

## การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสในระหว่างการแก่และการสุก Physico-chemical Changes of Avocado Fruit cv. Hass During Maturity and Ripening

दनัย बुण्यकीरति<sup>1,2</sup> मानोष प्रक्रुत<sup>3</sup> चैपिचित चैउमैण्ण<sup>3</sup> नषसुर नैण्गळीन<sup>1</sup> सुळळकषण् चितवरकुळ<sup>4</sup>  
ณัฐวัฒน์ หมั่นมานี<sup>2,4</sup> และ ปารีชาติ เทียนจุมพล<sup>2,4</sup>

Danai Boonyakiat<sup>1,2</sup>, Manoch Prakrut<sup>3</sup>, Chaipichit Chuamuangphan<sup>3</sup>, Naphatsorn Nuangklin<sup>1</sup>, Supaluk Chitworakool<sup>4</sup>,  
Nadthawat Muenmanee<sup>2,4</sup> and Parichat Theanjumpol<sup>2,4</sup>

### Abstract

The avocado fruits cv. Hass were harvested at 200, 210, 220, 230, 240 and 250 days after fruit set. The total of 60 fruits at each time were divided into two sets. First set was measured for physical and chemical properties after harvesting. Second set was stored at 30 °C for 12 days before measure for physical and chemical properties. Most of physical and chemical properties of avocado fruit changed with significant difference ( $P \leq 0.05$ ) during maturity but color ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $H^\circ$ ) of peel and flesh, and protein were excepted. The weight, dimension, dry matter (DM), total soluble solids (TSS), and lipid increased, but moisture content (MC) and firmness decreased. Their properties decreased when fruit was ripened but it was not protein. These results explored that the changed of DM, TSS and lipid were more distinct than others. Therefore, DM (30.31-32.89%), TSS (8.45-9.60%) and lipid (63.90-66.35%) could be used as maturity index of avocado fruit cv. Hass. While the obvious changes of peel color from green to dark purple and softening of flesh (0.80-1.86 N) could be considered as fruit ripening.

**Keywords:** quality, maturity, ripening

### บทคัดย่อ

เก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสที่ระยะ 200, 210, 220, 230, 240 และ 250 วันหลังติดผล จำนวน 60 ผลต่อระยะ ความแก่ แล้วแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ ผลดิบ นำมาตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีทันทีภายหลังการเก็บเกี่ยว ชุดที่ 2 คือ ผลสุก โดยนำผลดิบมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 12 วัน แล้วจึงตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี พบว่า ผลอะโวคาโดมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีส่วนใหญ่ในระหว่างผลแก่และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ยกเว้นค่าสีเปลือก สีเนื้อ และโปรตีน โดยผลอะโวคาโดมีน้ำหนัก ขนาด วัตถุแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และลิพิดเพิ่มขึ้น แต่มีความชื้นและความแน่นเนื้อลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อผลอะโวคาโดสุกพบว่าสมบัติต่างๆ ลดลงยกเว้นโปรตีนจากผลการเปลี่ยนแปลงของวัตถุแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และลิพิดที่ชัดเจนกว่าสมบัติอื่น ดังนั้นวัตถุแห้ง (30.31-32.89%) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (8.45-9.60%) และลิพิด (63.90-66.35%) สามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งชี้ความแก่ของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสได้ ส่วนการสุกของผลสามารถพิจารณาได้จากสีเปลือก ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำและการอ่อนนุ่มลงของเนื้อผล (0.80-1.86 N)

**คำสำคัญ:** คุณภาพ ความแก่ การสุก

### คำนำ

อะโวคาโด ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือและกำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงาน กรดไขมันไม่อิ่มตัว แร่ธาตุ และวิตามิน ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณค่อนข้างสูงรวมถึงสารต้านออกซิเดชันซึ่งช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคเบาหวาน นอกจากนี้ยังช่วยลดระดับคอเล

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup> Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

<sup>4</sup> Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

<sup>5</sup> ศูนย์ผลิตผลโครงการหลวงเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่ 50100

<sup>6</sup> Chiang Mai Royal Project Produce Center, The Royal Project Foundation, Chiang Mai 50100, Thailand

<sup>7</sup> ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

<sup>8</sup> Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

เรสเตอรอลในเลือดด้วย (Villa-Rodriguez *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามอะโวคาโดเป็นผลไม้ที่ไม่สามารถรับประทานในลักษณะผลดิบได้ เนื่องจากมีแทนนินทำให้มีรสขม เมื่อรับประทานในปริมาณมากจะทำให้ปวดศีรษะ ส่วนผลอะโวคาโดที่เก็บเกี่ยวผลอ่อนหรือที่มีความแก่ไม่สมบูรณ์ เมื่อนำไปเก็บรักษาผลจะเขียว รสชาติไม่ดี และเนื้อเหนียวลักษณะเนื้อสัมผัสเหมือนยาง (Gamble *et al.*, 2010) ดังนั้นการกำหนดระยะเก็บเกี่ยวที่มีความแก่ที่สมบูรณ์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตอะโวคาโด ประกอบกับการเก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดของเกษตรกรหรือผู้ผลิตส่วนใหญ่ ยังคงใช้การพิจารณาจากลักษณะปรากฏภายนอกผล (visual appearance) ซึ่งไม่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลอะโวคาโดสุก งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสในระหว่างการแก่และคุณภาพการสุก เพื่อให้ได้ผลอะโวคาโดที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและตรงกับความต้องการของตลาด

### อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสจากแปลงปลูกของเกษตรกรบ้านปางดู่ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ที่ระยะ 200, 210, 220, 230, 240 และ 250 วันหลังติดผล จำนวน 60 ผลต่อระยะความแก่ โดยใช้กรรไกรตัดแต่งกิ่งและห่อผลด้วยพลาสติกกันกระแทก และขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ แล้วแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 คือ ผลดิบ นำมาตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีทันทีภายหลังการเก็บเกี่ยว และชุดที่ 2 คือ ผลสุก โดยนำผลดิบมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 12 วัน แล้วจึงตรวจวัดสมบัติทางกายภาพและเคมีเช่นเดียวกับชุดที่ 1 ได้แก่ น้ำหนัก โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง ขนาด (ความยาว ความกว้าง และเส้นรอบผล) สีเปลือกและสีเนื้อ ด้วยเครื่องวัดสี ความแน่นเนื้อด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ความชื้น (moisture content, MC) ด้วยการอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน วัตดูแห้ง (dry matter, DM) ด้วยการคำนวณจากส่วนกลับของปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS) ด้วยเครื่องดิจิตอลรีแฟรกซ์โทรมิเตอร์ ลิพิด (lipid) ด้วยชุด soxhlet extractor และโปรตีนด้วยชุด Kjeldatherm แล้วจึงวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ

### ผล

จากการตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮส พบว่า น้ำหนัก ขนาด และวัตดูแห้งของผลดิบมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บเกี่ยว (ความแก่ของผล) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีน้ำหนักผลระหว่าง 235.00-255.98 กรัม (Figure 1) ความยาว ความหนา และเส้นรอบผลระหว่าง 86.20-97.43, 63.36-73.85 และ 228.73-243.52 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 1) วัตดูแห้งมีค่าระหว่าง 30.31-32.89 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความชื้นและความแน่นเนื้อมีค่าลดลงตามระยะเวลาเก็บเกี่ยว โดยมีค่าระหว่าง 67.11-69.69 เปอร์เซ็นต์ และ 17.57-19.38 นิวตัน (Table 2) ในขณะที่สีเปลือกและสีเนื้อ ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $H^\circ$ ) มีค่าค่อนข้างคงที่ (Figure 2 และ 3) เมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีของผลอะโวคาโด ผลดิบพบว่าการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และลิพิดเพิ่มขึ้น แต่โปรตีนไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าระหว่าง 8.45-9.60, 33.65-36.10 และ 5.10-5.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการนำผลอะโวคาโดที่แต่ละระยะเวลาเก็บเกี่ยว มาบ่มสุกพบว่า มีสมบัติต่างๆ ลดลง ทั้ง น้ำหนัก ขนาด สีเปลือก สีเนื้อ ความชื้น วัตดูแห้ง ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และลิพิด ยกเว้นโปรตีนมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (Table 3)

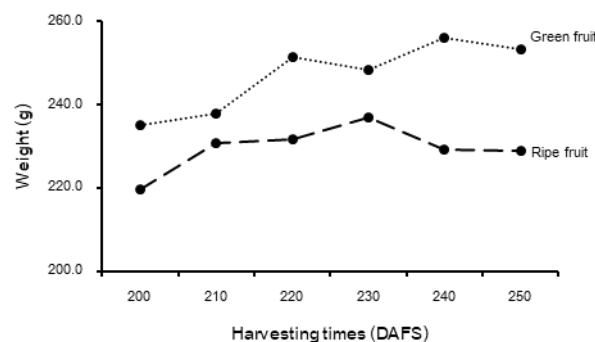


Figure 1 Weight of green and ripe avocado fruit at six harvesting times

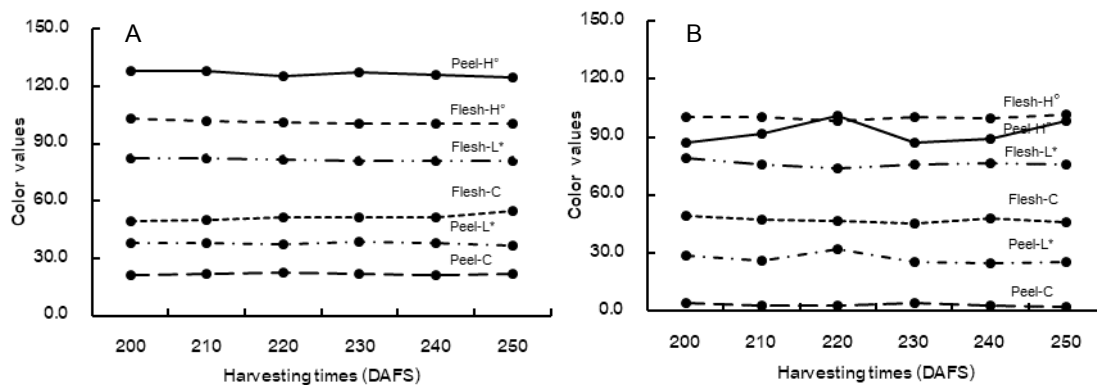


Figure 2 Color values of peel and flesh of green (A) and ripe (B) avocado fruit at six harvesting times

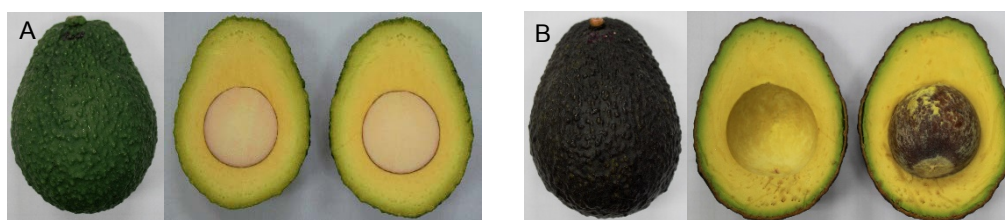


Figure 3 Avocado cv. Hass; green (A) and ripe (B) fruit

Table 1 Dimension of green and ripe avocado fruit at six harvesting times

Harvesting times	Dimension (mm)					
	Green fruits			Ripe fruit		
	Length	Width	Circumference	Length	Width	Circumference
200 DAFS	93.77±8.21b	70.74±3.92b	228.73±12.48c	91.44±9.48a	73.02±8.88a	224.53±13.59a
210 DAFS	86.20±9.41c	63.36±5.10c	229.53±15.80c	93.83±8.30a	71.47±4.77a	227.43±15.01a
220 DAFS	96.10±6.97ab	73.10±4.21a	234.12±12.75bc	91.57±7.90a	71.89±3.90a	229.80±12.30a
230 DAFS	94.07±5.75b	72.40±4.32a	243.52±14.31a	91.75±6.69a	72.49±3.03a	232.40±9.84a
240 DAFS	97.43±7.35a	73.12±4.19a	235.23±13.60b	91.67±7.21a	71.83±3.37a	228.87±10.98a
250 DAFS	95.84±9.54ab	73.85±5.45a	244.48±16.94a	92.38±9.27a	71.22±5.17a	227.54±16.23a
CV (%)	9.31	8.14	6.60	8.76	6.96	5.80

: Table expressed as mean ± standard deviation (S.D.)

: Means following by the different superscript letter in the same column are significantly different (P≤0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 2 Firmness, moisture content and dry matter of green and ripe avocado fruit at six harvesting times

Harvesting times	Firmness (N)		Moisture content (%)		Dry matter (%)	
	Green fruit	Ripe fruit	Green fruit	Ripe fruit	Green fruit	Ripe fruit
200 DAFS	19.38±2.49a	1.87±1.91a	69.69±2.53a	68.66±1.81ab	30.31±2.53c	31.34±1.81bc
210 DAFS	18.62±1.90ab	0.56±0.42b	69.31±2.07ab	69.28±1.94a	30.69±2.07bc	30.72±1.94c
220 DAFS	18.12±2.38ab	0.55±0.49b	69.10±2.48ab	68.60±2.07ab	30.90±2.48bc	31.40±2.07bc
230 DAFS	18.03±3.07ab	0.64±0.90b	67.55±1.82c	67.51±2.55bc	32.45±1.82a	32.49±2.55ab
240 DAFS	18.38±1.53ab	0.87±1.18b	68.15±2.05bc	67.80±1.66bc	31.86±2.05ab	32.20±1.66ab
250 DAFS	17.57±1.58b	0.44±0.37b	67.11±1.56c	66.60±2.32c	32.89±1.56a	33.40±2.32a
CV (%)	12.27	135.82	3.32	3.32	7.22	7.06

: Table expressed as mean ± standard deviation (S.D.)

: Means following by the different superscript letter in the same column are significantly different (P≤0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 3 Total soluble solids, lipid and protein content of green and ripe avocado fruit at six harvesting times

Harvesting times	Total soluble solids (%)		Lipid (%)		Protein (%)	
	Green fruit	Ripe fruit	Green fruit	Ripe fruit	Green fruit	Ripe fruit
200 DAFS	8.56±0.92b	9.38±1.13c	63.90±3.05c1/	68.61±2.41c1/	5.10±0.59a	5.63±0.49a
210 DAFS	8.56±1.12b	9.59±1.57bc	64.27±2.00bc	71.00±2.55a	5.29±0.45a	5.42±0.61a
220 DAFS	8.45±1.19b	10.06±1.37bc	66.34±3.04a	70.08±1.86abc	5.15±0.65a	5.56±0.60a
230 DAFS	9.45±1.28a	10.07±1.20bc	65.93±1.78ab	71.48±2.11a	5.29±0.57a	5.32±0.85a
240 DAFS	8.37±0.79b	10.28±0.93b	64.77±2.64abc	69.36±3.37bc	5.33±0.63a	5.36±0.53a
250 DAFS	9.60±1.14a	11.17±1.18a	66.35±2.60a	70.42±2.60ab	5.45±0.55a	5.45±0.68a
CV (%)	13.28	13.52	4.14	3.79	10.94	11.78

: Table expressed as mean ± standard deviation (S.D.)

: Means following by the different superscript letter in the same column are significantly different ( $P \leq 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

### วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีส่วนใหญ่ที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ เนื่องจากผลอะโวคาโดมีการพัฒนาของผล ซึ่งมีการแบ่งเซลล์ใน mesocarp ตั้งแต่เริ่มพัฒนาผลจนถึงระยะผลแก่ที่อยู่บนต้น (Yahia and Woolf, 2011) ยกเว้นค่าสีเปลือก สีเนื้อ และโปรตีน แม้ว่าคลอโรฟิลล์จะลดลงแต่การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อมีเพียงเล็กน้อย (Cox *et al.*, 2004) และในเซลล์พืชอยู่ในสภาพที่มีการสังเคราะห์และสลายตัวอย่างต่อเนื่อง ปริมาณโปรตีนจึงไม่เปลี่ยนแปลง (दनัย, 2556) และเมื่อผลอะโวคาโดสุกจะมีสมบัติทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนแปลงในทุกระยะเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะวัตถุแห้ง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และลิกนินที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวัตถุแห้งและลิกนินเพิ่มขึ้นเนื่องจากการทำงานของ acetyl-CoA carboxylase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการสร้างกรดไขมันสายยาวในเนื้อเยื่อของอะโวคาโด (Villa-Rodríguez *et al.*, 2011) และปริมาณน้ำมันสัมพันธ์กับความชื้นของผลอะโวคาโด ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากอะโวคาโดเป็นผลไม้ชนิดที่สะสมน้ำตาลในระหว่างผลแก่ (दनัยและนิธิยา, 2548) นอกจากนี้เมื่อผลสุกสิ่งที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนคือ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกและการนุ่มขึ้นของเนื้อผล โดยสีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีม่วงดำจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และเกิดการสังเคราะห์ cyanidin 3-O-glucoside ทำให้เกิดสีดำขึ้น (Cox *et al.*, 2004) และความแน่นเนื้อลดลงเป็นผลมาจากในระยะการสุกมีการเสื่อมสลายของผนังเซลล์หรือสารที่เชื่อมผนังเซลล์โดยเฉพาะบริเวณ middle lamella จึงทำให้เนื้อผลอ่อนนุ่มลง (จริงแท้, 2549)

### สรุปผลการทดลอง

อะโวคาโดพันธุ์แฮสมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีในระหว่างผลแก่ ที่ชัดเจนที่สุดคือปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณลิกนิน ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความแก่ของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสได้ ส่วนการสุกของผลสามารถพิจารณาได้จากสีเปลือกซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนจากสีเขียวเป็นสีม่วงดำและการอ่อนนุ่มลงของเนื้อผล

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำหรับสถานที่และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชื่อวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางขายของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 453 น.
- दनัย บุญเกียรติ และนิธิยา รัตนพานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 236 น.
- दनัย บุญเกียรติ. 2556. ชื่อวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชสวน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 351 น.
- Cox, K. A., T. K. McGhie, A. White and A. B. Woolf. 2004. Skin colour and pigment changes during ripening of "Hass" avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 31(3): 287-294.
- Villa-Rodríguez, J. A., F. J. Molina-Corral, J. F. Ayala-Zavala, G. I. Olivas and G. A. González-Aguilar. 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. *Food Research International* 44: 1231-1237.
- Gamble, J., F.R. Harker, S.R. Jaeger, A. White, C. Bava, M. Beresford, B. Stubbings, M. Wohlers, P.J. Hofman, R. Marques and A. Woolf. 2010. The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology* 57:35-43.
- Yahia, E. M. and A. B. Woolf. 2011. Avocado (*Persea americana* Mill.). *Postharvest Biological and Technology of Tropical and Sub-tropical Fruits*. Woodhead Publishing Limited. pp. 125-185.