Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 151-154 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 151-154 (2559)

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชและการสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษากับสีเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี

Plant Nutrients and Water Loss after Storage in Relation to Pulp Color of 'Thong Dee' Pummelo

ปริฉัตร์ บัวบาน[1,2] และ เกียรติสุดา เหลืองวิลัย[1,2]

Parichat Buaban[1,2] and Kietsuda Luengwilai[1,2]

Abstract

The pulp of pummelo harvested in the cool season has less red color than that harvested in the rainy and hot seasons. Base on literature review, some preharvest fertilizer applications and water loss after storage increase sugar concentration. Since sugar is a precursor of pigments. Therefore, this study aimed to determine the content of plant nutrients and water loss after storage in relation to the pulp color of 'Thong Dee' pummelo. The experiments were arranged in a randomized complete block designs (RCBD) using mature fruits (7 months after flowering) harvested from 2 orchards in Kanchanaburi and Nakhon Pathom provinces. Ten fruits were harvested from 10 trees. The whole experiments were repeated three times, i.e., harvested in November (rainy), February (cool) and April (hot). In addition, the fruits harvested from Nakhon Pathom province in the cool and hot seasons were stored at 30±5 °C for five weeks to observe the effect of water loss on pulp color. Eleven plant nutrients, i.e., nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), zinc (Zn), boron (B), iron (Fe), manganese (Mn) and sodium (Na), and pulp color were determined from pummelo pulp. Lycopene, β-carotene, TSS and TA were measured. Our results showed that in the cool season, Zn and TA increased whereas red color (+a* value), lycopene content and TSS/TA decreased. However, these changes were found only from the orchards in Nakhon Pathom province. The increases of water loss, +a* value and lycopene were found from the fruits harvested in both seasons. In contrast, the TSS, TA after storage remained unchanged. These results led to the conclusion that plant nutrients and water loss after storage were not correlated with pulp color.

Keywords: carotenoids, lycopene, *Citrus maxima*

บทคัดย่อ

เนื้อส้มโอพันธุ์ทองดีที่เก็บเกี่ยวในฤดูหนาวมีสีซีด ซึ่งแตกต่างจากเนื้อสีแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนและฤดูร้อน มีรายงานก่อนหน้านี้ว่าการให้ปุ๋ยบางชนิดก่อนการเก็บเกี่ยวและการสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษา สามารถทำให้ส้มโอมีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำตาลเป็นสารตั้งต้นของการสร้างสารสี จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารในผล และการสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษากับสีเนื้อของส้มโอพันธุ์ทองดี โดยเก็บเกี่ยวส้มโอพันธุ์ทองดีที่ระยะ 7 เดือนหลังดอกบาน จาก 2 สวน ได้แก่ สวนในจังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม แต่ละสวนเก็บเกี่ยว 3 ครั้งในรอบหนึ่งปี ได้แก่ เดือนพฤศจิกายน (ฤดูฝน) เดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูหนาว) และเดือนเมษายน (ฤดูร้อน) ฤดูกาลละ 10 ต้นๆ ละ 1 ผล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) และนำส้มโอจากจังหวัดนครปฐมในฤดูหนาวและฤดูร้อนมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส นาน 5 สัปดาห์ เพื่อสังเกตผลจากการสูญเสียน้ำที่มีต่อสีเนื้อ วัดปริมาณธาตุ 11 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และโซเดียม (Na) วัดสีเนื้อ ปริมาณไลโคพีนและบีตาแคโรทีน ปริมาณ TSS และ TA ผลการทดลองพบว่าส้มโอที่เก็บเกี่ยวจากสวนในนครปฐมเฉพาะในฤดูหนาวมีธาตุ Zn และ TA มากกว่า แต่ค่าสีแดง (+a*) ปริมาณไลโคพีน และ TSS/TA น้อยกว่าส้มโอที่เก็บเกี่ยวในฤดูฝนและฤดูร้อน สำหรับการเก็บรักษาส้มโอ มีการสูญเสียน้ำ ค่า +a* และปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นทั้ง 2 ฤดูกาล แต่ TSS และ TA ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารและการสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษาไม่มีความเกี่ยวข้องกับสีเนื้อ

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์, ไลโคพีน, *Citrus maxima*

---

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

คำนำ

เนื้อส้มโอพันธุ์ทองดีมีสีแดงจากการสะสมไลโคพีนและบีตาแคโรทีน (Charoensiri *et al*., 2009) ส้มโอพันธุ์ทองดีที่เก็บเกี่ยวในระยะบริบูรณ์ในฤดูหนาวมีเนื้อสีซีดอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาการส่งออกในอนาคต ทั้งนี้ธาตุอาหารพืชอาจมีผลต่อสีเนื้อ เนื่องจากมีรายงานก่อนหน้านี้ว่าปุ๋ยโพแทสเซียม (K) ส่งผลให้เนื้อส้มโอพันธุ์ Magallanes มีสีแดงเพิ่มขึ้น (Fernandez and Guzman, 2013) และทำให้มะเขือเทศพันธุ์ Fla 8153 (Taber *et al*., 2008) มีการสะสมไลโคพีนเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นปุ๋ยฟอสฟอรัส (P) ในปริมาณที่เหมาะสมและโพแทสเซียมในปริมาณต่ำ ส่งผลให้สีแดง (a*) และปริมาณไลโคพีนในน้ำคั้นเพิ่มขึ้นในเกรพฟรุตพันธุ์ Flame (Dou *et al*., 2005) อีกทั้งในการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทองดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 2 สัปดาห์ ปริมาณ TSS และไลโคพีนเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณ TA ลดลง (บัณฑิต, 2555) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารและการสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษากับสีเนื้อ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดการธาตุอาหารพืชและผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวให้ได้ส้มโอเนื้อสีแดง

อุปกรณ์และวิธีการ

1 การศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุอาหารในผลกับสีเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี

เก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ทองดีอายุ 7 เดือนหลังดอกบาน จากสวนเกษตรกรในจังหวัดนครปฐมและกาญจนบุรี ในฤดูฝน (พฤศจิกายน) ในปี พ.ศ. 2556 และในฤดูหนาว (กุมภาพันธ์) และฤดูร้อน (เมษายน) ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งมีสีเนื้อแตกต่างกัน ฤดูกาลละ 10 ผล มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 สัปดาห์ จากนั้นวัดสีเนื้อ (L*, a*, b*, C* และ h) บริเวณ juice sacs ที่มีสีแดงด้วยเครื่อง chroma meter CR 400 วัดปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TA) วัดปริมาณไลโคพีนและบีตาแคโรทีนด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 444 และ 503 นาโนเมตร ตามวิธีของ Anthon and Barrett (2007) จากนั้นนำเนื้อส้มโอแห้ง 0.25 กรัม มาย่อยด้วยกรดผสมระหว่างไนทริก (HNO_3) และเพอร์คลอริก ($HClO_4$) อัตราส่วน 5 : 2 วัดปริมาณธาตุ P ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ตามวิธีของทัศนีย์และจงรักษ์ (2542) วัดปริมาณธาตุ K, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Na และ Mn ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 766.5, 422.7, 285.2, 213.9, 248.3, 324.8, 589.0 และ 279.5 นาโนเมตร ตามลำดับ ตามวิธีของศรีสม (2544) วัดปริมาณธาตุ N ด้วยวิธีการเผาไหม้โดยเผาเนื้อส้มโอแห้ง 0.25 กรัม อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง protein/nitrogen determinator ตามวิธีของศรีสม (2544) และวัดปริมาณธาตุ B ด้วยเครื่อง ICP-OES ตามวิธีของ Derun *et al*. (2010) นำค่าที่วัดได้จากส้มโอทั้งหมด 60 ผล มาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS version 16)

2 การสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษาต่อสีเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี

นำผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีอายุ 7 เดือนหลังดอกบาน เฉพาะที่เก็บเกี่ยวจากสวนในจังหวัดนครปฐม ในเดือนกุมภาพันธ์ (เนื้อสีแดง) และเดือนเมษายน (เนื้อสีซีด) เดือนละ 10 ผลมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นวัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก สีเนื้อ ปริมาณไลโคพีน ปริมาณ TSS และ TA เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ในสัปดาห์ที่ 0 และ 5

ผล

ธาตุอาหารมีความสัมพันธ์กับสีเนื้อปานกลาง ($r < 0.60$) ดังนี้ ค่า L* มีความสัมพันธ์กับธาตุ N, Ca, Mg และ B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.26 - 0.45$) ค่า a* มีความสัมพันธ์กับธาตุ Mg, Mn, P, Na, Cu และ B อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.30 - 0.51$) ค่า b* มีความสัมพันธ์กับธาตุ Ca, Na, B และ Cu ($r = 0.26 - 0.60$) ค่า C* กับธาตุ Ca, Na, B และ Cu ($r = 0.27 - 0.59$) ค่า h กับธาตุ Zn, N, Mg, B, Na, Mn และ P ($r = 0.26 - 0.46$) ในทำนองเดียวกันธาตุอาหารมีความสัมพันธ์กับแคโรทีนอยด์ปานกลาง ($r < 0.60$) ดังนี้ ปริมาณไลโคพีนมีความสัมพันธ์กับธาตุ Mg, Zn, Na, Mn, P และ B ($r = 0.28 - 0.484$) ปริมาณบีตาแคโรทีน (β) มีความสัมพันธ์กับธาตุ Cu, B, Na และ Mn ($r = 0.27 - 0.59$) และสัดส่วน L/β มีความสัมพันธ์กับธาตุ Zn, B, P และ Cu ($r = 0.27 - 0.49$) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับองค์ประกอบทางเคมีมีน้อย ($r < 0.58$) ดังนี้ปริมาณ TSS มีความสัมพันธ์กับธาตุ N, B, K, Mn และ Na ($r = 0.30 - 0.46$) ปริมาณ TA มีความสัมพันธ์กับธาตุ Mg, Zn, Cu, P, Mn, Na และ B ($r = 0.26 - 0.57$) และสัดส่วน TSS/TA มีความสัมพันธ์กับธาตุ Zn, N, P, Mn, Cu, Na และ B ($r = 0.28 - 0.52$) (Table 1)

การสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ ทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (a* = -3.69 เพิ่มเป็น 1.18) ในเดือนกุมภาพันธ์ และ (a* = -3.43 เพิ่มเป็น 1.39) ในเดือนเมษายน แต่ปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นเฉพาะเดือนกุมภาพันธ์เท่านั้น (9.6 เพิ่มเป็น 28.3) (Table 2)

Table 1 Correlation coefficient (r) of 'Thong Dee' pummelo pulp between plant nutrients and color value, carotenoids, TSS, TA and TSS/TA (n = 60).

Parameter \ Nutrient	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	B	Cu	Mn	Na
L*	0.26*	0.22	0.05	0.28*	0.41**	-0.07	-0.01	0.45**	-0.24	0.24	-0.20
a*	-0.19	-0.34**	0.08	-0.25	-0.30*	-0.12	0.00	-0.51**	0.47**	-0.33*	0.40**
b*	-0.00	0.11	-0.16	0.26*	0.17	-0.07	-0.16	0.46**	-0.60**	0.08	-0.30*
C*	-0.05	-0.18	0.14	-0.27*	-0.22	0.02	0.12	-0.50**	0.59**	-0.16	0.35**
h	-0.28*	-0.46**	-0.07	-0.08	-0.29*	-0.26*	-0.15	-0.30*	0.08	-0.46**	0.38**
Lycopene (L)	-0.22	-0.41**	0.09	-0.18	-0.28*	-0.31*	-0.12	-0.48**	0.25	-0.31*	0.31*
β-Carotene (β)	-0.07	-0.13	-0.08	-0.06	-0.19	-0.09	-0.02	-0.43**	-0.27*	-0.59**	0.51**
L/β	-0.20	-0.42**	0.17	-0.17	-0.23	-0.27*	-0.07	-0.28*	0.49**	-0.01	0.06
TSS	-0.30*	-0.13	-0.37**	-0.11	-0.10	0.02	0.04	-0.35**	0.20	-0.45**	0.46**
TA	0.23	0.39**	-0.03	0.23	0.26*	0.30*	0.14	0.57**	-0.36**	0.44**	-0.49**
TSS/TA	-0.29*	-0.33*	-0.09	-0.18	-0.23	-0.28*	-0.12	-0.52**	0.40**	-0.33**	0.45**

*, ** significant at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

Table 2 Water loss, red value (a*), lycopene, TSS and TA of 'Thong Dee' pummelo pulp after storage at 30±5 °C for 5 weeks.

Week	February					April				
	Water loss (%)	a*	Lycopene (mg/kg FW)	TSS (%)	TA (%)	Water loss (%)	a*	Lycopene (mg/kg FW)	TSS (%)	TA (%)
0	nd	-3.69	9.60	11.24	0.74	nd	-3.43	20.10	10.20	0.71
5	20.26	1.18	28.30	11.00	0.45	19.80	1.39	34.50	11.52	0.69
t-test	nd	*	*	ns	ns	nd	*	*	ns	ns

* = significant ($p < 0.05$) by independent sample t-test
ns = not significant
nd = no data

วิจารณ์ผล

ค่าสีแดง (+a*) และปริมาณไลโคพีนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับธาตุ B มากกว่าธาตุอื่น ๆ ทั้งนี้ธาตุ B อาจไปมีผลทางอ้อมในการส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของสารตั้งต้นอย่างกรดซิตริกเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสร้างแคโรทีนอยด์เพราะจากการทดลองเมื่อธาตุ B เพิ่มขึ้นปริมาณ TA เพิ่มขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับรายงานของ Seth and Aery (2014) ที่พบว่าการให้ปุ๋ย B ที่มากเกินไป ทำให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลง ส่วนธาตุ Zn ที่มีปริมาณมากในส้มโอเนื้อสีชีด (เก็บเกี่ยวในฤดูหนาว) และมีปริมาณน้อยในส้มโอเนื้อสีแดง (เก็บเกี่ยวในฤดูฝนและฤดูร้อน) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไลโคพีนและสัดส่วน L/β ที่แปรผกผันกับธาตุ Zn ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Saadati *et al*. (2013) ที่พบว่าการให้ปุ๋ย B และ Zn ในมะกอก 3 พันธุ์ส่งผลให้แคโรทีนอยด์ในช่วงที่ผลกำลังสุกมีแนวโน้มลดลงกว่าที่ไม่ได้ฉีดพ่น B และ Zn เนื้อส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีธาตุ K เพิ่มขึ้นกลับส่งผลให้ปริมาณ TSS ลดลง แตกต่างกับส้มโอพันธุ์ Magallanes เมื่อให้ปุ๋ย K ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น พบว่าเนื้อสีแดง

เพิ่มขึ้นแต่ปริมาณ TSS ไม่เปลี่ยนแปลง (Fernandez and Guzman, 2013) และการให้ปุ๋ย K ส่งเสริมให้ค่า TSS และ TSS/TA เพิ่มขึ้นในเนื้อส้มโอพันธุ์ทองดี (Nguyen *et al*., 2016) ดังนั้นธาตุ K ในเนื้ออาจมีผลทางอ้อมหรือต้องได้รับอิทธิพลร่วมกับธาตุอื่น ๆ ในการส่งเสริมการเพิ่มแคโรทีนอยด์

การเก็บรักษาส้มโอนานขึ้นทำให้เนื้อสีแดงและปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับรายงานของบัณฑิต (2555) ที่พบว่าปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นหลังการเก็บรักษา ซึ่งการสูญเสียน้ำอาจไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้ปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ เช่น TSS และ TA ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามการสูญเสียน้ำ ดังนั้นปริมาณไลโคพีนที่มากขึ้นอาจจะมาจากการสังเคราะห์ขึ้นใหม่หลังการเก็บรักษา

สรุป

ค่าสีแดง (+a*) ปริมาณไลโคพีนและสัดส่วนไลโคพีนต่อบีตาแคโรทีน มีความสัมพันธ์กับธาตุอาหารพืชในเนื้อปานกลาง และการสูญเสียน้ำหลังการเก็บรักษาทำให้สีแดงของเนื้อและปริมาณไลโคพีนเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

บัณฑิต วรวงศ์สุวรรณ. 2555. อิทธิพลของตำแหน่งการติดผลและระยะบริบูรณ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทองดี. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 26 น.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 141 น.

Anthon, G. and D.M. Barrett. 2007. Standardization of a rapid spectrophotometric method for lycopene analysis. Acta Horticulturae 758: 111-127.

Charoensiri, R., R. Kongkachuichai, S. Suknicom and P. Sungpuag. 2009. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. Food Chemistry 113: 202-207.

Derun, E.M., A.S. Kipcak and O.D. Ozdemir. 2010. The determination of the boron amounts of teas that are sold in Turkey by using the ICP-OES technique. Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol III. London, U.K. p 2277-2279.

Dou, H., S. Jones, T. Obreza and B. Rouse. 2005. Influence of various phosphorus and potassium rates on juice vitamin C, β-carotene, lycopene and sugar concentrations of 'Flame' grapefruit. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 118: 372-375.

Fernandez, A. and C.D. Guzman. 2013. Quality and nutrition of pummelo as influenced by potassium. Environmental Science and Engineering A. 2: 97-105.

Nguyen, H.H., S. Maneepong and P. Suranilpong. 2016. Nutrient uptake and fruit quality of pummelo as influenced by ammonium, potassium, magnesium, zinc application. Agricultural Science 8(1): 100-109.

Saadati, S., N. Moallemi, S.M.H. Mortazavi and S.M. Seyyednejad. 2013. Effects of zinc and boron foliar application on soluble carbohydrate and oil contents of three olive cultivars during fruit ripening. Scientia Horticulturae 164: 30-34.

Seth, K. and N.C. Aery. 2014. Effect of boron on the contents of chlorophyll, carotenoid, phenol and soluble leaf protein in mung bean, *Vigna radiate* (L.) Wilczek. Proceedings of the National Academy of Sciences., India Section B: Biological Sciences 84(3): 713-719.

Taber, H., P.Perkins-Veazie, S. Li, W. White, S. Rodermel and Y. Xu. 2008. Enhancement of tomato fruit lycopene by potassium is cultivar dependent. Horticultural Science 43(1): 159-165.