

การประเมินพันธุ์ฟักทองเพื่อการปรับปรุงพันธุ์เพิ่มปริมาณสารเบต้าแคโรทีน Evaluation of Pumpkin Cultivars for Beta-carotene Improvement

ปณาลี ภูวกรกุลชัย¹, สุมาลี หมิ่นกระโทก¹, สุวรรณี ชะเอม¹, หิรัญกุล พลรักษ์¹ และ อัญมณี อาวุชานนท์^{1*}
Panalee Pooworakulchai¹, Sumalee Minkratok¹, Suwannee Cha-em¹, Hiranyakul Phonrak¹ and Anyamanee
Auvuchanon^{1*}

Abstract

Twenty-five pumpkin cultivars (*Cucurbitamoschata*), i.e., 21 commercial cultivars (15 F₁ hybrid and 6 open pollinated cultivars), 4 landrace cultivars, were studied in 2 seasons of winter 2011 and rainy 2013. The results of beta-carotene, flesh color (L* a* b*) and total soluble solid (TSS) were significant of genetic environment interaction. Beta-carotene in winter and rainy seasons were 0.746 and 0.445 mg/100 g FW, respectively. Tung (F₁ hybrid) and Srisaket had high a* value in both seasons. The correlation coefficient of beta-carotene with a*, L* were 0.781** and -0.601**, respectively. The yellow-orange fresh colour can be used as preliminary data for high beta-carotene selection. Principal component analysis and cluster analysis can group all pumpkin cultivars into 4 groups and 5 pumpkin cultivars were selected for high beta-carotene breeding program, i.e., Tung, Srisaket, EP, BK and KPS-1 with high beta-carotene (0.969, 0.852, 0.827, 0.819 and 0.774 mg/100 g FW, respectively).

Keywords: pumpkin breeding, beta-carotene, total soluble solid

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

Dept. of Horticulture, Fac. of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom.

รับเรื่อง : เมษายน 2558

* Corresponding author: agrana@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินพันธุ์ฟักทอง (*Cucurbitamoschata*) 25 สายพันธุ์ ประกอบด้วย ลูกผสมพันธุ์การค้า 15 สายพันธุ์ พันธุ์ผสมเปิด 6 สายพันธุ์ และพันธุ์พื้นเมือง 4 สายพันธุ์ ปลูกในช่วงฤดูหนาวปี 2554 และฤดูฝนปี 2556 พบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม โดยปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเฉลี่ยจาก 2 ฤดูกาล คือ 0.746 และ 0.445 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ฟักทองพันธุ์ลูกผสม Tung และ พันธุ์พื้นเมือง Srisaket มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีน และค่าสี a^* สูงทั้ง 2 ฤดูกาล พบความสัมพันธ์ของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนกับค่าสีเนื้อ a^* และ L^* ($r = 0.781^{**}$ และ -0.601^{**} ตามลำดับ) ซึ่งลักษณะสีเนื้อเหลืองส้มสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกฟักทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สูงได้ เมื่อวิเคราะห์ Principal component analysis และ Cluster analysis จัดกลุ่มฟักทองได้ 4 กลุ่ม และคัดเลือกฟักทองได้ 5 สายพันธุ์เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อพันธุ์กรรมในการปรับปรุงพันธุ์ฟักทองให้มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงต่อไปคือ Tung Srisaket EP BK และ KPS-1 มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเฉลี่ยคือ 0.969 0.852 0.827 0.819 และ 0.774 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ

คำนำ

ฟักทอง (pumpkin) เป็นพืชผักเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทยอยู่ในตระกูล Cucurbitaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศทางแถบทวีปอเมริกาในปี 2556 กรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกฟักทองทั่วประเทศประมาณ 62,910 ไร่ มีผลผลิตประมาณ 78,684 ตัน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่จะอยู่ในจังหวัดอุบลราชธานี ร้อยเอ็ด พะเยา นครศรีธรรมราช เชียงราย และแม่ฮ่องสอน จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) ได้รายงานว่ามีปริมาณการส่งออกเมล็ดพันธุ์ฟักทองซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมถึง 43.38 ตัน คิดเป็น 95.95 ล้านบาท พืชในกลุ่มฟักทองและสควอช (*Cucurbita* L. spp) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีอยู่ 3 สปีชีส์ ชนิด *C. pepo* C. *Maxima* และ *C. moschata* (Paris, 2005) ซึ่งฟักทองส่วนใหญ่ที่บริโภคในประเทศไทยเป็นฟักทองชนิด *C. moschata* ซึ่งฟักทองกลุ่มนี้เป็น tropical pumpkin ที่เป็นแหล่งสารอาหารที่สำคัญเนื่องจากคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญของฟักทองคือ มีสารเบต้าแคโรทีนสูงทำให้ฟักทองเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับ

ผู้บริโภค Murkovic *et al.* (2001) พบว่า ฟักทองและสควอช 3 สปีชีส์ที่ปลูกในออสเตรเลีย คือ *C. pepo* C. *maxima* และ *C. moschata* มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนระหว่าง 0.06-7.4 mg/100 g. Carvalho *et al.* (2014) พบสารสำคัญในเนื้อดิบของฟักทอง *C. moschata* ประกอบด้วย total carotenoids, β -carotene, α -carotene, 13-*cis*- β -carotene, and 9-*Z*- β -carotene เป็น 236.10, 172.20, 39.95, 3.64 และ 0.8610 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ตามลำดับ Manrique and Hermann (2000) พบว่า sweet potato ที่ปลูกในละติจูดสูงมีการสะสมเบต้าแคโรทีนที่สูงไปด้วยจากรายงานของ Mou ในปี 2005 ได้ศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในผักกาดหอม 52 พันธุ์ในช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 16.2 องศาเซลเซียสและฤดูใบไม้ร่วงอุณหภูมิเฉลี่ย 15.1 องศาเซลเซียส พบว่า ในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเฉลี่ย 1904 และ 1844.5 $\mu\text{g}/100\text{g}$ ตามลำดับ ส่วน Huff *et al.* (1986) ได้ศึกษาเกรฟฟรุตพันธุ์ Redblush ใน 2 ฤดูกาล คือ ฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิของรัฐแอริโซนาตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนมิถุนายนพบว่าในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำปริมาณสารเบต้าแคโรทีน

จะเพิ่มขึ้นและเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจะลดต่ำลง ดังนั้น ปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการสะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนรวมถึงอิทธิพลต่อลักษณะคุณภาพผลผลิตพืชทองจึงเป็นที่น่าสนใจการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของพืชทองทั้ง 25 สายพันธุ์ประกอบด้วย พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์การค้าที่เป็นพันธุ์ผสมเปิดและพันธุ์ลูกผสม ใน 2 ฤดูกาลและศึกษาคุณลักษณะคุณภาพผลผลิตเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเก็บเชื้อพันธุกรรมและปรับปรุงพันธุ์พืชทองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พืชทองที่ใช้ในการศึกษา

พืชทอง 25 พันธุ์ประกอบด้วยพืชทองพันธุ์การค้า 21 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ลูกผสม 15 พันธุ์ คือ SC-TA040 Tum-342 TK-443 KT-573MK-35 Baby BKJD-2003Tum-346 CPKK-207 TT-9RC-80Tung และTNK พันธุ์ผสมเปิด 6 พันธุ์ คือ F-AOLK-GDEPNP และ LN-052 พืชทองพันธุ์พื้นเมือง 4 พันธุ์ คือ K-Tone จากจังหวัดกาญจนบุรี Srisaket จากจังหวัดศรีสะเกษ CM-1 จากจังหวัดเชียงใหม่ และ KPS-1 จากจังหวัดนครปฐมทำการเพาะเมล็ดในถาดหลุมเมื่อต้นกล้ามีอายุ 2 สัปดาห์ จึงย้ายลงแปลงปลูกที่มีการคลุมพลาสติก จำนวนพันธุ์ละ 10 ต้น ให้น้ำช่วงเช้าทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ใส่ปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) สัปดาห์ละ 1 ครั้งจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต มีการกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชเมื่อตรวจพบว่าเริ่มมีการระบาดตามความเหมาะสม

ประเมินคุณลักษณะทางคุณภาพผลผลิต

ปลูกพืชทองทั้ง 25 สายพันธุ์ใน 2 ฤดูกาลของประเทศไทยฤดูหนาวปลูกในเดือน พฤศจิกายน 2554 ถึง กุมภาพันธ์ ปี 2555 และฤดูฝนปลูกในเดือนพฤษภาคมถึง สิงหาคมปี 2556 เก็บเกี่ยวผลผลิตด้วยดัชนีการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรใช้คือ ข้าวผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ขนบริเวณข้าวผลนึ่ง หนวดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและผลขึ้นแป้งนวล นำผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาวัดลักษณะทางคุณภาพ ได้แก่ สีเนื้อ ค่าสี $L^* a^* b^*$ โดยวิธี Hunter System ด้วยเครื่อง color

reader CR-10 ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) ค่า a^* สีแดง-เขียว ค่า b^* สีเหลือง-น้ำเงิน วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid : TSS) ด้วยเครื่อง reflectometer รุ่น atago, pal-1 และสกัดสารเบต้าแคโรทีนด้วยวิธีของ Nagata and Yamashita (1992) โดยสกัดพืชทองในสารละลายที่ประกอบด้วย acetone:hexaneอัตราส่วน 4:6 จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 663 645 505 และ 453 นาโนเมตรและคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนดังสมการ

$$\text{เบต้าแคโรทีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)} \\ = 0.216A_{663} - 1.220A_{645} - 0.304A_{505} + 0.452A_{453}$$

วิเคราะห์ผลทุกลักษณะจากผลผลิต 2 ฤดูกาล ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะใน 2 ฤดูกาล จากนั้นทำการวิเคราะห์ homogeneity variance ด้วยการวิเคราะห์ค่า $F_{\max}$ ถ้าค่า $F_{\max} < 5$ จึงทำการวิเคราะห์ผลรวมและนำค่าเฉลี่ยจากทุกลักษณะของ 25 สายพันธุ์จาก 2 ฤดูกาลมาวิเคราะห์ Principal component analysis (PCA) บนพื้นฐานของ Correlation matrix และศึกษาความสัมพันธ์ของพืชทองด้วยการวิเคราะห์วิธี UPGMA (Unweighted pair group method with arithmetic average) บนพื้นฐาน Standardized Euclidean Distance ด้วยโปรแกรม PAST ver 3.06 (Hammer, 1990) ที่ <http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html>

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน และคุณลักษณะคุณภาพผลผลิตของพืชทองใน 2 ฤดูกาลคือ ฤดูหนาว 2554 และฤดูฝน 2556 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกลักษณะในแต่ละฤดูกาล พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสีเนื้อ ค่า $L^* a^* b^*$ ของสายพันธุ์พืชทองที่นำมาตรวจสอบ เมื่อทำการทดสอบ homogeneity variance ด้วยการวิเคราะห์ค่า $F_{\max}$ ของทุกลักษณะ พบว่าค่า $F_{\max} < 5$ แสดงว่า ความแปรปรวนมีความเป็น homogeneity จึงทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 1 แสดงค่าความแปรปรวนของค่าสีเนื้อ ค่า L^* a^* b^* ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณสารเบต้าแคโรทีนจาก 2 ฤดูกาล

source	df	mean square				
		betacarotene (mg/100g FW)	TSS (%)	Color		
				L^*	a^*	b^*
Seasons	1	3.805**	706.407**	14899.8**	157.711**	1830.22**
Cultivar	24	0.407**	15.246**	88.94**	212.875**	177.237**
Cultivar*Seasons	24	0.091**	14.457**	45.852**	26.27**	65.294**
Error	180	0.022	3.942	12.081	10.932	19.997
CV (%)		24.89	16.68	5.78	26.27	6.94

ผลรวมและพบปฏิกริยาร่วมระหว่างพันธุ์กับฤดูกาลต่อลักษณะดังกล่าวด้วย (ตารางที่ 1)

ค่าเฉลี่ยปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของพืชผักแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน ซึ่งในฤดูหนาว 2554 และในฤดูฝน 2556 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนอยู่ระหว่าง 0.2 – 1.1 และ 0.1-1.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสดตามลำดับ พบว่าในฤดูหนาว 2554 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่า แสดงถึงฤดูกาลมีผลต่อการสะสมของปริมาณสารเบต้าแคโรทีน เนื่องจาก Genotype-by-environment interactions (GxE) บอกถึงสภาพแวดล้อมขณะทำการปลูกพืชผักที่มีผลต่อการสะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและยังส่งผลถึงการสะสมน้ำตาลในเนื้อพืชผักด้วยการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ซึ่งของแข็งที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่คือน้ำตาลซูโครสเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลผลิต พบว่าในฤดูหนาว 2554 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 13.96 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าในฤดูฝน 2556 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 9.85 เปอร์เซ็นต์จาก

การศึกษาลักษณะของสีเนื้อ พบว่า ค่าสีเนื้อ L^* a^* b^* จากทั้ง 25 สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูกาลมีค่าเฉลี่ยของสีเนื้อ ค่า L^* ที่แตกต่างกันตามแต่ละสายพันธุ์ ในฤดูฝน 2556 มีค่าเฉลี่ยของค่าสีเนื้อ ค่า L^* ของทั้ง 25 สายพันธุ์สูง สำหรับค่าสีเนื้อ ค่า a^* และ ค่า b^* ของทั้ง 25 สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูกาลพบว่าค่าสี a^* และ b^* ขึ้นกับพันธุ์ร่วมกับสภาพแวดล้อม

เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่าสีเนื้อ ค่า L^* a^* b^* พบว่า ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าสีเนื้อ ค่า a^* ($r=0.781^{**}$) และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าสีเนื้อ ค่า L^* ($r=-0.601^{**}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าสีเนื้อ ค่า b^* และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าสีเนื้อ ค่า a^* ($r=0.490^*$) มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าสีเนื้อ ค่า L^* ($r=-0.599^{**}$) และค่าสีเนื้อ ค่า a^* มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าสีเนื้อ ค่า L^* ($r=-0.753^{**}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าสีเนื้อ ค่า L^* a^* b^* ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณสารเบต้าแคโรทีน จาก 2
ฤดูกาล (ฤดูหนาว 2554, ฤดูฝน 2556)

ตารางที่ 3 แสดงค่าสหสัมพันธ์และค่าความสามารถในการอธิบายความผันแปรของค่าสีเนื้อ ค่า L^* a^* b^* ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณสารเบต้าแคโรทีน

	Eigenvalue	% variance		PC1	PC2	Correlation coefficient			
						TSS	L^*	a^*	b^*
PC1	2.82818	56.564	beta-carotene	0.486	0.318	0.369	-0.601	0.781**	0.15
PC2	1.10958	22.192	TSS	0.418	0.069		-0.599	0.490*	0.016
PC3	0.684429	13.689	L^*	-0.533	0.193			-0.753	0.259
PC4	0.22508	4.5016	a^*	0.546	-0.018				-0.15
PC5	0.152734	3.0547	b^*	-0.076	0.926				

การสะสมปริมาณสารเบต้าแคโรทีนขึ้นอยู่กับพันธุ์ เนื่องจากพืชทองที่มีเบต้าแคโรทีนสูง ยังคงมีค่าเบต้าแคโรทีนสูงในทุกฤดูกาล อาทิ พืชทองพันธุ์ Srisaket มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฤดูหนาวและฤดูฝนเฉลี่ย 0.747 และ 0.445 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ แม้ว่าในฤดูฝนจะมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำแต่ยังคงมากกว่าพันธุ์อื่นๆ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของพันธุ์กรรมต่อปริมาณสารเบต้าแคโรทีน จากการศึกษาของ Gajc-Wolska *et al.* (2005) ที่ทำการทดสอบพืชทอง 8 พันธุ์ พบว่า ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเฉลี่ยในปี 2003 สูงกว่าปี 2004 พันธุ์ Amazonka มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าพันธุ์อื่นทั้ง 2 สภาพแวดล้อมการศึกษารั้งนี้ปริมาณเบต้าแคโรทีนเฉลี่ย 2 ฤดูกาลพบว่าในฤดูหนาวมีการสะสมของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าฤดูฝน ผลการศึกษารั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Huff *et al.* (1986) ที่พบปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในเกรฟรุทพันธุ์ Redblush จาก 2 ฤดูกาลมีการสะสมเบต้าแคโรทีนแตกต่างกันโดยในฤดูหนาวมีการสะสมของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่าในฤดูใบไม้ผลิ เมื่อศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หรือความหวานที่ผู้บริโภคยอมรับได้ในการบริโภคพืชทองต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 11 เปอร์เซ็นต์ (Loy, 2006) ซึ่งความหวานเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับความพึงพอใจของผู้บริโภค ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันโดยในฤดูหนาวมีค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าฤดูฝน พบความสัมพันธ์ของปริมาณสารเบต้าแคโรทีนกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ

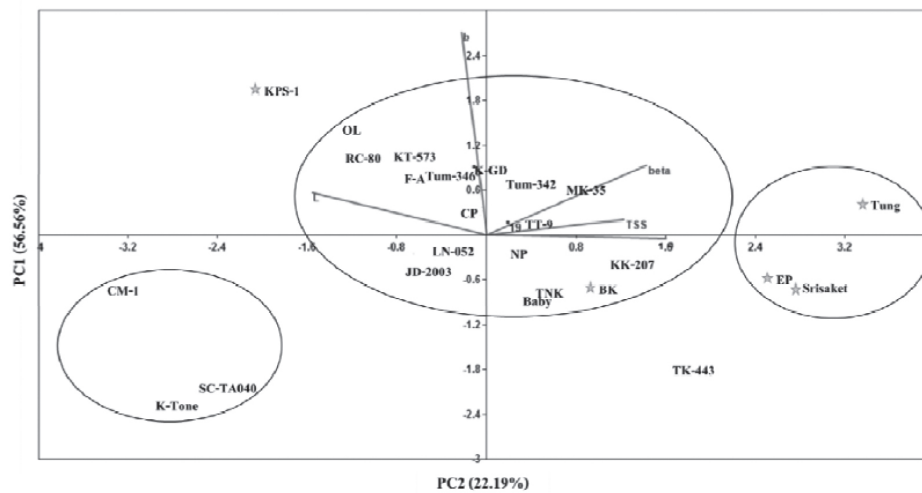
ได้และค่า a^* ซึ่ง Corrigan *et al.* (2000) กล่าวว่าพืชทองที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงมีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงเช่นกัน การศึกษารั้งนี้พืชทองพันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูง มักพบเนื้อเป็นสีส้มมากกว่าพืชทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำ และไม่พบความสัมพันธ์ของพืชทองเนื้อสีเหลืองกับปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังรายงานของ Ittle and Kabelka (2009) พบว่าพืชทองและสควอช เนื้อส้มแดงและเหลืองส้ม มีค่าเฉลี่ยของคาร์โรทีนอยด์ 21.5 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด แต่หากมีเนื้อสีเหลืองมีปริมาณคาร์โรทีนอยด์ 2.4 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสดและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนมีความสัมพันธ์กับค่า a^* ในระดับปานกลาง ($r = 0.77^{**}$) และไม่พบความสัมพันธ์กับค่า b^* ($r=0.55$) ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้หากต้องการคัดเลือกพืชทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงสามารถใช้ค่าสี a^* ของเนื้อหรือสังเกตจากสีเนื้อซึ่งมีสีส้ม-แดงเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกพืชทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงได้

การประเมินคุณลักษณะคุณภาพของพืชทอง 5 ลักษณะ พบความสัมพันธ์ลักษณะที่สนใจเมื่อนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ (Pearson correlation coefficients: r) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ Principal component analysis และพบว่า ค่า PC score ทั้ง 2 แกนสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปร (total variability) ได้ 79.44 เปอร์เซ็นต์โดยแกน PC1 สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรได้ 56.564 เปอร์เซ็นต์แกน PC2 สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรได้ 22.192

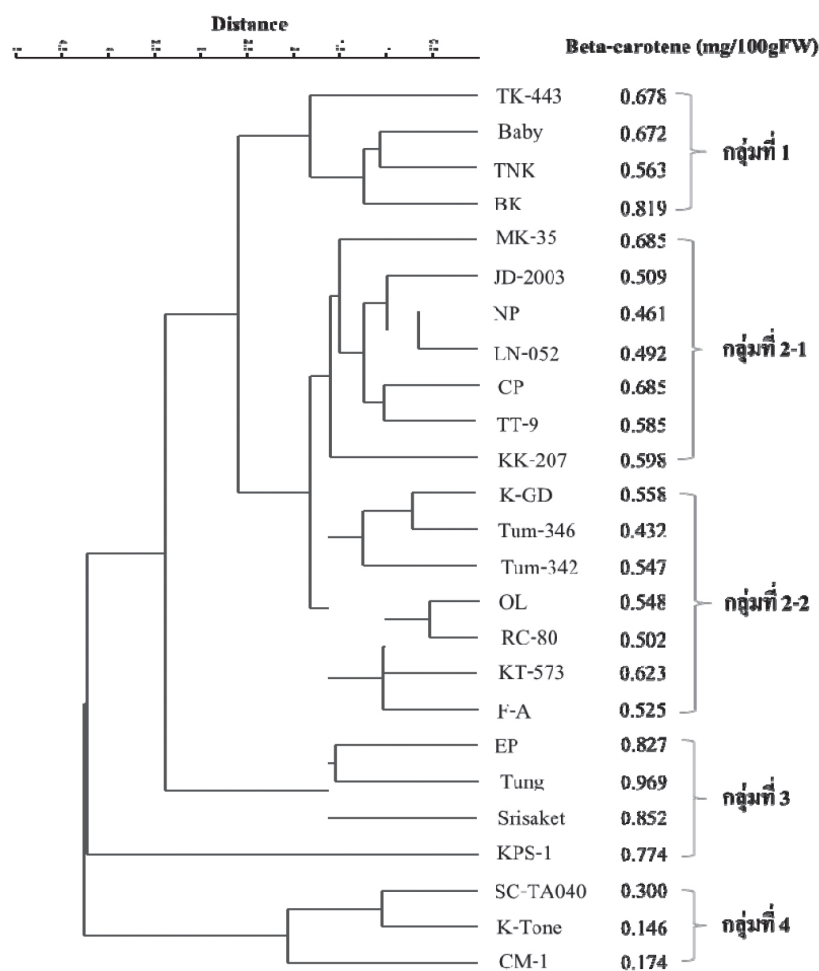
เปอร์เซ็นต์ (Table 3) โดยแกน PC1 สามารถอธิบายความผันแปรของค่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าสีเนื้อ ค่า L^* และ a^* สำหรับแกน PC2 สามารถอธิบายความผันแปรส่วนใหญ่เกิดจากค่าสีเนื้อ ค่า b^* และได้รับอิทธิพลในระดับปานกลางจากค่าปริมาณสารเบต้าแคโรทีน จึงเห็นได้ว่า ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนมีผลต่อความผันแปรส่วนใหญ่ของการศึกษารั้งนี้ โดยพืชทองที่ทำการทดสอบครั้งนี้ มีจำนวน 10 พันธุ์ที่เป็นพืชทองเนื้อสีเหลืองเข้ม คือ KPS-1 OL RC-80 KT-573 F-A Tum-346 CP Tum-342 K-GD และ TT-9 พืชทองที่มีเนื้อสีเหลืองคือ LN และ JD พืชทองที่มีสีเหลืองเข้มที่มีสีส้มปนเล็กน้อยและมีค่า L^* ต่ำ คือพันธุ์ KK-207BK TNK และ Baby พืชทองที่มีเนื้อสีส้มคือ TK-443 ส่วนพืชทองที่มีเนื้อสีส้มพันธุ์ Tung Srisaket และ EP ถูกจัดกลุ่มอยู่ด้วยกันเนื่องจากมีค่าสี a^* สารเบต้าแคโรทีนและของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง สำหรับพืชทองที่มีสีเหลืองซีดและค่าความสว่างของเนื้อสูงคือ พันธุ์ SC-TA040K-Tone และ CM-1 (ภาพที่ 1)

จึงเห็นได้ว่า พืชทองการค้าของไทยได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีเนื้อสีเหลืองและส่วนใหญ่มีเบต้าแคโรทีนในระดับปานกลางเท่านั้น อาจเนื่องมาจากการปรับปรุงพันธุ์พืชทองที่ผ่านมา ไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังการศึกษาของปิ่นและคณะ (2557) พบว่า ประชากรรุ่น F_2 ของพืชทองพันธุ์การค้ามีการกระจายตัวของลักษณะเบต้าแคโรทีนและค่าสี b^* แบบไม่ปกติซึ่งบอกถึงการคัดเลือกพืชทองในไทยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและคัดเลือกเพียงพืชทองเนื้อที่เหลืองเท่านั้นดังนั้นจึงใช้ข้อมูลฐานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบและคุณภาพของผลผลิตนี้จัดกลุ่มพืชทองทั้ง 25 พันธุ์โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี UPGMA (Unweighted pair group method with arithmetic average) บนพื้นฐานของ Standardized Euclidean Distance สามารถจัดกลุ่มพืชทองได้ 4 กลุ่ม ซึ่งพืชทองถูกจัดกลุ่มตามลักษณะปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเป็นหลักกล่าวคือ กลุ่มที่ 1

ประกอบด้วยพืชทอง 4 พันธุ์ ได้แก่ TK-443 BabyTNK และ BK เป็นพืชทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนปานกลางจนถึงสูง และมีค่าสี a^* ระหว่าง 13.79-18.05 กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มใหญ่ มีพืชทองถูกจัดอยู่ในกลุ่มนี้ 14 พันธุ์ ประกอบด้วยพืชทองที่มีค่าเบต้าแคโรทีนระดับปานกลางทุกพันธุ์ อย่างไรก็ตาม พืชทองในกลุ่มนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มย่อยคือ กลุ่ม 2-1 ประกอบด้วยพืชทอง 7 พันธุ์ ได้แก่ MK-35JD-2003NPLN-052CPTT-9และKK-207 กลุ่มที่ 2-2ประกอบด้วยพืชทอง 7 พันธุ์ ได้แก่ K-GDTum-346Tum-342 OLRC-80 KT-573และF-A กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยพืชทอง 4 พันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงทุกพันธุ์ ได้แก่ EPTungSrisaketและKPS-1มีค่าเบต้าแคโรทีน 0.827 0.969 0.852และ 0.774 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ พืชทอง EPและ Tungเป็นพืชทองเนื้อสีส้ม มีค่า a^* 22.74 และ 22.38 พันธุ์ Srisaket มีเนื้อสีส้ม มีค่า a^* 16.97 ส่วนพันธุ์ KPS-1 มีเนื้อสีเหลืองเข้มและมีค่าสีเนื้อ a^* 11.06 กลุ่มที่ 4 พืชทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำ ประกอบด้วยพืชทอง 3 พันธุ์ ได้แก่ SC-TA040K-Tone และ CM-1 เป็นพืชทองที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่ำในทุกฤดูกาล มีค่า a^* ต่ำมากคือ 4.45 5.32 และ 3.37 ตามลำดับ (ภาพที่ 2) จากการศึกษา สามารถคัดเลือกพืชทองเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชทองเพื่อเพิ่มปริมาณสารเบต้าแคโรทีนได้ 5 สายพันธุ์คือ Tung Srisaket EPKPS-1 และ BK ซึ่งพืชทอง 2 พันธุ์ที่มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงทั้ง 2 ฤดูกาลคือ ปลุกในช่วงฤดูหนาว 2554 และฤดูฝน 2556 คือพันธุ์ Tung มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนเฉลี่ย 0.874 และ 1.064 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ พันธุ์ Srisaket มีปริมาณ 0.972 และ 0.793 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับส่วนพืชทองอีก 3 พันธุ์ EP KPS-1 และ BK มีปริมาณสารเบต้าแคโรทีนสูงในช่วงฤดูหนาวเป็น 1.092 1.102 และ 1.123 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ



ภาพที่ 1 กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี Principal component analysis บนพื้นฐานของ correlation coefficient ด้วยโปรแกรม Past ver.3.06 (Hammer, 1999)



ภาพที่ 2 Dendrogram แสดงการจัดกลุ่มของพืชผักทอง บนพื้นฐาน Standardized Euclidean Distance ด้วยโปรแกรม PAST ver 3.06 (Hammer, 1990) และค่าเฉลี่ยของปริมาณสารเบต้าแคโรทีน

สรุป

จากการประเมินพันธุ์ฟักทองเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อเพิ่มปริมาณสารเบต้าแคโรทีน สามารถคัดเลือก ฟักทองได้ 5 พันธุ์ ซึ่งฟักทอง 2 พันธุ์มีสารเบต้าแคโรทีน สูงทั้ง 2 ฤดูกาล คือ Tung และ Srisaket อีก 3 พันธุ์ มี สารเบต้าแคโรทีนสูงในฤดูหนาว คือ EPKPS-1 และ BK อีกทั้งสีเนื้อส้ม-แดง สามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณสาร เบต้าแคโรทีนในเนื้อฟักทองสูง ดังนั้นจึงสามารถใช้ ลักษณะดังกล่าวเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคัดเลือกฟักทอง ที่มีสารเบต้าแคโรทีนสูงเพื่อการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่ม ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และภาควิชาพืชสวน คณะ เกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Carvalho, L.M., L. Smiderle, J. Carvalho, F. Cardoso and M. Koblitiz. 2014. Assessment of carotenoids in pumpkins after different home cooking conditions. Food Sci. Technol, Campinas, 34(2): 365-370.
- Corrigan, V., D.E. Irving, and F.J. Potter. 2000. Sugars and sweetness in buttercup squash. Food Quality Pref, 11: 313-322.
- Gajc-Wolska, J., M. Gajewski, J. Radzanowska, K. Niemirowicz-Szczytt and A. Korzeniewska. 2005. The fruit quality of chosen hybrids and cultivars of pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.). Veg. Crops Res. Bull, 63: 34-43.
- Hammer, O. 1990. Available Source: <http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html> (April 21, 2015)
- Huff, A., E.A. Mielke and G. Fuller. 1986. Re-accumulation of lycopene in late season, re-greening 'redblush' grapefruit (*Citrus paradise* Macf.). Sci. Hort., 29: 359-362.
- Itle, R.A. and E.A. Kabelka. 2009. Correlation Between L*a*b* Color Space Values and Carotenoid Content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). Hort science 44(3): 633-637.
- Loy, J.B. 2006. Harvest period and storage affect biomass partitioning and attributed of eating quality in acorn squash (*Cucurbita pepo*). Universal Press, Raleigh, North Carolina. 568-557.
- Manrique, K. and M. Hermann. 2000. Effect of GxE interaction on root yield and betacarotene content of selected sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) varieties and breeding clones. CIP Program Report 1999 – 2000: 281-287.
- Mou, B. 2005. Genetic variation of beta-carotene and lutein contents in lettuce. Hort. Sci. 130(6): 870-876.
- Murkovic, M., U. Muller and H. Neunteufl. 2001. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. Sci. Direct. 15(6): 633-638.
- Nagata, M., and I. Yamashita. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. J. Japan. Soc. Food. Sci. Tech. 39: 925-928.
- Office of Agricultural Economics. 2013. Available Source: <http://natres> <http://www.oae.go.th/main.php?filename=index> (25 April, 2014). (in Thai)

Paris, H.S. 2005. The genes of pumpkin and squash.
Hort. Sci. 40(6): 1620-1630.

Pin Lohawithayakun, Panalee Pooworkulchai,
Worapol Lakul, Woraluk Prayoonmahisornand
Anyamanee Auvuchanon. 2014. The study of
beta-carotene quantitative trait segregation in
the F₂ population of pumpkin Khao Tok-573
Hybrid. KhonKaenAgr. J.42 SUPPL. 3: 858-
863. (in Thai)