่ระหว่าง 1.01-1.98 mg/100 g FW โดย สายพันธุ์ RT1-K/PI 100S-5S-2S-4 และ สายพันธุ์ 007-14 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อสดสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 1.98 และ 1.76 mg/100 g FW ตามลำดับ และฟักทองที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูง มีของแข็งที่ละลายน้ำได้และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงคือ RT14-F6T/S 61S-7S-4S 5/1 จากการวิเคราะห์ Principal Component Analysis ใช้ลักษณะของ L* a* b* ปริมาณเบต้าแคโรทีน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด และความแน่นเนื้อ ในการวิเคราะห์ความหลากหลาย แสดงให้เห็นว่าฟักทองที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มีความหลากหลายของลักษณะคุณภาพการบริโภคและมีศักยภาพสูงที่จะนำมาพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองลูกผสมต่อไปได้

คำสำคัญ: เนื้อฟักทอง คุณภาพ ของแข็งที่ละลายน้ำได้ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง สายพันธุ์แท้

Abstract

Pumpkin is known as the vegetable that has high beta-carotene compared with other vegetable crops. Therefore, pumpkin breeding program for good flesh quality and high beta-carotene selection was set and 30 pumpkin lines including 26 breeding line and 4 inbred lines were evaluated. The experimental design was CRD. The result showed that there was beta-carotene content from 0.18-1.98 mg/100 g FW. Fourteen lines were high beta-carotene with 1.01-1.98 mg/100 g FW. The RT1-K/PI 100S-5S-2S-4 and inbred line 007-14 were the highest beta-carotene lines with beta-carotene 1.98 and 1.76 mg/100 g FW, respectively. Another line with high beta-carotene, high total soluble solid and percentage of dry weight pumpkin was RT14-F6T/S 61S-7S-4S 5/1. Principal Component Analysis based on L * a * b *, beta-carotene, dry weight, total soluble solids, and firmness traits showed that all pumpkin lines were diverse in fruit quality traits and there was high potential for inbred line improvement.

Keywords: flesh pumpkin, quality, total soluble solid, percentage of dry weight, inbred line

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
*Corresponding author, Email: agrana@ku.ac.th

คำนำ

ฟักทอง จัดเป็นผักในตระกูลแตงที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศทางแถบทวีปอเมริกา ในปี 2559 กรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกฟักทองทั่วประเทศไทยประมาณ 49,625 ไร่ จำนวนผู้ปลูก 11,564 พื้นที่ปลูก 67 จังหวัด มีผลผลิตประมาณ 81,338 ตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดอุบลราชธานี ร้อยเอ็ด เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ราคาขายได้ต่อกิโลกรัม 11.67 บาท ฟักทอง (*Cucurbita* spp.) เป็นผักซึ่งส่วนรับประทานได้เป็นผลเนื้อมีสีเหลือง-ส้ม มีสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญที่ผู้บริโภครู้จักกันดี คือ เบต้าแคโรทีน เนื้อฟักทอง *C. maxima* ดิบ 100 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 1.4-8.4 มิลลิกรัม/100 กรัม นอกจากนี้ *C. moschata* มีแคโรทีนอยด์ 19 ชนิด ในปริมาณ 320 ไมโครกรัม/กรัม โดยมีเบต้าแคโรทีนเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 74 (Murkovic et al., 2002) ประโยชน์ของเบต้าแคโรทีนคือเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และสามารถป้องกันโรคหลอดเลือดแข็งตัวและโรคจอประสาทตาเสื่อม เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าฟักทองเป็นพืชผักที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูง สารดังกล่าวเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นรงควัตถุ สีเหลืองถึงแดง พบมากในพืชที่มีสีเหลืองหรือสีส้ม เช่น ฟักทอง แคร์รอต หัวผักกาดแดง และมะเขือเทศ (Challen, 1997)

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้นจึงเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ปิ่น โลหะวิทยากุล และคณะ (2557) ทำการศึกษาการกระจายตัวของลักษณะดังกล่าวจากประชากรรุ่น F_2 ของฟักทองพันธุ์ลูกผสมข้าวตอก-573 จำนวน 197 ต้น พบว่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในประชากรฟักทองรุ่น F_2 มีความสัมพันธ์กับค่าสี L*, a* ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง และค่าความแน่นเนื้อ ผลการศึกษาการกระจายตัวของสารเบต้าแคโรทีนในประชากร F_2 มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ เนื่องจากการคัดเลือกพันธุ์เน้นคัดลักษณะสี เนื้อเหลือง (b*) โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงปริมาณสารเบต้าแคโรทีน จึงส่งผลต่อค่าความดีเด่นของลูกผสมเหนือ ค่าเฉลี่ยพ่อและแม่ (mid-parent heterosis) ของลักษณะสีเนื้อฟักทอง L* และ b* แต่ลักษณะดังกล่าวไม่มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สูงได้ อุทิศ สุภาพ (2555) ทำการศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ว่ามีผลต่อปริมาณสารเบต้าแคโรทีน พบว่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองของไทย 14 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนอยู่ระหว่าง 0.51-0.99 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่วัดด้วยเทคนิค NIRs การวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer การวัดค่าสีด้วย colorimeter (L, a, b color space values) และการวัดสีด้วย RHS. color chart และสร้างสมการเพื่อทำนายปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทอง ปณาลี ภู่วรกุลชัย (2558) ทำการศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและคุณภาพผลผลิตของฟักทองใน 3 ฤดูกาล พบว่าในฤดูหนาวจะมีการสะสมของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด รองมาคือ ฤดูฝน และฤดูร้อน ตามลำดับ ซึ่งการสะสมของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของฟักทอง โดยจากการทดลองพบว่ามีฟักทอง 3 สายพันธุ์จาก 15 สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงสุด ได้แก่ พันธุ์ถุงทอง ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม พันธุ์ศรีษะเกษ เป็นพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ Early price เป็นพันธุ์ผสมเปิด จากการศึกษาใน 3 ฤดูกาล ฟักทองทั้ง 3 สายพันธุ์นี้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงทั้ง 3 ฤดูกาล แม้ว่าในฤดูร้อนจะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่ต่ำกว่าฤดูกาลอื่น วิภาวรรณ ท้ายเมือง และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาปริมาณธาตุอาหารและคุณภาพผลผลิตฟักทอง 13 สายพันธุ์ ประกอบด้วย ฟักทองที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ (breeding line) 8 สายพันธุ์ ฟักทองพันธุ์การค้าของไทย 3 สายพันธุ์ และฟักทองญี่ปุ่น 2 สายพันธุ์ พบว่า ฟักทองมีค่าองค์ประกอบสี (L* a* และ b*) ความแน่นเนื้อ ความหนาของเนื้อฟักทอง มีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์ และคณะ (2561) ทำการศึกษาฟักทองพันธุ์ลูกผสมทั้งหมด 16 พันธุ์ ซึ่งเป็นพันธุ์การค้า 2 พันธุ์ และพันธุ์พื้นเมืองลูกผสม 14 พันธุ์ พบว่า กลุ่มพันธุ์ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุดคือ kps-104, SM16 และ f1sri8/5// kps1 มีค่าอยู่ในช่วง 0.97-1.12 มก./100 ก. และพันธุ์ f1ktone/cm2, f1ktone/ktone(or) และ f7ktone(er)-5/3 มีค่าเฉลี่ยปริมาณเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุดคือ 0.11-0.17 มก./100 ก. และค่า a* มีความสัมพันธ์กับปริมาณเบต้าแคโรทีน ค่ามากกว่า ค่า L* และ ค่า b* ซึ่งฟักทองเป็นผักที่มีคุณประโยชน์มากมายจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค แต่ปัจจัยในการบริโภคก็มีหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นความหวาน ความมัน สีเนื้อ รวมถึงปริมาณสารเบต้าแคโรทีน จากการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถนำข้อมูลที่ทำการศึกษามาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองเพื่อเป็นสายพันธุ์แท้ให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง มีรสชาติหวาน มัน และมีสีเนื้อส้ม-แดง ซึ่งตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เพื่อสร้างลูกผสมชั่วรุ่นที่หนึ่งต่อไป

วิธีการศึกษา

พันธุ์ฟักทองที่ใช้ในการทดลอง

ฟักทองจำนวน 30 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พัฒนามาจากลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองจากจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดศรีสะเกษ เป็นสายพันธุ์แท้จำนวน 10 สายพันธุ์ คือ CM2, CHM1, PI-2014, 007-14, KAN3, KPS10R, IB99S-10, IB75/79-2, IB100S-2 และ KAN1 และพันธุ์การค้า Tung จำนวน 20 สายพันธุ์ คือ RT1- RT20 (Table 1) ปลูกในช่วงฤดูฝน ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 และเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน พ.ศ. 2560

การบันทึกข้อมูล

การวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ปลูกฟักทองสายพันธุ์ละ 10 ต้น เก็บเกี่ยวผลผลิตช่วง 4-5 สัปดาห์หลังดอกบาน

นำฟักทองจำนวน 6 ลูก/สายพันธุ์ มาวัดปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและคุณภาพผล คือ ค่าสี L* a* b* วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

การวางแผนการทดลอง

1) ทำการวัดสีของตัวอย่างเนื้อฟักทอง นำฟักทองมาวัดสีเนื้อด้วยเครื่อง color reader ซึ่งมีการแสดงค่าเป็น L* a* และ b* โดยเครื่อง color reader รุ่น CR-10 ซึ่งแสดงค่าเป็น L* a* และ b* โดย L* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (ดำ) ถึง 100 (สว่าง) a* เป็นค่าที่แสดงระดับสีเขียวเป็นบวก (+) จนถึงสีแดงเป็นลบ (-) b* เป็นค่าที่แสดงระดับสีน้ำเงินเป็นบวก (+) จนถึงสีเหลือง (-) แล้วนำค่ามาคำนวณค่า chroma และ hue angle โดย chroma (C*) เป็นดัชนีที่บอกถึงความซีดหรือความเข้มของสี คำนวณจากการใช้ค่าสีเนื้อ a* และ b* โดยสมการ (chroma (C*) = (a*2 + b*2) ½) และ hue angle (h*) เป็นค่าดัชนีที่บอกถึงระยะของสี โดยมีมุมระหว่าง 0-360 องศา ใช้สำหรับการกำหนดความแตกต่างของสีในผลไม้ที่สุกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือสีแดง โดย hue angle (h*) = arctangent (b* / a*)

2) ค่า Total Soluble Solid (TSS) นำตัวอย่างเนื้อฟักทองสับให้ละเอียด จากนั้นนำฟักทองไปคั้นน้ำ และนำน้ำคั้นไปวัดค่า TSS ด้วยเครื่อง digital handheld refractometer ทุกสายพันธุ์

3) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง นำตัวอย่างเนื้อฟักทองน้ำหนัก 50 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ นำไปอบด้วยเครื่อง hot air oven ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2-3 วัน จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งโดยใช้สมการ

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง = (น้ำหนักแห้ง (กรัม) / น้ำหนักสด (กรัม)) × 100

4) การวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน นำตัวอย่างฟักทองสับเป็นลูกเต๋า 1 กรัม ในหลอดทดลอง 1 พันธุ์ทำ 6 ซ้ำ เตรียมสารที่ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย acetone : hexane (2 : 3 v/v) จากนั้นนำสารที่เตรียมไว้ใส่ในหลอดทดลอง จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จนละเอียด ดูดส่วนน้ำสีเหลืองนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง โดยการวิเคราะห์จากค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร (nm) (Nagata and Yamashita, 1992) คำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังนี้

$$\text{Beta-carotene (mg/100 g FWD)} = 0.216\ A_{663} - 1.22\ A_{645} - 0.304\ A_{505} + 0.452\ A_{453}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลแต่ละลักษณะ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Least Significant Difference (LSD) จากนั้น นำค่าเฉลี่ยจากทุกลักษณะของ 30 สายพันธุ์ มาวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์และจัดกลุ่มด้วยวิธี Principal Component Analysis (PCA) บนพื้นฐานของ correlation matrix และ cluster analysis บนพื้นฐาน Standardized Euclidean Distance โดยใช้โปรแกรม PAST version 3.06

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ฟักทองที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาทั้ง 30 สายพันธุ์ เป็นฟักทองในกลุ่มผลเล็กจนถึงผลขนาดกลาง จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน พบว่าฟักทองสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรสูง ได้แก่ สายพันธุ์ K/PI 100S-5S-2S และ 007-14 โดยมีค่า 1.98 และ 1.76 mg/100 g FW ตามลำดับ รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์ KPI-100S5S-2S, F6T/S 61S-7S-4S 5/1 และ F5KAN1 /PI2014 100S-2S โดยมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเฉลี่ยอยู่ที่ 1.67-1.50 mg/100 g FW ส่วนสายพันธุ์ที่มี

ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำมีค่า 0.28 mg/100 g FW ได้แก่ สายพันธุ์แท้พันธุ์ CHM1 จากการศึกษาการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็นค่าความหวานในเนื้อฟักทองที่ผู้บริโภคยอมรับได้ต้องมีค่ามากกว่า 11 ºBrix ซึ่งพบว่าฟักทองสายพันธุ์ F6T/S 61S-7S-4S 5/1 และ F6T/S 59/S-10S-9S มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงสุดมีค่า 18.1 ºBrix รองลงมาคือ สายพันธุ์ที่มีค่า 17.2 ºBrix ได้แก่ F6T/S 61S-7S-4S-1S สายพันธุ์ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำต่ำกว่าค่าที่ผู้บริโภคยอมรับมีค่า 7.5 และ 8.1 ºBrix ได้แก่ F5KAN1/PI-2014 75/79-9Sx2s และ PI-2014 ตามลำดับ จากการศึกษาการวัดน้ำหนักแห้งผลพบว่า ฟักทองสายพันธุ์ F5KAN1/PI2014 100S-2S มีเปอร์เซ็นต์น้ำแห้งสูงสุดเท่ากับ 25.27% รองลงมาคือ สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเท่ากับ 20.41 ได้แก่ F6T/S 61S-7S-1S-4S สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่ำมีค่าเท่ากับ 5.0 และ 6.56 ได้แก่ สายพันธุ์ K/PI 99S-3S-3/1 และ PI-2014 ตามลำดับ ค่าสีเนื้อผลของฟักทองประกอบด้วย L* a* และ b* โดยค่า L* มีค่าอยู่ระหว่าง 69.1-47.2 ค่า a* มีค่าอยู่ระหว่าง 41.9-21.7 และค่า b* มีค่าอยู่ระหว่าง 76.3-44.3 แสดงว่าฟักทองอยู่ระหว่างช่วงสีเหลืองถึงสีเหลืองเข้ม ซึ่งสีเหลืองเป็นรงควัตถุของสารเบต้าแคโรทีน ยิ่งเนื้อฟักทองมีสีส้มมากจะยิ่งมีปริมาณสารเบต้า-แคโรทีนสูง (Table 1) ซึ่ง ปณาลี ภู่วรกุลชัย (2558) รายงานไว้ว่า ฟักทองพันธุ์การค้าของไทยมีค่าเฉลี่ยปริมาณเบต้าแคโรทีนโดยเฉลี่ยประมาณ 0.528 mg/100 g FW จะเห็นได้ว่าฟักทองสายพันธุ์ K/PI 100S-5S-2S และ 007-14 มีปริมาณเบต้า-แคโรทีนที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยฟักทองพันธุ์การค้าถึง 3 เท่า คือ มีค่า 1.98 และ 1.76 mg/100 g FW ตามลำดับ สายพันธุ์พัฒนาเหล่านี้จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตลูกผสมต่อไปได้ ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงและมีคุณสมบัติดีเด่น คือ ด้านทรงผลมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงซึ่งมีผลต่อความเหนียวมันของฟักทอง เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูง บ่งบอกถึงปริมาณแป้งในเนื้อฟักทอง คือสายพันธุ์ F6T/S 61S-7S-4S-5/1 และ F6T/S 61S-7S-1S-4S ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งระหว่าง 20.41 และ 25.27 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนเป็น 1.50 และ 1.29 mg/100g FW โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 18.10 และ 15.60 ºBrix ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความหวานที่มากกว่ามาตรฐานที่ผู้บริโภคยอมรับ

ค่า chroma ของฟักทองสายพันธุ์ที่มีเบต้าแคโรทีนสูง คือ K/PI 100S-5S-2S-4 มีค่าเฉลี่ยที่ 56.00 ส่วนฟักทองทั้ง 30 สายพันธุ์ มีค่าเฉลี่ย 74.15 มีค่าระหว่าง 56.00-83.55 อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ที่มีเบต้าแคโรทีนสูงสายพันธุ์อื่น ๆ มีค่ามากกว่า 56.00 และแสดงว่าพันธุ์ที่มีเบต้าแคโรทีนสูงมีสีเนื้อเข้มมากกว่าพันธุ์ที่มีเบต้าแคโรทีนที่น้อย และ ค่า hue angle ถ้าค่าเข้าใกล้มุม 90 องศา สีของรงควัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง หากค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีของรงควัตถุอยู่ในกลุ่มสีเขียว ฟักทองทั้ง 30 สายพันธุ์ ส่วนใหญ่มีเนื้อเป็นสีส้ม ส้มเหลือง และเหลืองส้ม มีฟักทองสายพันธุ์แท้เพียง 2 สายพันธุ์ที่มีเนื้อสีเหลือง ได้แก่ CM2 และ CHM1 โดยทั้งสองสายพันธุ์มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่ต่ำคือ 0.43 และ 0.28 mg/100 g FW ตามลำดับ ฟักทองทั้ง 30 สายพันธุ์มีค่าระหว่าง 52.97-74.05 สายพันธุ์ที่มีเบต้าแคโรทีนสูงมีสีเนื้อเป็นสีส้มและสีส้มเหลือง

เมื่อวิเคราะห์ Principal Component Analysis บนพื้นฐาน correlation matrix พบว่า PC1 แสดงความแปรปรวนของข้อมูล 41.911 เปอร์เซ็นต์ และ PC2 แสดงถึงความแปรปรวนของข้อมูลเป็น 25.093 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้ง 2 PC บอกถึงความแปรปรวนของข้อมูลคือ 67.004 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าโดย PC1 แสดงในแกน X ความแปรปรวนของลักษณะสี a* b* ค่า chroma ปริมาณเบต้าแคโรทีน และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งที่แปรผกผันกัน ส่วน PC2 ในแกน Y บ่งบอกถึงความแปรปรวนที่เกิดจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด ความแน่นเนื้อ ค่าสี L* และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง จากการวิเคราะห์ PCA พบว่า ฟักทอง K/PI 100S-5S-2S-4 ถูกแยกออกมาจากฟักทองสายพันธุ์อื่นอย่างชัดเจน เนื่องจากมีสีเนื้อสีส้ม อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ PCA ของฟักทองทั้ง 30 สายพันธุ์นี้ ฟักทองส่วนใหญ่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ เนื่องมาจากว่าฟักทองแต่ละสายพันธุ์ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีความหลากหลายเพื่อเป็นทางเลือกกับผู้บริโภค โดยเฉพาะสีเนื้อและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง ได้แก่ สายพันธุ์ K/PI 100S-5S-2S, K/PI 99S-10S-4S, KPI-100S-5S-2S-7x9, F6T/S 61S-7S-4S 5/1 และ 007-14 ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาฟักทองพันธุ์การค้าของไทยที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง คือฟักทองพันธุ์ลูกผสมพันธุ์การค้า ถุงทอง ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 1.10 mg/100 g FW เป็นพันธุ์ลูกผสม ส่วนฟักทองพันธุ์ผสมเปิดที่มีเบต้าแคโรทีนสูงกว่าสายพันธุ์อื่น แต่อยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น คือพันธุ์ K-Golden มีค่าเป็น 0.46 mg/100 g FW พบความสัมพันธ์ของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนกับค่า L, a*, b* และ h ที่ค่า r=-0.657**, r=0.477**, r=-0.347** และ r=-0.524** ตามลำดับ ซึ่งฟักทองเนื้อสีส้มมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง ส่วนฟักทองที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ คือ 007-14, F6T/S 61S-7S-1S-4S และ F6T/S 61S-7S-4S 5/1 ถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและแยกออกมาจากฟักทองทั้ง 30 สายพันธุ์ ทั้ง 4 พันธุ์มีค่าเบต้าแคโรทีนสูงและมีเนื้อสีส้ม ดังนั้น ฟักทองทั้ง 4 สายพันธุ์มีคุณสมบัติที่สามารถนำเป็นเชื้อพันธุกรรมเพื่อปรับปรุงพันธุ์ฟักทองที่ให้คุณภาพที่ดีต่อไป (Table 2, Figure1)

Table 1 Flesh color (L* a* b*), total soluble solid (TSS; %), dry weight percentage (%DW), chroma (c) and hue angle (h) of 30 pumpkin lines.

Code	Pedigree	L	a*	b*	Color	Beta	TSS	% DW	c	h
RT1	K/PI 100S-5S-2S-4	47.20	33.70	44.70	Orange	1.98	16.10	14.89	56.00	52.97
RT15	KPI-100S-5S-2S-7x9	60.60	38.90	62.30	Orange	1.67	9.90	10.18	73.42	57.99
RT19	K/PI 99S-3S-3/1	60.70	33.50	63.70	Orange	0.49	9.00	5.00	70.95	62.25
RT11	K/PI 99S-10S-4S	53.90	33.30	60.80	Orange	1.28	13.20	10.77	69.27	61.27
RT3	K/PI 18S-5S-4S-4	59.98	32.43	65.63	Y-O	0.94	13.53	14.68	71.66	70.76
RT4	K/PI 18S-5S-4S-6	68.25	32.85	66.05	Orange	0.23	16.10	12.08	73.20	63.70
RT5	F5 K/PI 2014 43/34-1S-1S	62.20	29.60	69.10	O-Y	1.17	12.20	11.57	75.18	66.80
RT16	F5K/PI2014 43/34-1S-4S/1S	60.70	25.70	70.30	Y-O	0.91	13.80	13.47	74.81	69.88
RT7	F5K/PI2014 43/34-1S-2S-1	72.38	27.00	58.58	O-Y	0.18	11.85	8.53	64.50	65.25
RT8	F5K/PI2014 43/34-1S-2S-3	59.10	32.38	60.25	O-Y	0.87	11.90	12.63	68.58	61.61
RT12	F5KAN/PI2014 43/34-1S-3S	65.40	27.20	76.30	Y-O	0.63	11.20	9.43	81.00	70.38
RT13	F6T/S-79S-4/2-8/7-2S	59.50	38.00	63.80	Orange	0.49	13.40	10.81	74.21	59.23
RT14	F6T/S 61S-7S-4S 5/1	59.60	34.70	68.40	O-Y	1.50	18.10	25.27	76.69	63.07
RT9	F6T/S 61S-7S-4S-1S	59.40	34.10	68.90	O-Y	1.15	17.20	19.89	76.89	63.70
RT10	F6T/S 61S-7S-1S-4S	59.40	29.70	68.50	Y-O	1.29	15.60	20.41	74.62	66.53
RT17	F6T/S 79S-1S-10x79S 4/2-7-2S	62.60	34.10	70.10	O-Y	0.90	14.40	15.93	77.89	64.07
RT18	F6T/S 10x74S-4/2-7-1S	56.70	36.30	63.40	O-Y	0.63	14.90	11.62	73.03	60.23
RT6	F6T/S 59/S-10S-9S	57.80	32.20	67.90	O-Y	1.01	18.10	15.56	75.16	64.60
RT20	F6T/S 79S 10x79S 4/2-5S	58.00	37.60	64.60	Orange	0.63	14.30	13.98	74.76	59.78
RT2	F6T/S 1S-1S 10S-9S-1S	60.50	23.90	70.90	Y-O	0.72	14.60	14.21	71.66	70.76
Inbred lines	**Original/pedigree**									
CM2	Chiang Mai	66.70	23.00	74.80	Yellow	0.43	9.70	9.98	78.27	72.93
CHM1	Chiang Mai	69.10	21.70	75.80	Yellow	0.28	9.60	10.01	78.81	74.05
PI2014	Unknown	60.10	41.90	64.50	Orange	0.97	8.10	6.56	76.95	56.99
007-14	BK/KT	57.90	36.80	67.20	O-Y	1.76	12.40	18.40	76.55	61.31
KAN3	Kanchanaburi	62.80	38.30	70.90	O-Y	0.89	11.20	11.54	80.52	61.64
KPS10R	Srisaket	57.00	37.40	66.40	Orange	1.19	13.30	13.72	76.16	60.59
KAN1	Kanchanaburi	63.70	36.40	75.20	O-Y	1.40	8.50	17.58	83.55	64.19
IB99S-10	KAN1/PI-2014 99S-10S	61.70	39.50	66.90	Orange	1.65	9.50	13.12	77.68	59.41
IB75/79-2	KAN1/PI-2014 75/79-9Sx2s	62.20	39.50	63.50	Orange	1.27	7.50	8.34	74.78	58.19
IB100S-2	KAN1/PI2014 100S-2S	53.60	36.40	57.10	Orange	1.58	14.90	13.04	67.73	57.44
	Mean	60.62	33.27	66.22		1.00	12.80	13.11	74.15	63.39
	CV	4.65	4.88	3.17		11.47	4.84	9.23	2.66	2.35
	LSD	3.381	1.962	2.535		0.142	0.743	1.581	2.315	1.788
	F-test	**	**	**		**	**	**	**	**

O-Y = Orange-Yellow, Y-O = Yellow-Orange, ** highly statistic significant confidence level of 99%.

Table 2 Principal component analysis of 30 lines and correlation coefficients of nine traits.

PC	Eigenvalue	% Variance	Correlation coefficient							
				a*	b*	Beta	TSS	% DW	c	h
1	3.353	41.911	L	-0.420*	0.599**	-0.657**	-0.401*	-0.262	0.181	0.599**
2	2.007	25.093	a*		-0.363*	0.477**	-0.112	0.030	0.016	-0.848**
3	1.255	15.683	b*			-0.347**	-0.208	0.132	0.428*	0.731**
4	0.586	7.325	Beta				0.099	0.452**	0.1167	-0.524**
5	0.418	5.226	TSS					0.674*	0.091	-0.018
6	0.275	3.443	% DW						0.368**	0.049
7	0.063	0.789	c							0.191
8	0.042	0.531	h							-

NS = non-significantly different, * = significantly different at P<0.05, ** = significantly different at P<0.01.

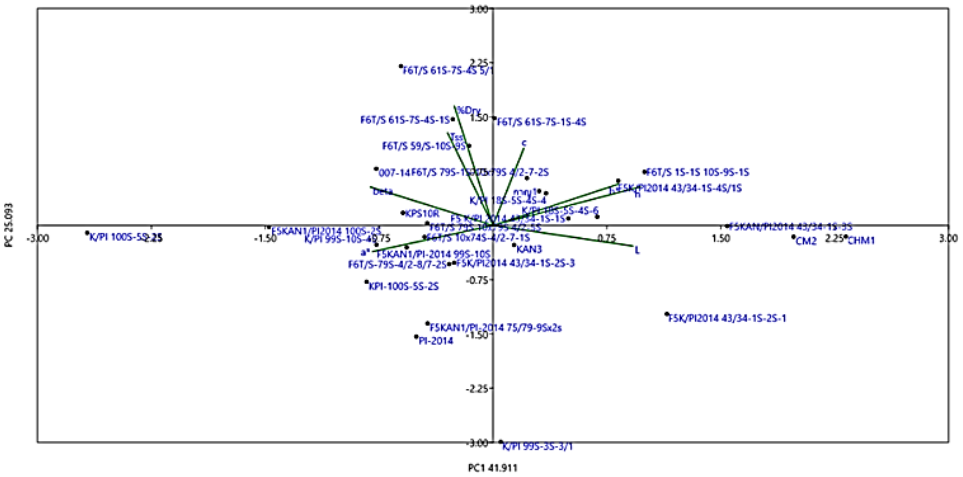

Figure 1 Principal component analysis based on correlation matrix of nine fruit quality traits.

ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลสัณฐานวิทยาที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบและคุณภาพของผลผลิตนี้จัดกลุ่มฟักทองทั้ง 30 สายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average) บนพื้นฐานของ Standardized Euclidean Distance สามารถจัดกลุ่มฟักทองได้ 4 กลุ่ม ซึ่งฟักทองถูกจัดกลุ่มตามลักษณะปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเป็นหลัก กล่าวคือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยฟักทอง 9 สายพันธุ์ ได้แก่ RT2-F6T/S 1S-1S 10S-9S-1S, RT3-K/PI18S-5S-4S-4, RT5-F5K/PI201443/34-1S-1S, RT6-F6T/S59S-10S-9S, RT9-F6T/S 61S-7S-4S-1S, RT10-F6T/S 61S-7S-1S-4S, RT14-F6T/S 61S-7S-4S-5/1, RT16-F5K/PI2014 43/34-1S-4S/1S และ RT17-F6T/S 79S-1S-10x79S 4/2-7-2S เป็นฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนปานกลางจนถึงสูง กลุ่มที่ 2 มีฟักทองถูกจัดอยู่ในกลุ่มนี้ 7 สายพันธุ์ ได้แก่ F5KAN1/PI2014 100S-2S, KPS10R, RT20-F6T/S 79S 10x79S 4/2-5S, RT18-F6T/S 10X74S-4/2-7-1S, RT13-F6T/S-79S-4/2-8/7-2S, RT11-K/PI 99-10S-4S และ RT8-F5K/PI2014 43/34-1S-2S-3 กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยฟักทอง 7 สายพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงทุกพันธุ์ ได้แก่ RT15-KPI-100S-5S-2S7x9, F5KAN1/PI-2014 75/79-9Sx2S, F5KAN1/PI-2014 99S-10S, KAN1, KAN3, 007-14 และ PI-2014 มีค่าเบต้าแคโรทีน 1.17, 11.27, 16.5, 1.40, 0.89, 1.76 และ 0.97 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ กลุ่มที่ 4 ฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำ ประกอบด้วยฟักทอง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ RT4-K/PI 18-5S-4S-6, RT7-F5K/PI2014 43-34-1S-2S-1, RT12-F5KAN1/PI2014 43/34-1S-3S, CM2 และ CHM1 เป็นฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำ ส่วนฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงที่สุด ได้แก่ RT1-K/PI 100S-5S-2S-4 และ RT19-K/PI 99S-3S-3/1 ซึ่งมีค่าเบต้าแคโรทีนปานกลางไม่ถูกจัดกลุ่ม จากการศึกษา สามารถคัดเลือกฟักทองเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองเพื่อเพิ่มปริมาณสารเบต้าแคโรทีนได้ 5 สายพันธุ์ คือ มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่า พัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ ได้แก่ RT1-K/PI 100S-5S-2S-4, RT11-K/PI 99S-10S-4S, RT14-F6T/S 61S-7S-4S 5/1, F5KAN1/PI-2014 99S-10S และ 007-14 มีค่าเบต้าแคโรทีน 1.98, 1.28, 1.50, 1.58 และ 1.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

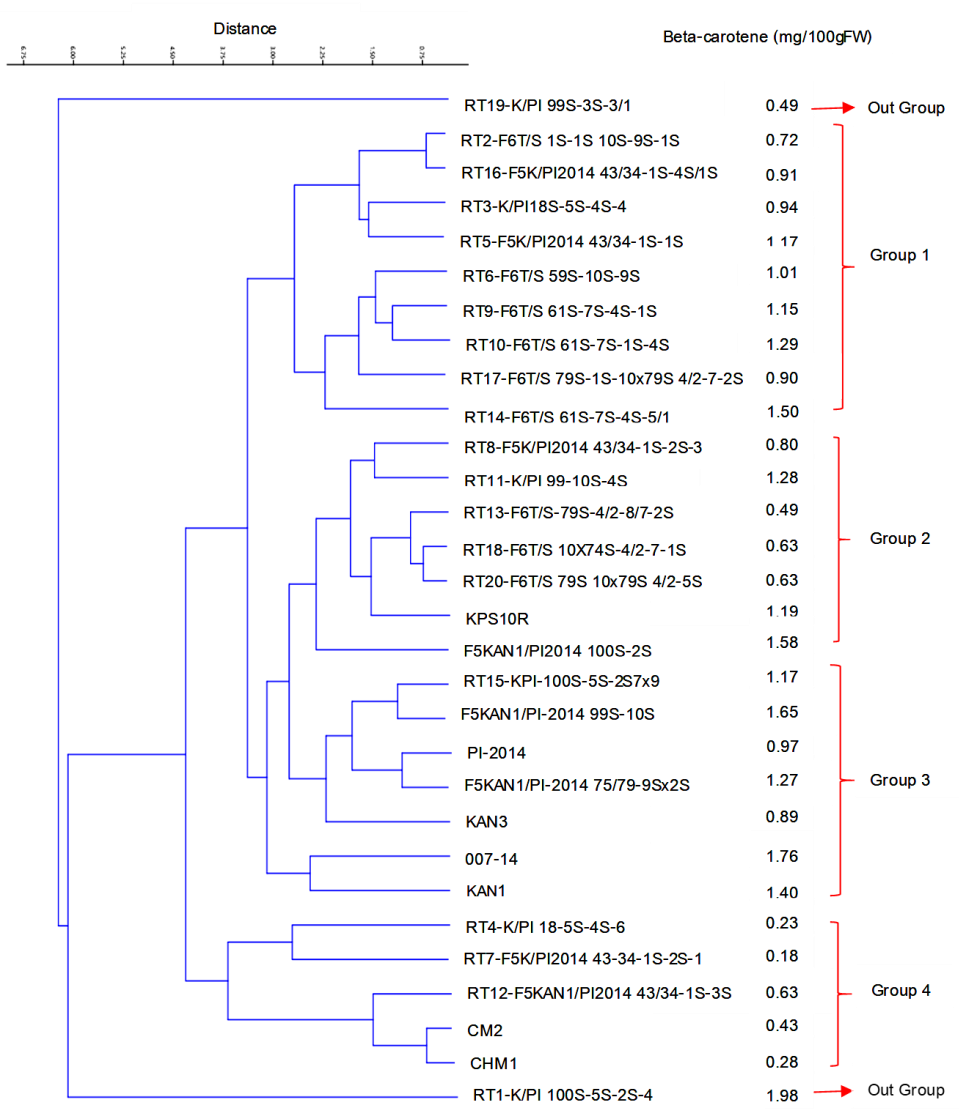

Figure 2 Cluster analysis based on Standardized Euclidean Distance and beta-carotene content.

สรุปผลการศึกษา

ฟักทองที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของฟักทองพันธุ์การค้าในประเทศไทย พัฒนาเป็นสายพันธุ์แท้ ได้แก่ RT1-K/PI 100S-5S-2S-4, RT11-K/PI 99S-10S-4S, RT14-F6T/S 61S-7S-4S 5/1, F5KAN1/PI-2014 99S-10S และ 007-14 เหมาะสำหรับการบริโภคผลสดและผลิตผงฟักทอง จากการทดลองมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงเพื่อพัฒนาเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการผลิตฟักทองเพื่อสุขภาพ และสามารถพัฒนาเพื่อเป็นสายพันธุ์ในปรับปรุงพันธุ์ฟักทองลูกผสมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิชัยพัฒนา ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. สถานการณ์การปลูกฟักทอง รายจังหวัด ปี 2559. กรมส่งเสริมการเกษตร. http://production. doae.go.th (6 สิงหาคม 2561).

วิภาวรรณ ท้ายเมือง, อรพินท์ สุรกิจ, ธรรมธวัช แสงงาม และอัญมณี อาวุชานนท์. 2561. ปริมาณธาตุอาหารและคุณภาพผลผลิตฟักทอง 14 สายพันธุ์. *แก่นเกษตร* 46 (1) (พิเศษ): 1350-1352.

ปณาลี ภู่วรกุลชัย. 2558. การศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของฟักทอง 15 สายพันธุ์ ใน 3 ฤดูกาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิ่น โลหะวิทยากุล, วชิรญา อิ่มสบาย, ปวีณา ชื่นวาริน, ปิยณัฐ์ ผกามาศ และอัญมณี อาวุชานนท์. 2557. การศึกษาวิธีการวัดปริมาณเบต้าแคโรทีนที่เหมาะสมเพื่อการคัดเลือกพันธุ์ฟักทอง. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์* 4 (1): 8-13.

หทัยรัตน์ โชคทวีพาณิชย์, ชลเทพ วาโย และอัญมณี อาวุชานนท์. 2561. การประเมินคุณภาพผลผลิตและเบต้า-แคโรทีนของฟักทองพันธุ์ลูกผสมในชุดดินโพนพิสัย. *แก่นเกษตร* 46 (1) (พิเศษ): 1381-1386.

อุทิศ สุภาพ. 2555. การใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Murkovic, M., Muellederand, U., and H. Neuteufl. 2002. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *J. Food Comp. Anal*. 15: 633-638.

Challen, J.J. 1997. Beta-carotene and other carotenoids: promises, failures and a new vision. *Ortho Molec Med*. 12: 11-19.

Nagata, M., and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Japan Soc. Food Sci. Technol* 39: 925-928.

วันรับบทความ (Received date) : 15 พ.ย. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 28 ม.ค. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 11 มิ.ย. 62