b. 114429

สัญญาเลขที่ 34/ 2550

รหัสโครงการวิจัย 5005020034

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อการส่งออก

Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pummelo cv. "Thong Dee" during Low Temperature Storage for Export

โดย

ผู้วิจัย 1 อาจารย์เสาวภา ไชยวงศ์ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ผู้วิจัย 2 อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์ เทพกรณ์ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ประจำปี พ.ศ.2550

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยจากทุนอุดหนุนวิจัย มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ประจำปีงบประมาณ 2550 ในการงานวิจัยเรื่อง "ผลของการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อการส่งออก" และขอขอบคุณคุณอัสนี สันติวรพิพัฒน์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองในสวนส้มโอเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี

คณะผู้วิจัย

28 ตุลาคม 2552

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ส้มโอเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยทั้งเพื่อการบริโภคในประเทศและการส่งออก อีกทั้งส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นส้มโอที่นิยมปลูกกันมากที่สุด เนื่องจากผลมีขนาดโตปานกลางทรงผลกลมแป้นไม่มีจุก เปลือกค่อนข้างบาง ด้านในเปลือกมีสีชมพูเรื่อๆ ผนังกลีบมีสีชมพูอ่อน กุ้งมีสีชมพูเบียดกันแน่น นิ่ม ฉ่ำน้ำ รสหวานอมเปรี้ยว สามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะการส่งออกไปยังกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปและประเทศจีน ซึ่งการทดลองนี้ได้เน้นระยะความบริบูรณ์ที่ 75% หรืออายุ 7.5 เดือนหลังดอกบาน เพื่อการส่งออกไปในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปเนื่องจากเป็นตลาดนำเข้าที่สำคัญของการผลิตส้มโอจากจังหวัดเชียงราย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีใน จ.เชียงราย เพื่อการประเมินความบริบูรณ์และคุณภาพของส้มโอพันธุ์ดังกล่าว นอกจากนี้การส่งออกส้มโอในปัจจุบันได้มีการหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดหรือการเคลือบผล เพื่อลดการสูญเสียน้ำและชะลออัตราการหายใจของส้มโอ ซึ่งวิธีการดังกล่าวพบว่าไม่สามารถยืนยันได้ว่าคุณภาพของส้มโอดีกว่าการไม่หุ้มด้วยฟิล์มยืดหรือการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบซึ่งนิยมใช้กับผลส้มในทางการค้า ดังนั้นเพื่อการผลิตส้มโอให้ได้มีคุณภาพจึงควรมีการควบคุมความบริบูรณ์และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีเพื่อกำหนดความบริบูรณ์ของส้มโอและการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงได้แก่ การเคลือบผิวหรือการหุ้มด้วยฟิล์มของผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่ระยะความบริบูรณ์ 75% (7.5 เดือนหลังดอกบาน) ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ที่อุณหภูมิต่ำ

1. การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี

การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีระหว่างการเจริญเติบโต 14-35 สัปดาห์ (3-8 เดือน) หลังดอกบาน ในเขตอ.เวียงแก่น จ.เชียงราย โดยระยะแรกของการเจริญเติบโตคือ 14-22 สัปดาห์หลังดอกบาน เป็นการเจริญเติบโตของเปลือกส้มโอมากกว่าเนื้อผลในระหว่าง หลังจากนั้นเนื้อผลเจริญอย่างรวดเร็ว และเมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ (30-35 สัปดาห์หลังดอกบาน) เปลือกส้มโอเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเหลือง (ค่า –a* ลดลง และค่า +b* เพิ่มขึ้น) และเนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน (ค่า +a* เพิ่มขึ้น) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS และอัตราส่วน TSS:TA เพิ่มขึ้น โดยปริมาณ TSS ของส้มโอพันธุ์ทองดีที่อายุ 30 สัปดาห์หลังดอกบาน (7.5 เดือน) มีค่า TSS 8% และเปอร์เซ็นต์น้ำคั้น 60% แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดมาตรฐานส้มโอเพื่อ

การส่งออกของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ปี 2550 ที่กำหนดปริมาณ TSS ขั้นต่ำของส้มโอควรมีค่าอย่างน้อย 8% ซึ่งส้มโอในการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานขั้นต่ำของคุณภาพส้มโอ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาการเจริญและพัฒนาส้มโอพันธุ์ทองดีในปีต่อไปเพื่อยืนยันผลดังกล่าวเพื่อใช้พัฒนาระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อการส่งออกของส้มโอ ในเขต อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย อีกทั้งควรมีการวิจัยศึกษาเพิ่มเติมทางด้านปฐพีศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการให้ปุ๋ยกับส้มโอในช่วงการติดผลเพื่อให้ได้ส้มโอที่มีรสชาติดีและเพิ่มปริมาณ TSS ให้มากขึ้น

2. การศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การศึกษาผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 60 วัน ระหว่างการเก็บรักษาทุก 10 วัน ทำการย้ายผลส้มโอมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C นาน 3 วัน พบว่า การเคลือบผลส้มโอพันธุ์ทองดีด้วยสารเคลือบทางการค้าทั้งสองชนิดได้แก่ Citrolsol AK ซึ่งมีสาร Carnuba เป็นองค์ประกอบหลัก 18% มีปริมาณก๊าซภายในผลได้แก่ ก๊าซ O_2 น้อยที่สุด (4-8%O_2) และ CO_2 มากที่สุด (9%CO_2) รองลงมาได้แก่ การเคลือบด้วยสาร Honra ซึ่งมีสาร polyethylene เป็นองค์ประกอบหลัก 13% (12%O_2 และ 7%CO_2) ซึ่งทั้งการเคลือบผลและการบรรจุในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนสูง (Oxygen Transmission Rate; OTR) 17,000 cc./m^2.day สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของส้มโอได้ แต่อย่างไรก็ตามผลส้มโอที่เคลือบด้วยสาร Citrosol AK มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากการไม่เคลือบผลและการบรรจุในถุงแอคทีฟมีการสูญเสียน้ำได้น้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ การเคลือบผลด้วยสาร Honra และการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap ตามลำดับ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงไม่มีผลต่ออัตราส่วน TSS:TA และคะแนนกลิ่นและรสที่ผิดปกติ ส่วนผลส้มโอที่บรรจุแบบ liner มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดและเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา จากผลดังกล่าวทำให้ทราบว่าการเคลือบผลส้มโอด้วยสารเคลือบทางการค้าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลส้มโอได้ อย่างไรก็ตามสารเคลือบ Honra สามารถลดการสูญเสียน้ำได้ดี ดังนั้นการเคลือบด้วยสาร Honra จึงเป็นสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้ในการแนะนำเกษตรกรในการเคลือบผลส้มโอเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาส้มโอ

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีระหว่างการเจริญเติบโต 14-35 สัปดาห์ (3-8 เดือน) หลังดอกบาน ในเขตอ.เวียงแก่น จ.เชียงราย บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ-เคมี พบว่า การเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่าง 14-22 สัปดาห์หลังดอกบาน เป็นการเจริญของเปลือกส้มโอมากกว่าเนื้อผล หลังจากนั้นเนื้อผลเจริญอย่างรวดเร็วสอดคล้องกับความหนาเปลือกที่ลดลง และเมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ (30-35 สัปดาห์หลังดอกบาน) เปลือกส้มโอเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเหลือง (ค่า +b* เพิ่มขึ้น) และเนื้อส้มโอเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน (ค่า +a* เพิ่มขึ้น) โดยส้มโอพันธุ์ทองดีที่อายุ 30 สัปดาห์หลังดอกบานเป็นระยะความบริบูรณ์ที่เหมาะสมเพื่อการส่งออก ซึ่งมีขนาดผล 1,100 กรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) 8% และเปอร์เซ็นต์น้ำคั้น 60% นอกจากนี้ศึกษาผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อการส่งออก โดยการเคลือบผลส้มโอด้วยสารเคลือบทางการค้าได้แก่สารเคลือบ Honra (Polyethylene wax 13%) และ Citrosol AK (Carnuba wax 18%) การหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก M-wrap และการบรรจุแบบ liner ('bag-in-box' type) ในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate; OTR) 17,000 cc./m^2.day หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 60 วัน ระหว่างการเก็บรักษาทุก 10 วัน และย้ายผลส้มโอมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C นาน 3 วัน พบว่าการเคลือบผลส้มโอพันธุ์ทองดีด้วยสารเคลือบทางการค้าและการบรรจุในถุงแอคทีฟสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกส้มโอได้ โดยสารเคลือบด้วยสาร Citrosol AK มีปริมาณก๊าซภายในผลได้แก่ ก๊าซ O_2 น้อยที่สุด (4-8%O_2) และ CO_2 มากที่สุด (9%CO_2) รองลงมาได้แก่ การเคลือบผลด้วยสาร Honra (12%O_2 และ 7%CO_2) แต่อย่างไรก็ตามการเคลือบผลด้วยสาร Citrosol AK มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากการไม่เคลือบผล และการบรรจุในถุงแอคทีฟมีการสูญเสียน้ำได้น้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ การเคลือบผลด้วยสาร Honra และการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap ตามลำดับ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงไม่มีผลต่ออัตราส่วน TSS:TA และคะแนนกลิ่นและรสผิดปกติ แต่พบว่า ส้มโอในชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลมากที่สุด หลังการเก็บรักษานาน 50-60 วัน นอกจากนี้ผลส้มโอที่บรรจุแบบ liner มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดและเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ส้มโอ การเจริญเติบโต ความบริบูรณ์ สภาพบรรยากาศดัดแปลง การเคลือบผล

Abstract

The growth and development of pummelo cv "Thong Dee" during 14-35 weeks (3-8 months) after full bloom (WAFB) at Wieng Kean district, Chiang Rai province was studied. The changes of physic-chemical properties were determined. At 14-22 WAFB, the main growth and development of pummelo cv "Thong Dee" were peel growth and faster than flesh growth. After 22 WAFB, the growth and development of flesh increased rapidly and related to peel thickness reduction. At maturity stage (30-35 WAFB), the peel color changed from green to yellow-green color as +b* value increased. In addition, the flesh color changed to light pink color as +a* value increased. At 30 WAFB, the optimum maturity for export, the pummelo fruit size, total soluble solids (TSS) and %juice content was 1,100g, 8% and 60%, respectively. Furthermore, the effect of modified atmosphere on quality of pummelo cv. "Thong Dee" during storage was evaluated. The pummelo fruit was coated by commercial citrus waxes which were Honra (Polyethylene wax 13%) and Citrosol AK (Carnuba wax 18%). In addition, the pummelo was wrapped with M-wrap or packed with liner ('bag-in-box' type) by an active film which its oxygen transmission rate (OTR) of active film was 17,000 cc./m^2.day. The pummelo was stored at 10°C for 60 days, and every 10 days it was transferred to 25°C (3 days) for stabilizing storage temperature. The results showed that both coating materials and active film could delay peel color changes. Pummelo coating with Citrolsol AK had the lowest O_2 level (4-8%O_2) and the highest CO_2 level (9%CO_2), followed by Honra (12%O_2 and 7%CO_2), respectively. However, %weight loss of coated pummelo with Citrolsol AK wax was not different from that of uncoated pummelo. The pummelo in active bag had the lowest weight loss (%), followed by sample coated with Honra wax and wrapped M-wrap film, respectively. Modified atmosphere didn't affect on TSS:TA ratio and off-flavor score. However, uncoated pummelo had the highest vitamin C content and total polyphenol content after storage for 50-60 days. In addition, the packed pummelo with liner ('bag-in-box' type) had the highest total phenolics and antioxidant capacities with FRAP-assay and increased continuously during storage.

Keywords: Pummelo, Growth and development, Maturity, Modified atmosphere, Coating

สารบัญ

		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	ii
	บทสรุปผู้บริหาร	iii
	บทคัดย่อภาษาไทย	v
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	vi
	สารบัญ	vii
	สารบัญตาราง	ix
	สารบัญภาพ	x
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ระยะที่ทำการวิจัยและแผนดำเนินการตลอดโครงการวิจัย	2
	1.4 คณะผู้วิจัย	3
บทที่ 2	**ตรวจเอกสาร**	4
	2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลส้มโอ	4
	2.2 การแบ่งประเภทส้มโอ	4
	2.3 การเปลี่ยนแปลงสัณฐานและกายวิภาคของผลส้ม	5
	2.4 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของส้มในระหว่างการเจริญเติบโต	7
	2.5 ดัชนีการเก็บเกี่ยวส้มโอ	7
	2.6 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวส้มโอ	9
	2.7 การเคลือบผิวผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว	9
	2.8 ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของส้ม	12
	2.9 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น	13
บทที่ 3	**อุปกรณ์และวิธีการ**	15
	3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี	15
	3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	16

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	**ผลและวิจารณ์ผล**	19
	4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี	19
	4.1.1 สมบัติทางกายภาพ	19
	4.1.2 สมบัติทางเคมี	23
	4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	26
	4.2.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในผลส้มส้มโอ	26
	4.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก (%)	28
	4.2.3 สีเปลือกส้มโอ (L* a* b*)	29
	4.2.4 ปริมาณ TSS TA และอัตราส่วน TSS:TA	32
	4.2.4 ปริมาณ TSS TA และอัตราส่วน TSS:TA	32
	4.2.5 ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	34
	4.2.6 ประเมินผลทางประสาทสัมผัส (กลิ่นและรส)	37
บทที่ 5	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	39
	เอกสารอ้างอิง	41
	ประวัตินักวิจัยและคณะ	44

สารบัญตาราง

		หน้า
Table 1.1	แผนการดำเนินการตลอดโครงการวิจัย	2
Table 2.1	The maturity index determination of pummelo by peel color and %juice	8
Table 2.2	Thai pummelo grading (size) for export	8
Table 2.3	Thai pummelo grading (diameter and circumference) for export	8
Table 2.4	The determination of pummelo maturity index by chemical properties	8
Table 4.1	Effect of modified atmosphere on antioxidant constituents and antioxidant capacities during storage at10°C for 60 days and every 20 days followed by holding at 25°C for 3 days	35
Table 4.2	Effect of modified atmosphere on sensory score (flavor) during storage at10°C for 60 days and every 20 days followed by holding at 25°C for 3 days	38

สารบัญภาพ

		หน้า
Figure 2.1	Pummelo fruit composed with three parts (flavedo, albedo and endocarp)	4
Figure 2.2	Pummelo fruit cv. "Thong Dee"	5
Figure 2.3	Fruit, Flesh, peel weights and peel thickness of pummelo cv. "Kao Nam Phueng"	6
Figure 4.1	Growth and development of fruit weight, flesh weight, peel weight and peel thickness of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom.	20
Figure 4.2	Growth and development of fruit and flesh diameters, fruit height, and fruit circumference of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom	21
Figure 4.3	The P/E ratio changes of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom	21
Figure 4.4	Color changes of peel and flesh of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom	22
Figure 4.5	Juice (%) changes of of pummelo cv. "Thong Dee" during 30 to 35 weeks after full bloom	23
Figure 4.6	TSS, TA and TSS:TA ratio changes of pummelo cv. "Thong Dee" during 30 to 35 weeks after full bloom	24
Figure 4.7	Vitamin C changes of pummelo cv. "Thong Dee" during 30 to 35 weeks after full bloom	24
Figure 4.8	Growth and development of pummelo cv. "Thong Dee" during 18 to 35 weeks after full bloom	25
Figure 4.9	Internal O_2 and CO_2 of control (A) coated pummelos with Honra (B) and Citrosol AK (C), wrapped pummel (D), and pummelo in liner packing (E) stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days	27
Figure 4.10	Weight loss (%) of modified atmosphere of pummelos stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days	28

Figure 4.11 L* value (A), a* value (B) and b* value (C) of modified atmosphere of pummelos stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days 30

Figure 4.12 Control (A) coated pummelos with Honra (B) and Citrosol AK (C), wrapped pummel (D), and pummelo in liner packing (E) stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days 31

Figure 4.13 TSS (A), TA (B) and TSS:TA ratio (C) of modified atmosphere of pummelos stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days 33

บทที่ 1

คำนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ส้มโอเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีการส่งออกมาก จากข้อมูลการส่งออกส้มโอในปี 2552 พบว่าประเทศไทยสามารถส่งออกส้มโอเป็นมูลค่าถึง 109 ล้านบาท โดยประเทศที่มีมูลค่าการนำเข้าส้มโอจากประเทศไทยมากที่สุดได้แก่ ประเทศจีน ฮ่องกง และสิงคโปร์ (กรมศุลกากร, 2553) และจากสถิติการปลูกส้มโอปี 2546 พบว่า พื้นที่ปลูกส้มโอที่สำคัญของประเทศไทยได้แก่ จังหวัดชุมพร (22,190 ไร่) รองลงมาได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช (17,225 ไร่) จังหวัดสมุทรสาคร (15,323 ไร่) จังหวัดพิจิตร (13,201 ไร่) และจังหวัดเชียงราย (11,582 ไร่) ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549) โดยจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีการปลูกส้มโอมากเป็นอันดับที่ 5 ของประเทศไทย ซึ่งพันธุ์ส้มโอที่เกษตรนิยมปลูกจากผู้บริโภคของประเทศได้แก่ พันธุ์ทองดี พันธุ์แชนเลอร์ และพันธุ์ขาวใหญ่ ตามลำดับ

จากการกำหนดมาตรฐานส้มโอของประเทศไทย โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ปี 2550 ได้กำหนดมาตรฐานของส้มโอที่ทำการส่งออกต้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) ไม่น้อยกว่า 8% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2550) และหากกำหนดความบริบูรณ์ (ความแก่) จากการนับอายุดอกหลังดอกบานควรเก็บผลส้มโอที่ระยะ 8 เดือน สำหรับการบริโภคภายในประเทศ (ทวีศักดิ์, 2549) นอกจากนี้จากการสอบถามเกษตรกรอำเภอเวียงแก่น จ.เชียงราย พบว่าระยะการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมส้มโอเพื่อการส่งออกไปต่างประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ควรเก็บเกี่ยวที่ระยะความบริบูรณ์ 75% หรืออายุ 7.5 เดือนหลังดอกบาน นอกจากนี้ระยะความบริบูรณ์ 65-70% หรืออายุ 6.5-7 เดือนหลังดอกบาน เพื่อการส่งออกไปประเทศจีน สำหรับระยะความบริบูรณ์ 80% หรืออายุ 8 เดือนหลังดอกบานเพื่อการบริโภคภายในประเทศ

ส้มโอเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric fruit ทำให้ไม่มีกระบวนการสุกขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว จึงควรเก็บเกี่ยวในช่วงผลส้มโอในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลที่มีรสชาติดี โดยการทดลองนี้ได้เน้นระยะความบริบูรณ์ที่ 75% หรืออายุ 7.5 เดือนหลังดอกบาน เพื่อการส่งออกไปในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปเนื่องจากเป็นตลาดนำเข้าที่สำคัญของการผลิตส้มโอจากจังหวัดเชียงราย นอกจากนี้ในการส่งออกส้มโอในปัจจุบันได้มีการใช้การหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกยืดหรือการเคลือบผล เพื่อลดการสูญเสียน้ำและชะลออัตราการหายใจของส้มโอ ซึ่งวิธีการดังกล่าวพบว่าไม่สามารถ

ยืนยันได้ว่าคุณภาพของส้มโอดีกว่าการไม่หุ้มด้วยฟิล์มยืดหรือการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบซึ่งนิยมใช้กับผลส้มในทางการค้า ซึ่งสามารถชะลอการสูญเสียน้ำและยืดอายุการเก็บรักษาได้เช่นกัน อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าของส้มโอให้สูงขึ้น ดังนั้นเพื่อการผลิตส้มโอให้ได้มีคุณภาพจึงควรมีการควบคุมความบริบูรณ์และการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีเพื่อกำหนดความบริบูรณ์ของส้มโอ และการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงได้แก่ การเคลือบผิวหรือการหุ้มด้วยฟิล์มของผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่ระยะความบริบูรณ์ 75% (7.5 เดือนหลังดอกบาน) ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ที่อุณหภูมิต่ำ

1.2 วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีเพื่อการกำหนดความบริบูรณ์ของส้มโอ

1.2 เพื่อศึกษาการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทองดีในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ที่อุณหภูมิต่ำ

1.3 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 ปี (1 ตุลาคม 2549-30 กันยายน 2550)

Table 1.1: แผนการดำเนินการตลอดโครงการวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลา (เดือนที่)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ทำการสำรวจพื้นที่ปลูกและวางแผนการทดสุ่มตัวอย่างในแปลงปลูก	←	→										
2. การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี		←	—	—	—	—	—	—	→			
3. การศึกษาผลของฟิล์มพลาสติกและสารเคลือบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาส้มโอพันธุ์ทองดี									←	—	—	→
4. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์											←	→

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลส้มโอ

ส้มโอ (*Citrus maxima* Merr. [syn. *C. gradis* (L.) Osbeck)] เป็นพืชในสกุล *Citrus* ผลส้มโอเป็นแบบ berry ที่มีชื่อพิเศษเรียกว่า hesperidium ผลมีเนื้อเยื่อแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ชั้นนอกสุด (exocarp) มีชื่อพิเศษว่า flavedo เป็นชั้นนอกสุดผลมีสีเขียว มีต่อมน้ำมันเล็กๆ มากมาย เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน ชั้นที่ 2 คือ mesocarp เป็นเนื้อเยื่ออ่อนนุ่มมีสีขาวมีชื่อพิเศษที่เรียกว่า albedo เป็นชั้นถัดเข้ามาจากชั้นแรกและหนากว่าชั้นแรก ชั้นที่ 3 คือ endocarp เป็นเนื้อเยื่อของพูส้มโอมีสีขาวหรือสีชมพูขึ้นอยู่กับพันธุ์ส้มโอ (Figure 2.1) (รวี, 2523)

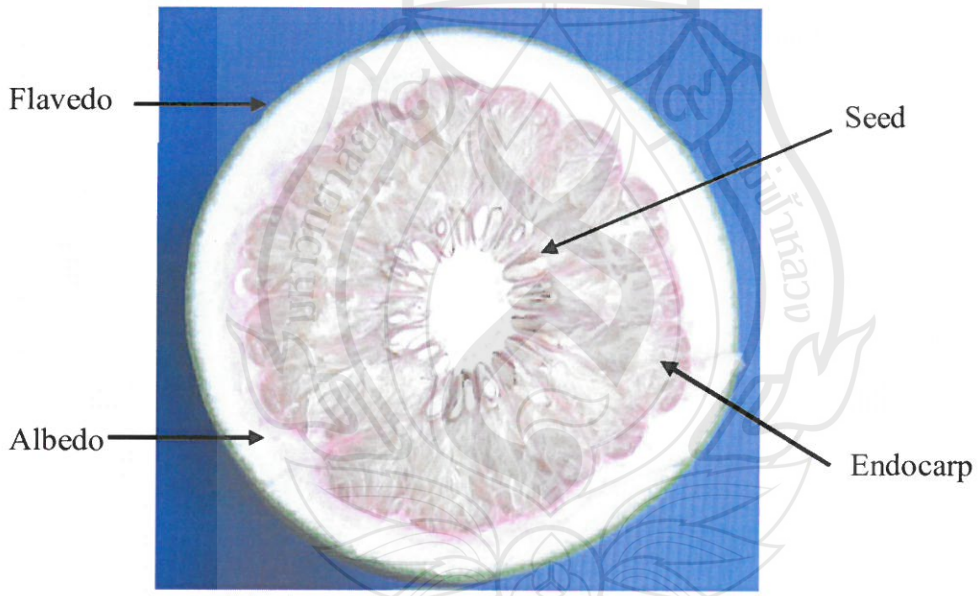


Figure 2.1: Pummelo fruit composed with three parts (flavedo, albedo and endocarp)

2. การแบ่งประเภทของส้มโอ

หากแบ่งส้มโอตามกลุ่มของรสชาติสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่มีรสเปรี้ยวปานกลางถึงเปรี้ยวจัด มีประมาณกรด 1.02-1.93% ได้แก่พันธุ์ขาวพวงกลุ่มที่สองได้แก่ กลุ่มที่มีรสหวานหรือมีกรดต่ำ ส้มโอกลุ่มนี้มีรสเปรี้ยวน้อย มีปริมาณกรด 0.08-0.10% ได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวใหญ่ และพันธุ์ทองดี หากแบ่งตามชนิดของสีเนื้อสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มเช่นเดียวกันได้แก่ กลุ่มที่เนื้อไม่มีสีหรือมีสีขาว ได้แก่พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์

ขาวพวง พันธุ์ขาวใหญ่ และพันธุ์ขาวแตงกวา กลุ่มที่สองได้แก่กลุ่มที่มีเนื้อมีสีแดงหรือสีชมพู ซึ่งเกิดจาก pigment พวก carotenoid (lycopene) ได้แก่ พันธุ์ทองดี พันธุ์ทับทิม พันธุ์ท่าข่อย และพันธุ์หอมหาดใหญ่ (รวี, 2542)

2.2.1 ส้มโอพันธุ์ทองดี

ลักษณะส้มโอพันธุ์ทองดีคือ ผลมีขนาดโตปานกลางทรงผลกลมแป้นไม่มีจุก ต้นขั้วผลมีสีเขียวเข้ม ต่อมน้ำมันละเอียดอยู่ชิดกัน เปลือกค่อนข้างบางด้านในของเปลือก ด้านในเปลือกมีสีชมพูเรื่อๆ ผลหนึ่งมีกลีบผลประมาณ 14-16 กลีบ ผนังกลีบมีสีชมพูอ่อน กุ้งมีสีชมพูเบียดกันแน่น นิ่มฉ่ำน้ำ รสหวานอมเปรี้ยว เมล็ดมีขนาดเล็กเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคโดยทั่วไปและส่งไปจำหน่ายไปจำหน่ายยังต่างประเทศ (Figure 2.2) (ทวีศักดิ์, 2549)

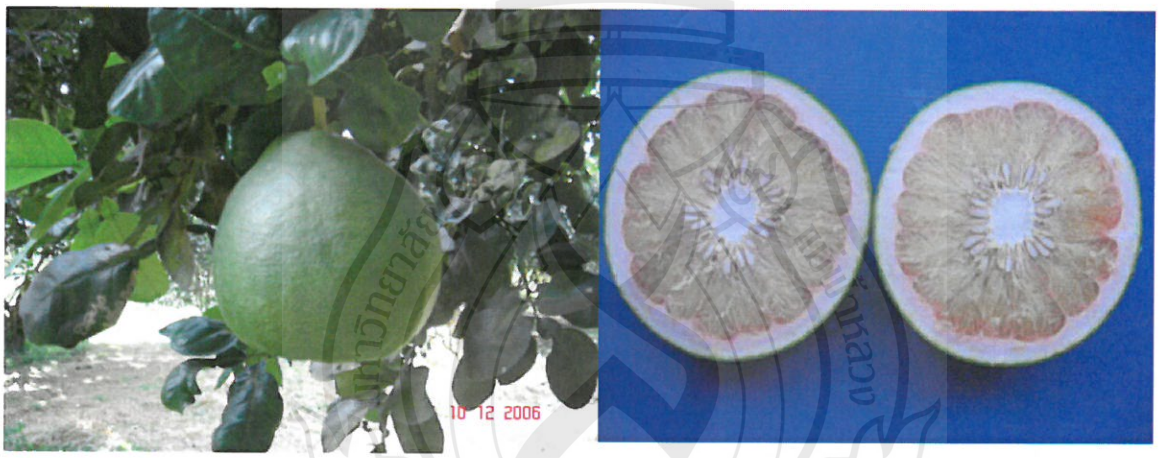


Figure 2.2: Pummelo cv. "Thong Dee"

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและกายวิภาคของผลส้ม

การเจริญเติบโตของผลส้มโดยทั่วไปเป็นแบบ Simple sigmoid curve ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 เป็นระยะการแบ่งเซลล์ การเพิ่มน้ำหนักและขนาดของผลส้มในระยะนี้ส่วนใหญ่เป็นการเจริญของเปลือกจากการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ในบางส่วน เรียกระยะนี้ว่า lag phase หลังจากการแบ่งเซลล์จะมีสารพวก pectin compounds มาสะสมอยู่ในเซลล์ (Bain, 1958) สำหรับการวิจัยเรื่องการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในประเทศไทยนั้น พบว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโตช่วง 1-5 สัปดาห์หลังดอกบานน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และ

1.4 คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย อาจารย์เสาวภา ไชยวงศ์
สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0-5391-6766 โทรสาร 0-5391-6739
E-mail : saowapa@mfu.ac.th, saowapa_c@yahoo.com

ผู้ร่วมวิจัย อาจารย์ ดร. ธีรพงษ์ เทพกรณ์
สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ต.ท่าสุด อ.เมือง จ.เชียงราย 57100
โทรศัพท์ 0-5391-6766 โทรสาร 0-5391-6739
E-mail : peawic@hotmail.com, theerapongt@mfu.ac.th

15-20 สัปดาห์แรกมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักเปลือก สอดคล้องกับน้ำหนักเปลือกที่มากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 9 เท่ากับ 3.3 ซม. (Figure 2.3) (เยาวรัตน์, 2545)

ระยะที่ 2 เป็นระยะที่ผลส้มมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด เป็นระยะการขยายขนาดของเซลล์ การเพิ่มขนาดของผล เรียกระยะนี้ว่า log phase ประกอบด้วย การแบ่งตัวและขยายขนาดเซลล์ชั้น albedo ต่อมน้ำมันเพิ่มขนาดใหญ่ขึ้น juice sac ขยายขนาดและมีน้ำคั้นเพิ่มขึ้น (Bain, 1958) เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง น้ำหนักผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่อายุ 5-25 สัปดาห์และภายหลัง 21 สัปดาห์หลังดอกบาน น้ำหนักเนื้อมีค่ามากกว่าเปลือกและน้ำหนักเนื้อสูงสุดเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 30 (Figure 2.3) และตั้งแต่สัปดาห์ที่ 16-28 หลังดอกบาน juice sac มีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างมากและมีน้ำภายใน juice sac เพิ่มมากขึ้น (เยาวรัตน์, 2545)

ระยะที่ 3 เป็นระยะของการแก่ของส้ม เรียกระยะนี้ว่า stationary phase ซึ่ง juice sac มีขนาดเพิ่มขึ้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและขนาดผลยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่เกิดในอัตราที่ลดลง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเพิ่มของเนื้อและไส้กลาง (Bain, 1958) เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ที่ไม่มีการเพิ่มน้ำหนักเปลือกและความหนาเปลือกคงที่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 30 (Figure 2.3) (เยาวรัตน์, 2545)

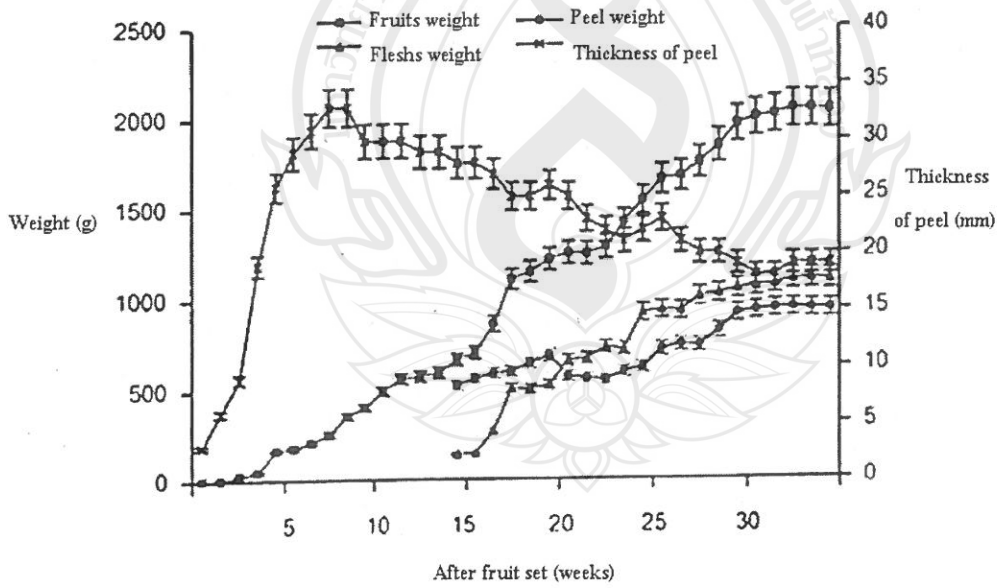


Figure 2.3: Fruit, Flesh, peel weights and peel thickness of pummelo cv. "Kao Nam Phueng" (เยาวรัตน์, 2545)

2.4 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของส้มในระหว่างการเจริญเติบโต

2.4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) และอัตราส่วน TSS:TA

ปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลส้มมีขนาดใหญ่ขึ้น หลังจากนั้นเริ่มคงที่ หรืออาจเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อผลเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ (Davie et al., 1994) ตรงกันข้ามกับปริมาณ TA ที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเจริญเติบโต หลังจากการนั้นเมื่อผลโตขึ้นและปริมาณน้ำคั้นเพิ่มขึ้น ปริมาณ TA ลดลงเนื่องจากมีการเจือจางของกรด และปริมาณ TSS:TA ค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลเข้าสูระยะความบริบูรณ์ (Ladaniya, 2008)

2.4.2 น้ำตาล

การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลในระหว่างการเจริญเติบโตซึ่งประมาณ 75-85% ของปริมาณ TSS เป็นน้ำตาล และน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลนอนรีดิวซ์ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อผลเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ โดยที่ปริมาณน้ำตาลใน grapefruit ซึ่งเป็นส้มที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับส้มโอนั้น พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 2-5% และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ 2-3% (Seymour et al., 1993)

2.4.3 วิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีโดยทั่วไปใน grapefruit มีค่า 20-50 mg/100g ซึ่งปริมาณวิตามินซีสำหรับการบริโภคต่อวันต้องการ 30-60 mg/คน/วัน โดยปกติปริมาณวิตามินซีมีมากในผลส้มอ่อนและมีปริมาณลดลงเมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ (Ladaniya, 2008)

2.5 ดัชนีการเก็บเกี่ยวส้มโอ

การกำหนดดัชนีการเก็บเกี่ยวส้มโอสำหรับการส่งออกนั้นแบ่งได้ตามสมบัติทางกายภาพและเคมีดังต่อไปนี้

2.5.1 สมบัติทางกายภาพของส้มโอ

ตามอ้างอิงของ United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) ได้กำหนดว่าส้มโอที่สามารถเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออกได้ สีเปลือกควรเปลี่ยนสีอย่างน้อย 2/3 ของพื้นที่ผิว (http://www.unece.org) อีกทั้งได้มีการกำหนด %น้ำคั้นในส้มโอของประเทศฟิลิปปินส์ ควรมีปริมาณน้ำคั้นอย่างน้อย 50% (นิธิยาและคนัย, 2548) (Table 2.1)

นอกจากนี้สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ได้มีการกำหนดความบริบูรณ์และการแบ่งเกรดผลส้มโอ โดยใช้สมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้ น้ำหนักผล เส้นผ่าศูนย์กลางผล เส้นรอบวงผล (Table 2.2-2.3)

Table 2.1: The maturity index determination of pummelo by peel color and %juice

Maturity index standard	Standard	References
Coloring	Must be typical of the variety on at least two-thirds of the surface of the fruit.	(http://www.unece.org)
% Juice	50% in pummelo	(นิธิยา และคนัย, 2548)

Table 2.2: Thai pummelo grading (size) for export (http://www.acfs.go.th)

Size	Weight/fruits (g)
1	>1900
2	>1700-1900
3	>1500-1700
4	>1300-1500
5	>1100-1300
6	>900-1100
7	>700-900
8	>400-70

Table 2.3: Thai pummelo grading (diameter and circumference) for export (http://www.acfs.go.th)

Size	Diameter (inch)	Diameter (mm)	Circumference (inch)	Circumference (mm)
1	>7	>170	>21.10	>536
2	>6.20-7.00	>159-170	>19.4-21.10	>493-536
3	>5.90-6.20	>151-159	>18.5-19.4	>470-493
4	>5.60-5.90	>143-151	>17.5-18.5	>445-470
5	>5.30-5.60	>135-143	>16.6-17.5	>422-445
6	>4.90-5.30	>126-135	>15.0-16.6	>396-422
7	>4.60-4.90	>117-126	>14.5-15.0	>368-396
8	3.90-4.60	100-117	12.3-14.5	313-368

2.5.2 สมบัติทางเคมีของส้มโอ

จากการกำหนดมาตรฐานส้มโอของ มกอช. นั้นได้กำหนดค่า TSS ของส้มโอของประเทศไทย ควรมีปริมาณ TSS อย่างน้อย 8% (http://www.acfs.go.th) สำหรับส้มโอของประเทศฟิลิปปินส์ควรมีปริมาณ TSS อย่างน้อย 9% (นิธิยา และคนัย, 2548) (Table 2.4)

Table 2.4: The determination of pummelo maturity index by chemical properties

Maturity index standard	Standard	References
TSS (%) in Thailand	8%	(http://www.acfs.go.th)
TSS (%) in Philippines	9%	(นิธิยาและคนัย, 2548)
TA (%)	0.6%	
TSS:TA ratio	10:1	

2.6 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของส้ม

2.6.1 การเปลี่ยนสีเปลือก

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้ตระกูลส้มส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก โดยสีเขียวของคลอโรฟิลล์จะสลายตัวกลายเป็นสารที่ไม่มีสี และมีการสังเคราะห์สารสีเหลืองหรือสีส้มแดงขึ้นมาแทน การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase เมื่อใช้เอทิลีนเร่งการสลายสีเขียวของเปลือกผลส้มจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase เพิ่มขึ้นควบคู่กัน ทำให้สีเหลืองของสี Carotenoids ปรากฏขึ้น ซึ่งสารนี้มีอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวปิดบังไว้จึงไม่ปรากฏสีสีชัดออกมาพร้อมกับมีการสังเคราะห์ Carotenoids ใหม่มาด้วย (Gross, 1987)

2.6.2 การสูญเสียน้ำ

การสูญเสียน้ำในพืชตระกูลส้มเป็นสาเหตุสำคัญของเสื่อมคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มที่สูญเสียน้ำหนัก 5% จะทำให้ผลเหี่ยวและไม่สามารถวางจำหน่ายได้ (Grierson and Wardowski, 1978) สำหรับการสูญเสียน้ำของผลส้มเขียวหวานมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ความหนาของเปลือก โดยผลส้มที่มีเปลือกหนาจะสูญเสียน้ำมากกว่าผลส้มที่เปลือกบาง เนื่องจากผลที่มีเปลือกหนาจะมีจำนวนปากใบมากกว่า ขณะเดียวกันผลส้มที่มีเปลือกบางมีชั้นของ flavedo ที่หนากว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี (Ketsa, 1990)

2.6.3 อัตราการหายใจ

ส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ที่มีอัตรการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำ (จริงแท้, 2548) ดังนั้นการเสื่อมคุณภาพเนื่องจากการหายใจ และการผลิตเอทิลีนจึงเกิดขึ้นน้อย โดยอัตราการหายใจของ grapefruit ทั่วไปน้อยกว่า 10 $mgCO_2/kg.hr$ (Burns, 2008)

2.7 การเคลือบผิวผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ผลไม้ส่วนใหญ่มีสารธรรมชาติประเภทไข (wax หรือ cutin) เคลือบอยู่บริเวณผิวด้านนอกเรียกว่า cuticle หรือมีนวลของผลไม้ปกคลุมเซลล์ผิวชั้นของ cuticle สารเคลือบนี้บทบาท

สำคัญในการป้องกันการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซที่บริเวณผิว ภายหลังการเก็บเกี่ยว ชั้นคิวติเคิลหรือนวลที่เคลือบผิวนี้อาจจะหลุดหายไปในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การขนย้าย หรือการทำความสะอาด ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ความทนทานและความสวยงามของผิวผลไม่เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าปกติ (ดนัย, 2540)

ผลไม้ตระกูลส้มในระยะผลอ่อนแวกซ์ที่สร้างส่วนใหญ่เป็น soft wax แต่เมื่อผลแก่จะสร้าง hard wax เป็นปริมาณมากขึ้น ทั้ง soft wax แต่เมื่อผลแก่จะสร้าง hard wax มากขึ้น ทั้ง soft wax และ hard wax มีองค์ประกอบทางเคมีเป็น hydrocarbon long-chain alcohol และ aldehyde แต่มีคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างที่แตกต่างกันกันคือ soft wax ไม่ละลายในกรดโอเลอิก ในขณะที่ hard wax ละลายได้ในกรดโอลีโนอิก (Ben-Yenshoua, 1987) ในทางปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ เช่น การล้างทำความสะอาด การขนส่ง ทำให้แวกซ์ที่อยู่ตามธรรมชาติหลุดออกได้ง่าย เป็นผลให้มีการสูญเสียน้ำออกจากคิวติเคิลมากขึ้น

ดังนั้นการเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นวิธีการทดแทนแวกซ์ธรรมชาติที่หลุดออกไปและปิดรอยเปิดตามธรรมชาติ รวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้ จึงได้มีการผลิตสารเคลือบผิวขึ้นมาใช้เคลือบผิวผลไม้ทดแทนไขตามธรรมชาติที่หลุดไป โดยเฉพาะสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ เนื่องจากค่านิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมความเป็นอยู่ที่ใกล้ธรรมชาติและตระหนักถึงสารพิษที่เป็นอันตรายทั้งกับสภาพแวดล้อมและสุขภาพของผู้บริโภค (จริงแท้, 2538)

สารเคลือบผิวที่ใช้กับผลส้มในปัจจุบันนี้มีหลายชนิดแต่ละชนิดมีส่วนผสมแตกต่างกันและมีหลายบริษัทที่ผลิตจำหน่าย สารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีสัดส่วนของแวกซ์กับตัวทำละลายที่ใช้เป็นส่วนผสมยังคงเป็นความลับทางการค้า แวกซ์ที่ใช้ทั่วไปอาจได้จากแหลงต่างๆ ดังนี้

2.7.1 แวกซ์จากพืช สกัดแยกได้จาผิวพืชมีหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวผลไม้ คือ

2.7.1.1 คาร์นูบาแวกซ์ (Carnuba wax) เป็นแวกซ์ที่สกัดแยกได้จากผิวของ Brazillian palm (*Copernicia cerifera*) เป็นแวกซ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด มีความแข็งแรงมากที่สุด มีความมันวาวมากที่สุด มีกลิ่นหอม และมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุด (84-96°C)

2.7.1.2 แคเดลิลลาแวกซ์ (Candelilla wax) เป็นแวดซ์ที่สกัดแยกได้จากต้นของวัชพืช *Pedilianthus pavonis* มีความแข็ง เปราะ และเป็นความมันวาวรองจากคาร์นูบาแวกซ์ และมีกลิ่นหอมเมื่อรวมตัวกับกรดโอเลอิก จะเกิดผลึกน้อยลงและมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น

2.7.2 แวกซ์จากสัตว์ มีความแตกต่างกันหลายชนิด แค่ที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวผลไม้ ได้แก่

2.7.2.1 เชลแลก (Shellac) ได้จากมูลครั่ง มีความเป็นมันเงาสูง มีจุดหลอมเหลวสูงที่อุณหภูมิ 72-80°C

2.7.2.2 Spermaceti ได้จากไขปลาวาฬ

2.7.2.3 Wool wax ได้จากขนแกะ

2.7.2.4 Bee wax ได้จากผึ้ง

2.7.3 แวกซ์จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม (petroleum wax) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตเลียม มีแตกต่างกัน 4 ชนิด แต่ชนิดที่สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นส่วนผสมของสารเคลือบได้แก่

2.7.3.1 parraffin wax มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว อ่อนนุ่ม ลื่น ไม่มีกลิ่น เมื่อผสมกับตัวทำละลายจะมีลักษณะเหนียว

2.7.3.2 microcrytalline wax เป็นผลึกขนาดเล็ก เหนียว และอ่อนนุ่ม มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มี tensile strength และจุดหลอมเหลวสูงกว่า paraffin wax มีความมันวาวน้อย ลื่นมือ สามารถรวมกับ vegetable wax และ resin ได้ ซึ่งมีผลให้จุดหลอมเหลวและความเข็งเพิ่มขึ้น

2.7.4 แวกซ์จาก fossil (mineral wax) เช่น montan wax แต่ไม่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวเนื่องจากมีสีเข้ม

2.7.5 แวกซ์จากการสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมี (chemical synthesis wax) เช่น polyethylene wax, polyethylene glycol (cabowax), chlorinated nathalene (Halowax), sorbitaol เป็นต้น

แวกซ์ที่ใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิว นอกจากจะต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี และมีคุณสมบัติอื่นๆ ที่เหมาะสมกับผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ยังต้องมีความปลอดภัยต่อการบริโภคสูง คาร์นูบาแวกซ์และเชลแลกเป็นแวกซ์ที่สกัดแยกได้จากผิวพืชและมูลครั่ง จึงเชื่อมีความปลอดภัยสูง และมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เพราะสารเคลือบผิวที่จำหน่ายทางการค้าส่วนใหญ่มักจะเตรียมจากแวกซ์ทั้ง 2 ชนิดนี้ ซึ่งอาจเตรียมโดยใช้แวกซ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นส่วนผสมหลักเพียงชนิดเดียว หรืออาจผสมเข้าด้วยกัน หรืออาจผสมเข้าด้วยกัน หรือผสมกับแวกซ์ชนิดอื่น เช่น แวกซ์กับเรซิน (resin) (Hagenmaier and Shaw, 1992) แคนเดลิลลา และพาราฟินเป็นต้น ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง เนื่องจากคาร์นูบาแวกซ์มีราคาแพงมากที่สุด รองลงมาคือเชลแลกและแคนเดลิลลา ส่วนพาราฟินมีราคาถูกที่สุด

2.8 ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของส้ม

คุณสมบัติของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้มควรมีความมันวาว ลดการสูญเสียน้ำเพื่อชะลอการเหี่ยวของผลและยอมให้ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้อย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นผิดปกติ แต่สารเคลือบผิวส่วนใหญ่มีคุณสมบัติดังกล่าวไม่ครบถ้วน จึงแก้ปัญหาโดยการเคลือบผิวส้มเป็นชั้นๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด

2.8.1 ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการสูญเสียน้ำหนัก

การเคลือบผิวผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจึงเป็นการทดแทนเวกซ์ตามธรรมชาติที่หลุดออกไปและปิดรอยแผลตามธรรมชาติ รวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว จะช่วยลดการสูญเสียน้ำได้และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ ซึ่งอาจได้ผลดีมากกว่าผลไม้ที่มีแวกซ์ติดอยู่อย่างสมบูรณ์ (จริงแท้, 2538) สำหรับการทดลองการเคลือบผลส้มเขียวหวานในประเทศไทยนั้น ปรีดา (2536) ศึกษาการเคลือบผิวส้มเขียวหวานด้วยคาร์นูบาร์แวกซ์ความเข้มข้น 0-15% และเชลแลกความเข้มข้น 0-20% พบว่าสารเคลือบผิวที่เตรียมจากคาร์นูบาแวกซ์สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักได้ 60% และไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้ปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในผลไม่แตกต่างจากส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ส่วนสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเชลแลกสามารถลดการสูญเสียน้ำได้ 20% และจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ แต่สารเคลือบทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายใน ดังตัวอย่างเช่นการใช้สารเคลือบผิว Citrus shine ความเข้มข้น 60% และ 80% เคลือบผลส้มตราและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลานาน 20 วัน พบว่า น้ำหนักสดของส้มลดลง 11.7% และ 11.2% ตามลำดับ ขณะที่น้ำหนักสดของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวลดลง 17.9% (สุภาพ, 2531)

2.8.2 ผลของการใช้สารเคลือบผิวต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

สารเคลือบผิวนั้นปิดปากใบและรอยแตกตามธรรมชาติที่ผิวของส้ม ทำให้จำกัดการซึมผ่านของก๊าซต่างๆ ได้ แต่ไม่มีผลต่อการระเหยของไอน้ำมากนัก โดยสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผล grapefruit คือ 3-10%O_2 และ 5-10%CO_2 สามารถชะลอการเสื่อมสภาพและรักษาความแน่นเนื้อได้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13-15°C นอกจากนี้หากเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซ O_2 น้อยกว่า 3%O_2 หรือก๊าซ CO_2 มากกว่า 10%CO_2 พบกลิ่นและรสผิดปกติ (Arpaia and Kader, 2006) ดังเช่นการเคลือบผิวของ grapefruit พันธุ์ Marsh และส้มพันธุ์ Valencia ทำให้ปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในผลสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้เคลือบผิวซึ่งเป็นผลมากจากสารเคลือบผิวจำกัดซึมผ่านซึมก๊าซ CO_2 โดยสารเคลือบผิวไปปิดรูเปิดตามธรรมชาติชั้น epidermis นั่นเอง (Hagenmaier and Baker, 1993) นอกจากนี้ Petracek et al. (1996) ได้ทดลองใช้สารเคลือบทางการค้าด้วยสาร Carnuba-based wax และ Polyethylene-based

wax กับ white grapefruit พบว่าปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ไม่แตกต่างกัน (5-5.8%O_2 และ 9.5-10%CO_2) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 21°C นาน 28 วัน และไม่พบปริมาณเอทานอลภายในผล เช่นเดียวกับการไม่เคลือบผล นอกจากนี้การหุ้มด้วยฟิล์ม PVC กับผล 'Minineola' tangelos ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออัตราส่วน TSS:TA และปริมาณวิตามินซีเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20°C นาน 30 วัน (Aquino et al., 1998)

การเคลือบผิวมีผลให้พืชสังเคราะห์เอทิลีนลดลง โดยการเคลือบผิวสามารถจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ผลมีปริมาณก๊าซ O_2 ต่ำและ CO_2 สูง ส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนหยุดชะงักในบรรยากาศที่ขาดก๊าซ O_2 เพราะก๊าซ O_2 มีความจำเป็นในขั้นตอนการเปลี่ยน 1-aminocyclopropane 1-carbocylic acid (ACC) ให้เป็นเอทิลีน (ดนัย, 2540) โดยพบว่าการใช้สารเคลือบผิวที่จำกัดการคายน้ำ เป็นสารเคลือบผิวชั้นใน ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ส่วนชั้นนอกใช้สารเคลือบผิวพวก polyethylene หรือ สารผสมระหว่าง shellac และresin ester จะทำให้มีความมันวาวและสารผสมระหว่าง shellac และ resin ยังจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ O_2 และ CO_2 มากกว่าสารเคลือบผิวพวก polyethylene (Hagenmaier and Baker, 1995) นอกจากนี้ Hagenmaier and Shaw (1992) ได้แนะนำว่าสารเคลือบผิวที่เหมาะสมสำหรับผลไม้ตระกูลส้มควรให้ก๊าซ O_2 CO_2 และ C_2H_4 ซึมผ่านได้มาก แต่ควรจำกัดการระเหยของไอน้ำเพื่อลดการสูญเสียน้ำของส้ม แต่การจำกัดการซึมผ่านของก๊าซไม่สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของส้มได้มาก (Ben-Yehoshua, 1987)

2.9 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น

ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจต่อสุขภาพมากขึ้น การรับประทานผักและผลไม้สดปลอดสารพิษเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคเพื่อให้ตนเองมีสุขภาพและชีวิตที่ดี ส้มโอเป็นผลไม้ทางเลือกหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีความโดดเด่นไม่แพ้ผลไม้อื่น เนื่องจากพืชตระกูลส้มเป็นแหล่งของสารต่างๆ ที่มีประโยชน์ของร่างกาย โดยเฉพาะสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และคาโรทีนอยด์ ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ต่อต้านการติดเชื้อ ลดความดันในเลือด ซึ่งสามารถลดการเกิดโรคเรื้อรังเช่น โรคมะเร็งและโรคหัวใจ (Tripoli et al., 2007)

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาในการเก็บรักษาในสภาพดังกล่าวข้อมูลยังมีน้อยและส่วนมากมีการศึกษาในผักตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh-cut products) เช่น แครอท บลอคโคลี่ แอปเปิ้ล สาลี่ ซึ่งจากรายงานการเก็บรักษาแครอทสีส้มในบรรจุภัณฑ์สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณก๊าซ 5%O_2+5%CO_2ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 10 วัน พบว่าปริมาณ

สารประกอบฟีนอลลิคทั้งหมดน้อยกว่าการเก็บในสภาพอากาศปกติ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นด้วยวิธี ORAC (Alasalvar et al., 2005) สำหรับผลการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (Controlled Atmosphere) พบว่าการเก็บรักษาในสภาพ 3%O_2 +10%CO_2 ในมะม่วง ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 14 วัน ปริมาณฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง แต่มีปริมาณมากกว่าการเก็บรักษาอากาศปกติ (21%O_2 +0.03%CO_2) หรือการเก็บรักษาใน 3% O_2 เพียงอย่างเดียว (Kim et al., 2007)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี

ทำเครื่องหมายบนกิ่งส้มโอพันธุ์ทองดีทีอายุผล 3 เดือนหลังดอกบาน จากสวนเกษตรกรที่ได้รับการรับรอง Good Agricultural Practice (GAP) ใน อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย หลังจากนั้นเก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ทองดีจำนวน 10 ผล (1 ผล/ซ้ำ) และเก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ทองดีอายุ 3-8 เดือน (12-32 สัปดาห์) หลังดอกบาน เพื่อนำมาตรวจสอบการเจริญเติบโตผลส้มโอดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

3.1.1 น้ำหนักผล (กรัม)

3.1.2 น้ำหนักเปลือก (กรัม)

3.1.3 น้ำหนักเนื้อ (กรัม)

3.1.4 เส้นรอบวงผล (ซม.)

3.1.5 เส้นผ่าศูนย์กลางเนื้อและผล (ซม.) (equatorial axis; E) ใช้มีดผ่ากลางผลส้มโอในส่วนที่กว้างที่สุดแล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลาง

3.1.6 ความสูงผล (ซม.) (polar axis; P)

3.1.7 อัตราส่วนระหว่างความสูง (polar axis; P) และเส้นผ่าศูนย์กลางผล (equatorial axis; E) หรือ P/E ratio ของผล

3.1.8 ความหนาเปลือก (ซม.)

3.1.9 สีผิวของเปลือกและเนื้อ (juice sac) โดยใช้เครื่องวัดสี Miniscan แสดงผลเป็นค่า L* a* b* CIE Chromaticity values โดยค่า L* (ค่าความสว่าง) มีค่าตั้งแต่ 0 (black) ถึง 100 (white) ค่า a* ประกอบด้วย +a = สีแดง (red) –a = เขียว (green) และ b* ประกอบด้วย +b = สีเหลือง (yellow) –b = น้ำเงิน (blue)

3.1.10 เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น (% juice) คำนวณจากร้อยละของน้ำหนักน้ำคั้นต่อน้ำหนักของส้มโอ

สมบัติทางเคมี

3.1.11 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ของน้ำคั้นมีหน่วยเป็น % ซึ่งวัดด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO, Japan)

3.1.12 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) โดยนำน้ำคั้น 2 มิลลิลิตร เติม phenolphthalein 1% 1-2 หยด เป็น indicator แล้วไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึง end points นำค่าปริมาตรสาร NaOH แล้วมาคำนวณหาค่า % citric acid จากสูตร

$$\% \text{ TA} = \frac{(\text{ml NaOH})) (\text{N NaOH}) (\text{meq.wt. acid})}{\text{ml. of sample}} \times 100$$

N base คือ normality ของสารละลาย NaOH

meq.wt. acid (Citric acid) = 0.006404

3.1.13 อัตราส่วนระหว่าง TSS:TA

3.1.14 ปริมาณวิตามินซี โดยนำน้ำคั้นส้มโอ 2 ml และทำการไทเทรตด้วยสาร 2–6 dichlorophenol-indophenol (AOAC, 1990) รายงานผลในหน่วย (mg/100 ml)

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ทำการคัดเลือกผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่ระยะความบริบูรณ์ 75% (7.5 เดือนหลังจากดอกบาน) ขนาดผลเส้นรอบวง 18-19 นิ้ว น้ำหนักผล 900-1,000 กรัม จากสวนเกษตรกร อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มีทั้งหมด 5 ทรีทเมนต์ได้แก่

ทรีทเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิว)

ทรีทเมนต์ที่ 2 เคลือบผิวสารเคลือบทางการค้าจากบริษัท Productos Citrosol, S.A. (Spain) คือ Citrosol AK (Carnuba wax 18%)

ทรีทเมนต์ที่ 3 เคลือบผิวสารเคลือบทางการค้าจากบริษัท Productos Citrosol, S.A. (Spain) Honra (Polyethylene wax 13% และ Wood rosin 3%)

ทรีทเมนต์ที่ 4 การหุ้มด้วยฟิล์มยืด M-wrap

ทรีทเมนต์ที่ 5 การบรรจุแบบ liner ('bag-in-box' type) ในถุงแอคทีฟที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen Transmission Rate; OTR) 17,000 cc./m^2.day ขนาดถุง 33 x 38 นิ้ว โดยได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

โดยการเคลือบผลส้มโอใช้สารเคลือบอัตราส่วน 1.25 มล./ผล ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ผล ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 60 วัน ระหว่างการเก็บรักษาทุก 10 วัน ทำการย้ายผลส้มโอมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C นาน 3 วัน โดยตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

3.2.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในผลส้มโอด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (Agilent 6890N) มี detector TCD (Thermal conductivity detector) รายงานผลเป็น $\%O_2$ และ $\%CO_2$

3.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก (%) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

3.2.4 ค่าของสีเปลือก โดยใช้เครื่องวัดสี Miniscan แสดงผลเป็นค่า L* a* b* CIE Chromaticity values โดยค่า L* (ค่าความสว่าง) มีค่าตั้งแต่ 0 (black) ถึง 100 (white) ค่า a* ประกอบด้วย +a = สีแดง (red) –a = เขียว (green) และ b* ประกอบด้วย +b = สีเหลือง (yellow) –b = น้ำเงิน (blue)

3.2.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ของน้ำคั้นมีหน่วยเป็น % ซึ่งวัดด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO, Japan)

3.2.6 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity; TA) โดยนำน้ำคั้น 2 มิลลิลิตร เติม phenolphthalein 1% 1-2 หยด เป็น indicator แล้วไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึง end points นำค่าปริมาตรสาร NaOH แล้วมาคำนวณหาค่า % citric acid จากสูตร

$$\%\ TA = \frac{(\text{ml NaOH})\ (\text{N NaOH})\ (\text{meq.wt. acid})}{\text{ml. of sample}} \times 100$$

N base คือ normality ของสารละลาย NaOH

meq.wt. acid (Citric acid) = 0.006404

3.2.7 ปริมาณวิตามินซี โดยนำน้ำคั้นส้มโอ 2 ml และทำการไทเทรตด้วยสาร 2–6 dichlorophenol-indophenol (AOAC, 1990) รายงานผลในหน่วย (mg per 100 ml)

3.2.8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolics) ในน้ำคั้นส้มโอตามวิธีการของ Singleton and Rossi (1965) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่วัดได้มีหน่วยเป็น mg/100g น้ำหนักสด

ชั่งน้ำหนักส้มโอประมาณ 50-60 g ทำการคั้นน้ำและวัดปริมาตรน้ำคั้นส้มโอ (ml) ดูดน้ำคั้นมา 1 ml นำไปเจือจาง 10 เท่า หลังจากนั้นดูดตัวอย่างมา 1 ml เติม Folin-Ciocalteu phenol

reagent (10% v/v) 5 ml ทิ้งไว้นาน 5 นาที เขย่าให้เข้ากันด้วย vortex mixer และเติม Sodium carbonate 7.5% (w/v) 4 ml ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องSpectrophotometer (Biochrom / Libra s21 & s22, England) ที่ความยาวคลื่น 765 nm โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ที่ระดับความข้มข้น 10-100 µg/ml

3.2.9 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric reducing power activity (FRAP-assay)

ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของ Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ตามวิธีของ Yen & Duh (1995) โดยชั่งน้ำหนักส้มโอประมาณ 50-60g ทำการคั้นน้ำและวัดปริมาตรน้ำคั้นส้มโอ (ml) ดูดน้ำคั้นมา 1 ml เติม phosphate buffer (0.2 M, pH 6.6) 2.5 ml และ 1% aqueous potassium hexacyanoferrate [$K_3Fe(CN)_6$] 2.5 ml หลังจากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 50°C นาน 30 นาที และเติม 10% trichloroacetic acid 2.5 ml ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ทิ้งไว้นาน 10 นาที จะเกิดการแยกชั้นของสารละลาย หลังจากนั้นเติมน้ำ 5 ml และ 0.1% aqueous $FeCl_3$ 0.5 ml วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 700 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Biochrom/ Libra s21 & s22, England) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ ascorbic acid ที่ระดับความข้มข้น 0-1000 µM และรายงานผลการทดลองความสามารถในการรีดิวซ์มีหน่วยเป็น µmol AA/100g น้ำหนักสด

3.2.10 ประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยประเมินจากความชอบคะแนนกลิ่นและรส ซึ่งใช้ผู้ประเมินที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 15 คน แบ่งเป็นระดับการให้คะแนนดังนี้

แบบทดสอบประสาทสัมผัสส้มโอ

ชื่อ.....**วันที่**.....

ตัวอย่าง.....

ลักษณะ	1	2	3	4	5
กลิ่นและรส					

หมายเหตุ: 1 = ไม่ชอบ 2= ชอบน้อย 3=เฉย ๆ 4=ชอบมาก 5=ชอบมากที่สุด

3.2.11 ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติจากโปรแกรม SAS (version 8.1) ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05%

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี

การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีในเขต อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย ระหว่าง 14-32 สัปดาห์ (3-8 เดือน) หลังดอกบาน เพื่อประเมินความบริบูรณ์ของส้มโอ จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดังต่อไปนี้ 1) สมบัติทางกายภาพได้แก่ น้ำหนักผล น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ เส้นรอบวง เส้นผ่าศูนย์กลางของเนื้อ เส้นผ่าศูนย์กลางผล (E) ความสูงผล (P) อัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางผล (P/E ratio) ความหนาเปลือก สีผิวเปลือกและเนื้อ ปริมาณน้ำคั้น 2) สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA) อัตราส่วนระหว่าง TSS:TA และปริมาณวิตามินซี

4.1.1 สมบัติทางกายภาพ

4.1.1.1 น้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเปลือกและความหนาเปลือก

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผล น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเปลือก และความหนาเปลือก พบว่าการเจริญของส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นแบบ sigmoid curve โดยระยะที่สองของการพัฒนาเป็นการพัฒนาเปลือกของส้มโอซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 14-22 หลังดอกบาน โดยระยะตั้งแต่สัปดาห์ที่ 22 หลังดอกบาน (ระยะที่สาม) ส้มโอมีการพัฒนาของเนื้อผลอย่างรวดเร็วสอดคล้องกับการลดลงของน้ำหนักเปลือกและความหนาเปลือก หลังจากนั้นความหนาเปลือกลดลงตามลำดับเมื่อผลเข้าสู่ระยะบริบูรณ์จาก 2.5 cm เป็น 1.5 cm (สัปดาห์ที่ 22-35 หลังดอกบาน) ซึ่งผลส้มโอพันธุ์ทองดีเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 28 หลังดอกบาน และมีน้ำหนักผลประมาณ 1,100 กรัม สอดคล้องกับการศึกษาของเยาวรัตน์ (2545) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พบว่ามีการเจริญแบบ sigmoid curve และการเจริญในช่วงที่สอง (สัปดาห์ที่ 5-25) น้ำหนักผลที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการเจริญของเปลือกอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการเจริญของผลส้มโอพันธุ์ทองดีในระยะแรกเป็นการเจริญของเปลือกจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 22 หลังดอกบาน (~5 เดือน) หลังจากนั้นเป็นการเจริญของเนื้อส้มโอจนกระทั่งผลเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ (Figure 4.1 and 4.8)

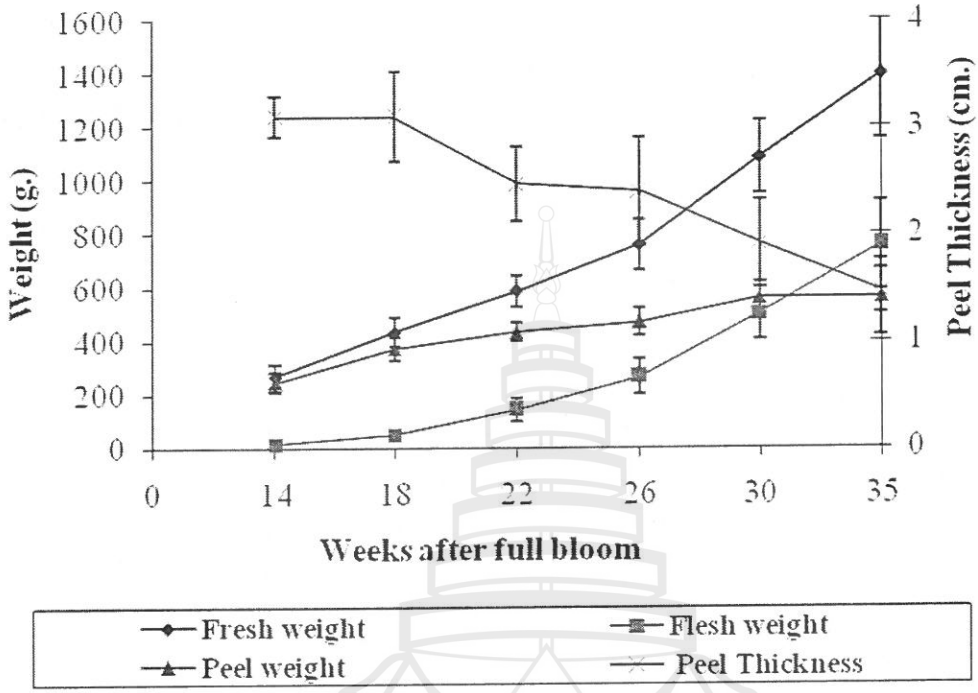


Figure 4.1: Growth and development of fruit weight, flesh weight, peel weight and peel thickness of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom.

4.1.1.2 เส้นรอบวงผล เส้นผ่าศูนย์กลางผลและเนื้อ และความสูงผล

การเปลี่ยนแปลงขนาดผลส้มโอพันธุ์ทองดีได้แก่ เส้นรอบวง เส้นผ่าศูนย์กลางผลและเนื้อและความสูงผล ในช่วงการเจริญสัปดาห์ที่ 22-35 หลับดอกบาน พบว่าเส้นรอบวงของผลส้มโอเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีขนาดเส้นรอบวง 31- 50.6 cm. เช่นเดียวกับเส้นผ่าศูนย์กลางเนื้อที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสอดคล้องกับน้ำหนักของเนื้อส้มโอที่เพิ่มขึ้น (Figure 4.1) ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลและความสูงผลเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Figure 4.2)

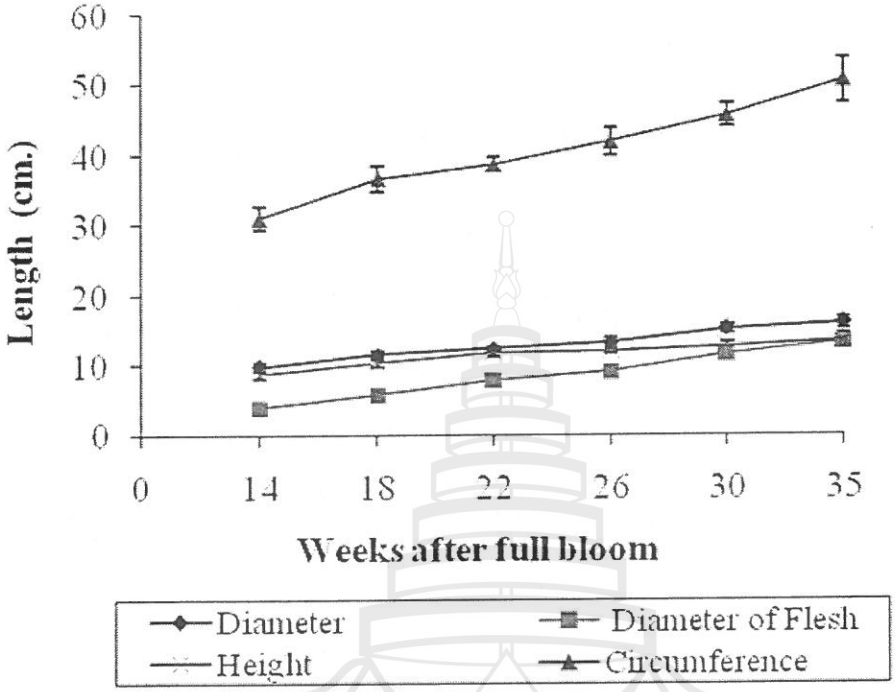


Figure 4.2: Growth and development of fruit and flesh diameters, fruit height, and fruit circumference of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom.

4.1.1.3 อัตราส่วนระหว่างความสูง (P) ของผลและเส้นผ่าศูนย์กลางผล (E) (P/E ratio)

อัตราส่วนระหว่างความสูง (P) ของผลและเส้นผ่าศูนย์กลางผล (E) ของส้มโอพันธุ์ทองดี ในช่วงสัปดาห์ที่ 14-35 ค่าค่อนข้างคงที่มีค่าประมาณ 0.9 แสดงว่าผลส้มโอพันธุ์ทองดีมีรูปร่างผลทรงกลมแป้น (Figure 4.3)

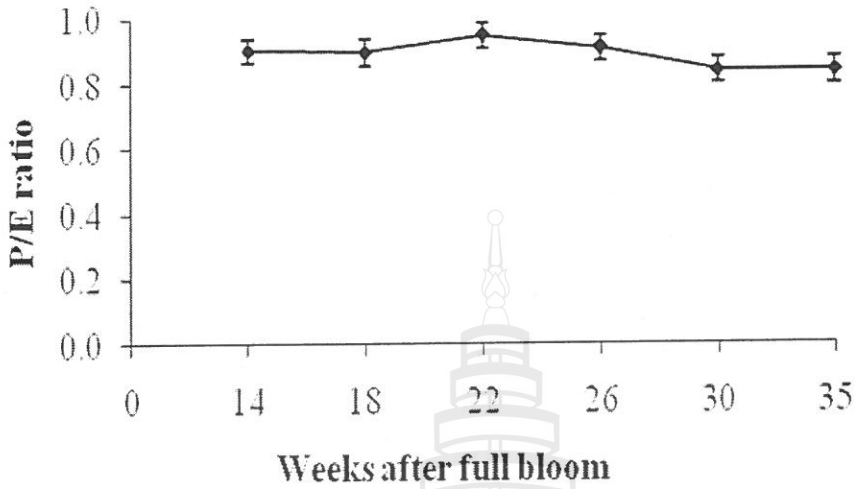


Figure 4.3: The P/E ratio changes of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom.

4.1.14 สีผิวเปลือกและสีเนื้อส้มโอ (L*, a*, b* value)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลส้มโอพบว่า ค่า L* (ความสว่าง) เพิ่มขึ้นเมื่อผลเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ (Figure 4.4A) การเปลี่ยนแปลงค่า -a* (ค่าสีเขียว) เพิ่มขึ้น หมายถึงค่าติดลบน้อยลงซึ่งหมายถึงค่าสีเขียวลดลง (Figure 4.4B) และการที่ค่า +b* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นซึ่งหมายถึงมีสีเหลืองมากขึ้น โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 26 หลังดอกบาน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของเปลือกส้มโอจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเมื่อผลเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ (Figure 4.4C)โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase เพิ่มขึ้น คลอโรฟิลล์เกิดการสลายตัวทำให้สีเหลืองของคาโรทีนอยด์ปรากฏให้เห็น โดยที่ปริมาณคาโรทีนอยด์ไม่ได้เพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2541)

ส่วนค่าสีเนื้อผลพบว่าค่า L* และ b* มีแนวโน้มลดลง (Figure 4.4A,C) แสดงว่าเนื้อส้มโอมีสีเหลืองอ่อนมากขึ้นเมื่อผลเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ สำหรับค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 26 แสดงว่าเนื้อส้มโอมีสีแดงเพิ่มมากขึ้น (Figure 4.4B) ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทองดีที่มีลักษณะสีเนื้อสีชมพูอ่อน และสอดคล้องกับค่า *b ของสีผิวเปลือกส้มโอที่ลดลงอย่างรวดเร็ว (Figure 4.4C)

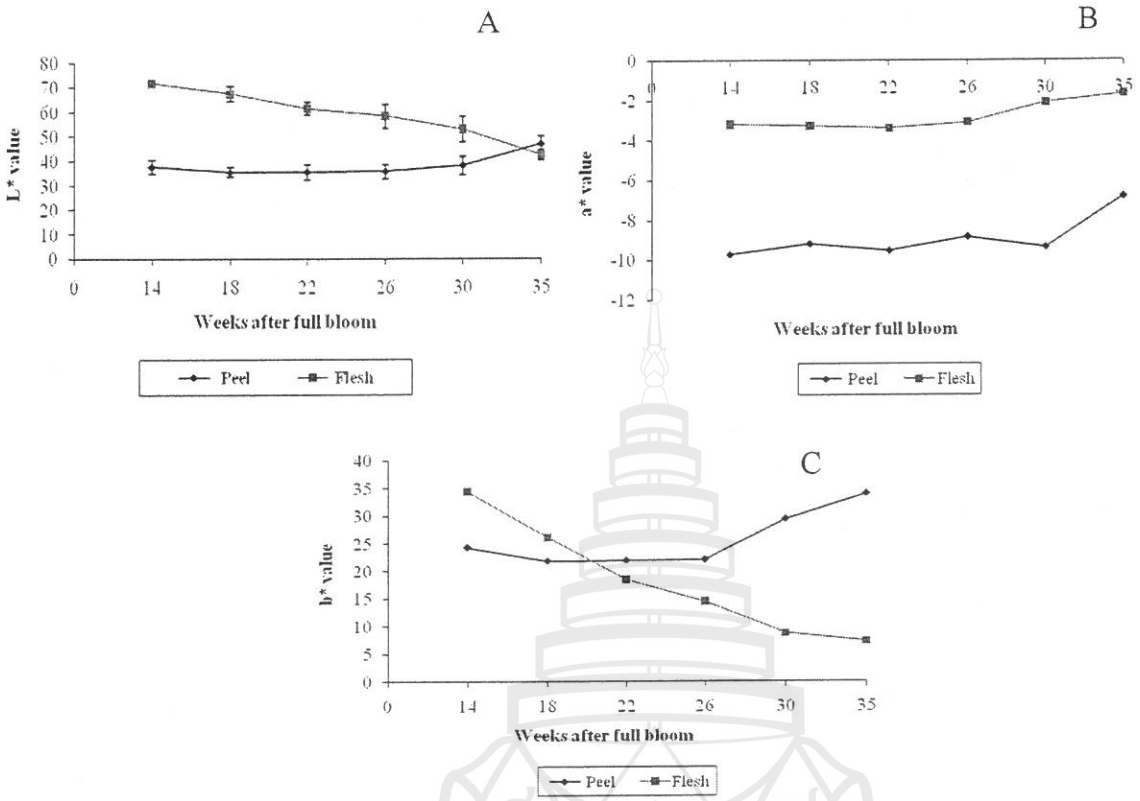


Figure 4.4: Color changes of peel and flesh of pummelo cv. "Thong Dee" during 14 to 35 weeks after full bloom.

4.1.1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำคั้น

ส้มโอพันธุ์ทองดีเมื่อเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ในสัปดาห์ที่ 30-35 หลังดอกบาน เปอร์เซ็นต์น้ำคั้นเพิ่มขึ้นตามลำดับซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 60% เป็น 65% (Figure 4.5) ซึ่งการประเมินความบริบูรณ์ของส้มโอสามารถกำหนดได้จากค่าเปอร์เซ็นต์น้ำคั้น ยกตัวอย่างเช่นในประเทศฟิลิปปินส์ที่กำหนปริมาณน้ำคั้นต่ำสุดของส้มโอควรมีค่าอย่างน้อย 50% (นิธิยาและดนัย, 2548) แต่อย่างไรก็ตามส้มโอของประเทศไทยไม่ได้ค่าดังกล่าวเป็นดัชนีความบริบูรณ์ของส้มโอ

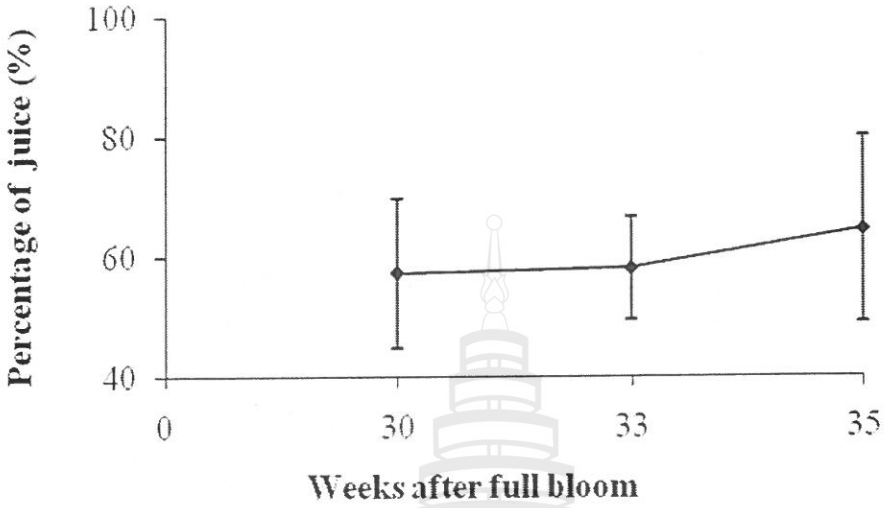


Figure 4.5: Juice (%) changes of of pummelo cv. "Thong Dee" during 30 to 35 weeks after full bloom

4.1.2 สมบัติทางเคมี

4.1.2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids ; TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable Acidity; TA) และอัตราส่วน TSS:TA

ปริมาณ TSS ของน้ำคั้นส้มโอเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อผลเข้าสู่ระยะความบริบูรณ์ในสัปดาห์ที่ 30-35 หลังดอกบาน ซึ่งมีค่า 8%-8.7% โดยปกติองค์ประกอบของน้ำคั้นของพืชตระกูลส้ม 75-85% เป็นน้ำตาล (Ladaniya, 2008) และปริมาณ TA ลดลงอย่างช้า ๆ เช่นกัน ทำให้อัตราส่วน TSS:TA (9:1) เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS และลดลงของปริมาณ TA (Figure 4.6) เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่พบว่า สามารถเก็บเกี่ยวผลส้มโอตั้งแต่ผลอายุ 26 สัปดาห์หลังดอกบาน อัตราส่วน TSS:TA มีค่า 17:1 หากต้องการให้ผลส้มโอมีคุณภาพดีควรเก็บเกี่ยวผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในช่วงสัปดาห์ที่ 28-30 หลังดอกบาน (เยาวรัตน์, 2545) อย่างไรก็ตามการกำหนดมาตรฐานส้มโอเพื่อการส่งออกของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร (มกอช.) ปี 2550 กำหนดปริมาณ TSS ขั้นต่ำของส้มโอควรมีค่าอย่างน้อย 8% (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร, 2550) ดังนั้นผลส้มโอพันธุ์ทองดีที่ปลูกใน อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย มีคุณภาพในด้านสมบัติทางเคมีสอดคล้องกับมาตรฐานของ (มกอช.) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ TSS ที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่ามากกว่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อย แสดงว่าส้มโอมีรสชาติหวานค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงควรมีพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพของผลส้มโอเพื่อให้ตรงตามมาตรฐานการส่งออกและคุณภาพด้านรสชาติในการผลิตเพื่อการส่งออกต่อไปในอนาคต

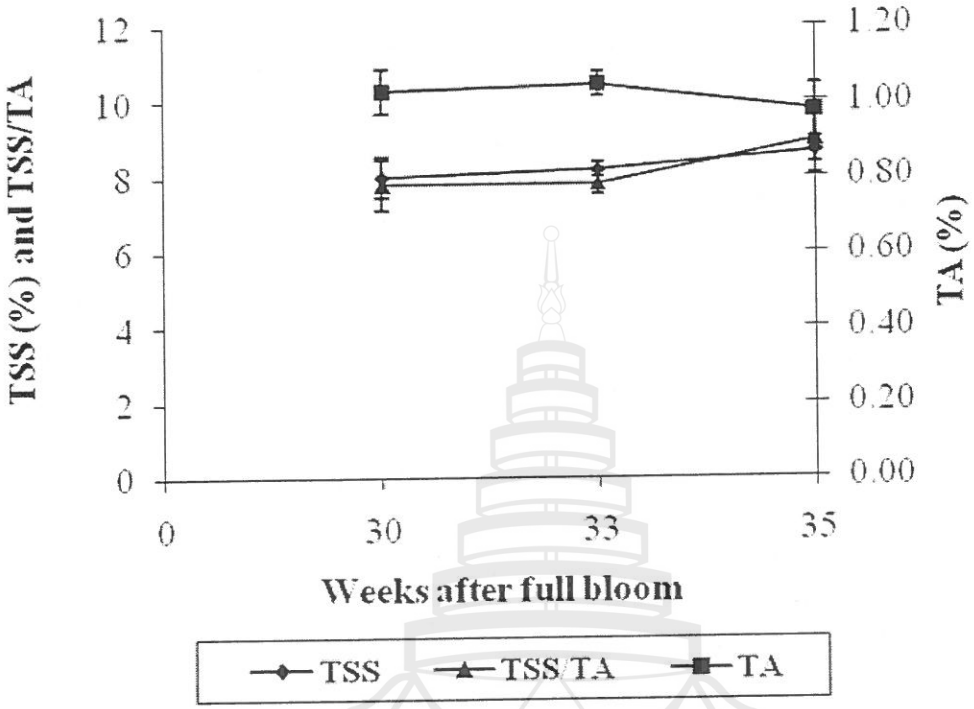


Figure 4.6: TSS, TA and TSS:TA ratio changes of pummelo cv. "Thong Dee" during 30 to 35 weeks after full bloom

4.1.2.1 ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุผลส้มโอมากขึ้นในระหว่างสัปดาห์ที่ 30-35 ซึ่งมีค่าลดลงจาก 50 mg/100ml เป็น 40 mg/100ml (Figure 4.7) จากรายงานของ Lee and Kader (2000) พบว่าปริมาณวิตามินซีของพืชตระกูลส้มลดลงเมื่อผลเข้าสู่ระยะบริบูรณ์

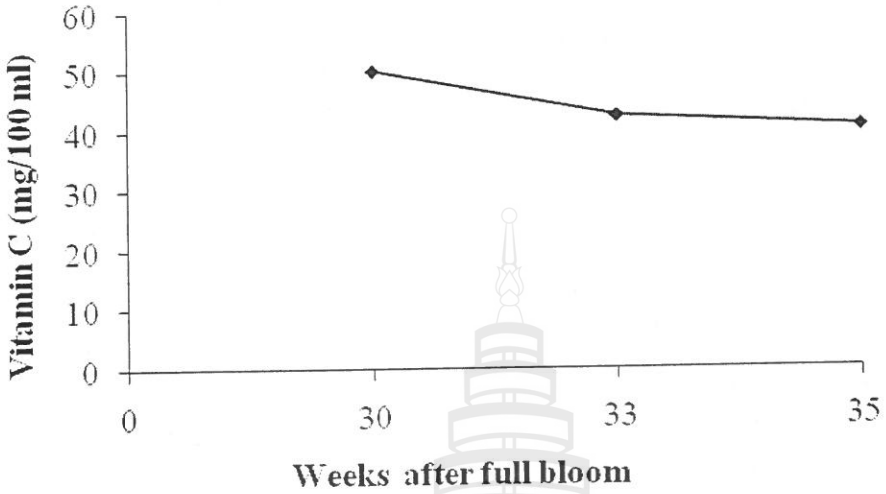


Figure 4.7: Vitamin C changes of pummelo cv. "Thong Dee" during 30 to 35 weeks after full bloom

จากการวิเคราะห์ผลทั้งสมบัติกายภาพและเคมีเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาดัชนีการเก็บเกี่ยวในส้มโอที่ปลูก อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย เพื่อการพัฒนางานวิจัยต่อการถ่ายทอดองค์ความรู้ต่อเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอ ควรมีการวิจัยด้านนี้ต่อไป โดยการทดลองซ้ำทั้งจำนวนปีที่ทดลองและสวนส้มโอเพื่อยืนยันตัวแปรที่สำคัญด้านกายภาพที่มีผลต่อตัวแปรด้านเคมี เพื่อพัฒนาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลส้มโอแบบไม่ทำลายผล ซึ่งจะเป็นวิธีการในการควบคุมคุณภาพส้มโอเพื่อการส่งออกและการบริโภคภายในประเทศ

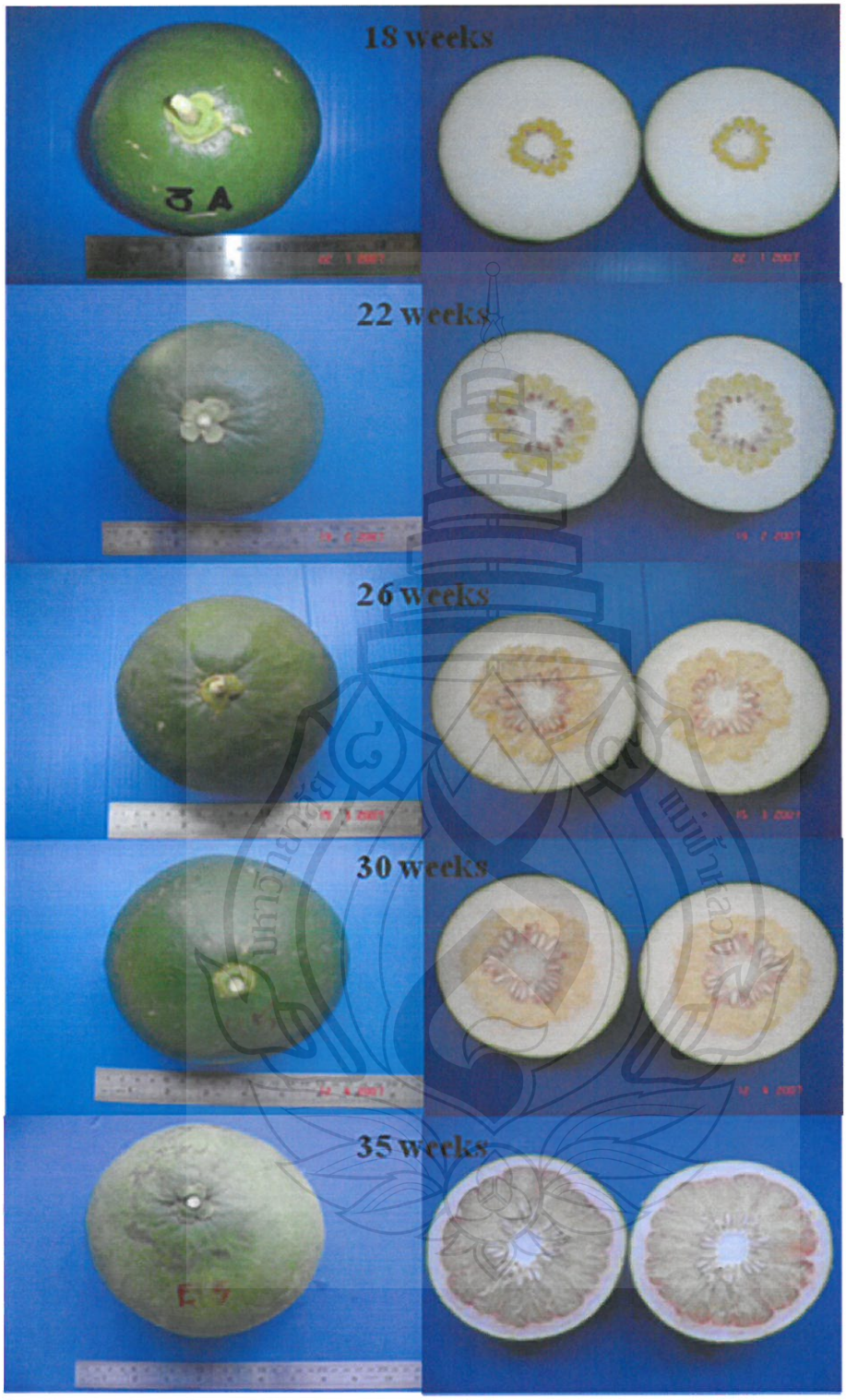


Figure 4.8: Growth and development of pummelo cv. "Thong Dee" during 18 to 35 weeks after full bloom

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

จากศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงได้แก่ การเคลือบผิวผลด้วยสารเคลือบทางการค้า (Honra และ Citrosol AK) การหุ้มด้วยฟิล์มยืด (M-wrap) และการบรรจุแบบ liner ('bag-in-box' type) ในถุงแอคทีฟที่มี OTR 17,000 cc./m^2.day ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 60 วัน ทำการประเมินผลดังต่อไปนี้ 1) ปริมาณก๊าซ O_2 และก๊าซ CO_2 ภายในผลส้มโอ 2) การสูญเสียน้ำหนัก (%) 3) ค่าของสีเปลือก 4) ค่า %TSS 5) ค่า %TA 6) อัตราส่วน TSS:TA 7) ปริมาณวิตามินซี 8) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 9) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP-assay

4.2.1 ปริมาณก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ภายในผลส้มโอ

Figure 4.9 แสดงปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในผลส้มโอ พบว่าการเคลือบผลด้วย Citrosol AK มีผลต่อปริมาณก๊าซ O_2 น้อยที่สุด (9%O_2) รองลงมาได้แก่ การเคลือบผลด้วย Honra (12%O_2) การบรรจุแบบ liner (12%O_2) การหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap (14%O_2) และชุดควบคุม (21%O_2) ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงก๊าซ CO_2 พบว่าการเคลือบผลส้มโอด้วยสารเคลือบทางการค้าทั้งสองชนิดมีผลต่อปริมาณก๊าซ CO_2 มากที่สุด ซึ่งการเคลือบด้วยสาร Citrosol AK ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็น Carnuba wax 18% มีปริมาณก๊าซ CO_2 (9%CO_2) ซึ่งมากกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบด้วย Honra ซึ่งที่ประกอบด้วย Polyethylene wax 13% และ Wood rosin 3% มีปริมาณก๊าซ CO_2 (8%CO_2) จากผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Hagenmaier and Baker (1993) ที่พบว่าการเคลือบผลส้ม Valencia ด้วย Carnuba wax 20% มีปริมาณ CO_2 (7.6%) มากกว่าการเคลือบผลด้วย Polyethylene wax 14% (6.2%) นอกจากนี้ปริมาณก๊าซ CO_2 ภายในผลรองลงมาได้แก่ การบรรจุแบบ liner (4%CO_2) การหุ้มด้วยฟิล์ม (2.5%CO_2) และชุดควบคุม (1.4%CO_2) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า การเคลือบผลด้วยสาร Citrosol AK ในช่วงสัปดาห์ที่ 0-20 ปริมาณก๊าซ O_2 ในผลเท่ากับ 4%O_2 หลังจากนั้นกลับเพิ่มสูงขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ 20-40 เป็น 12%O_2 และหลังจากนั้นลดลงเหลือ 8%O_2

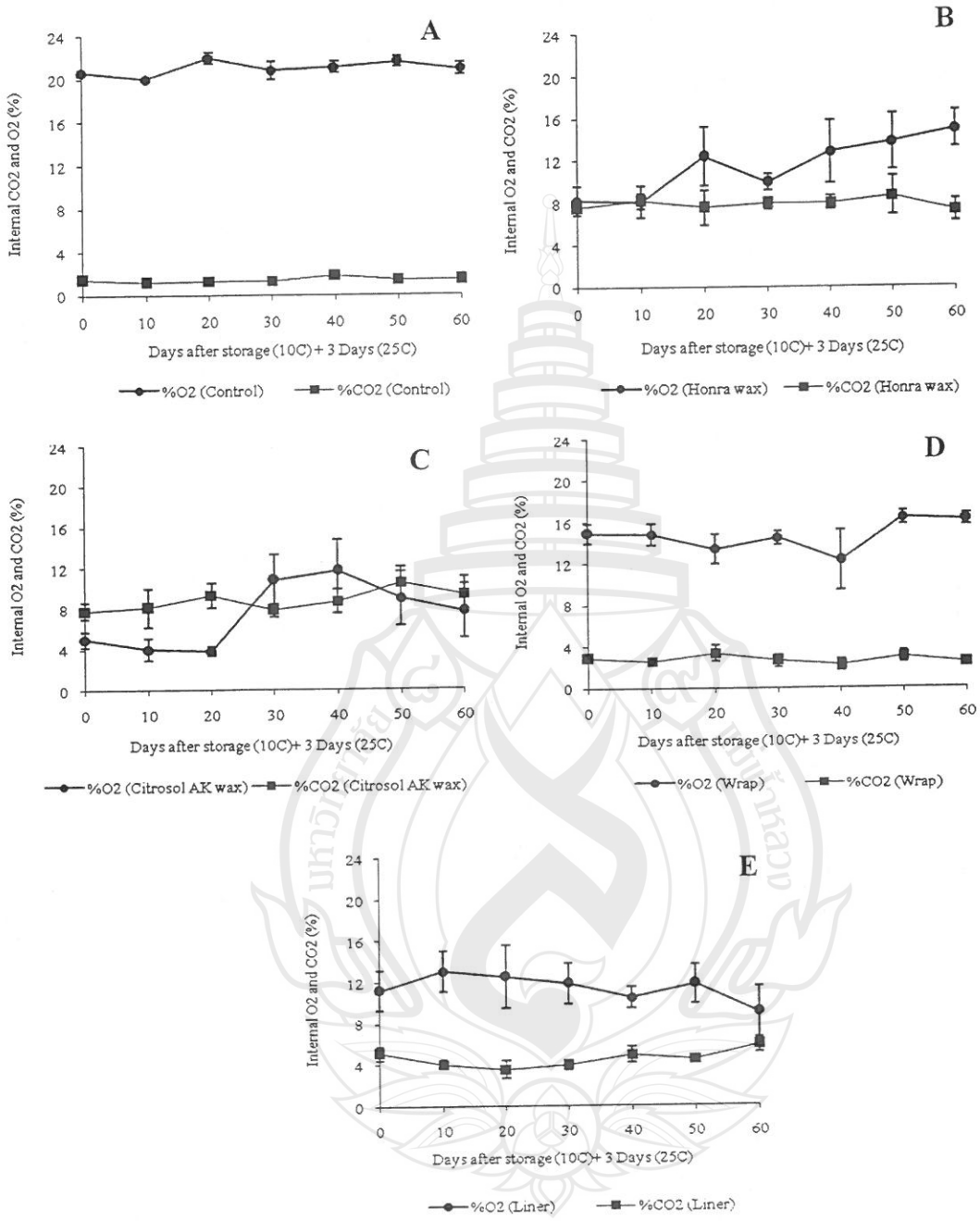


Figure 4.9: Internal O_2 and CO_2 of control (A) coated pummelos with Honra (B) and Citrosol AK (C), wrapped pummel (D), and pummelo in liner packing (E) stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days

ดังนั้นปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในผลของส้มโอที่เคลือบด้วยสารทางการค้า Citrosol AK (4-9%O_2+9%CO_2) รองลงมาได้แก่การเคลือบผลด้วย Honra (12%O_2+7%CO_2) การบรรจุแบบ liner (12%O_2+4%CO_2) และการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap (14%O_2+2.5%CO_2) สำหรับชุดควบคุมนั้นมีปริมาณก๊าซภายในผลใกล้เคียงกับสภาพบรรยากาศปกติคือ 21%O_2 และ 1.4%CO_2

4.2.2 การสูญเสียน้ำหนัก (%)

ส้มโอพันธุ์ทองดีในชุดควบคุมและการเคลือบผลด้วยสาร Citrosol AK มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันและมากที่สุด (6%) หลังการเก็บรักษานาน 60 วัน (Figure 4.10) สอดคล้องกับศึกษาของ Mannheim and Soffer (1996) พบว่าการเคลือบผลส้มเขียวหวานพันธุ์ 'Valencia' ด้วยสาร Natural zivdar (carnuba-based wax) ไม่แตกต่างกับการไม่เคลือบผล หากเปรียบเทียบกับการเคลือบผิวด้วย Honra (4%) ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกับการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap (3.7%) และการบรรจุแบบ liner มีการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด (0.5%) (Figure 4.10)

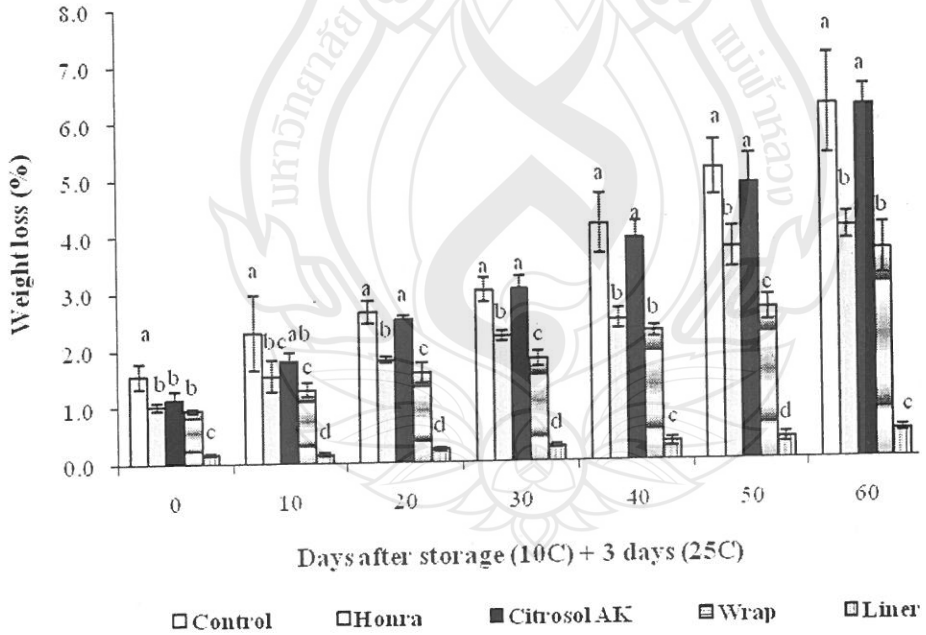
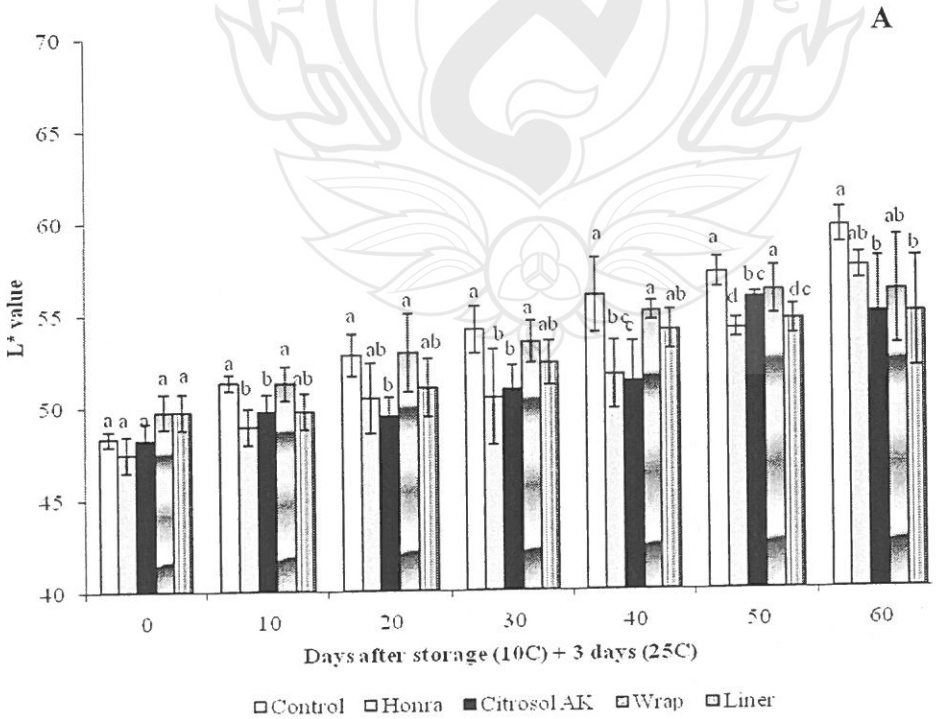


Figure 4.10: Weight loss (%) of modified atmosphere of pummelos stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days

4.2.3 สีเปลือกส้มโอ (L* a* b*)

Figure 4.11-4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของส้มโอในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าผิวส้มโอความสว่างมากขึ้น สีเขียวลดลงและสีเหลืองมากขึ้น โดยส้มโอในชุดควบคุมและการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap มีค่า L* (ความสว่าง) มากที่สุด และค่า +b* (สีเหลือง) ที่มากนั้นสอดคล้องกับค่า -a* (สีเขียว) มากที่สุดเช่นกัน จึงแสดงให้เห็นว่าส้มโอในชุดควบคุมและการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap มีผิวผลที่สีเหลืองปนเขียวมากกว่าส้มโอในทรีทเมนต์อื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบการเก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศควบคุมพบว่า การเคลือบผลทั้ง Citrosal AK Honra และการบรรจุแบบ "liner" ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวส้มโอได้มากที่สุด ซึ่งมีค่า L* (ความสว่าง) และค่า +b* (สีเหลือง) น้อยที่สุด สอดคล้องกับค่า -a* (สีเขียว) น้อยที่สุด หมายถึงส้มโอที่เคลือบผลด้วย Citrosol AK Honra และการบรรจุแบบ "liner" ผิวผลมีสีเขียวปนเหลือง สอดคล้องกับปริมาณก๊าซ O_2 และ CO_2 ภายในผลส้มโอที่พบว่าการเคลือบผลด้วย Citrosol AK (4-8%O_2+ 9%CO_2) Honra (12%O_2+ 7%CO_2) และการบรรจุ "liner" (11%O_2+5%CO_2) ซึ่งอยู่ในช่วงของการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงที่เหมาะสมในผล grapefruit (3-10%O_2+5-10%CO_2) (Arpaia and Kader, 2006) อย่างไรก็ตามการเคลือบผลด้วยสารดังกล่าวมีค่าอัตราการหายใจที่ไม่แตกต่างกัน แต่มากกว่าการไม่เคลือบผิว ดังนั้นการใช้สารเคลือบทั้ง 2 ชนิดและการบรรจุแบบ "liner" คาดว่ามีผลต่ออัตราการหายใจที่ใกล้เคียงกันทำให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของส้มโอพันธุ์ทองดีได้



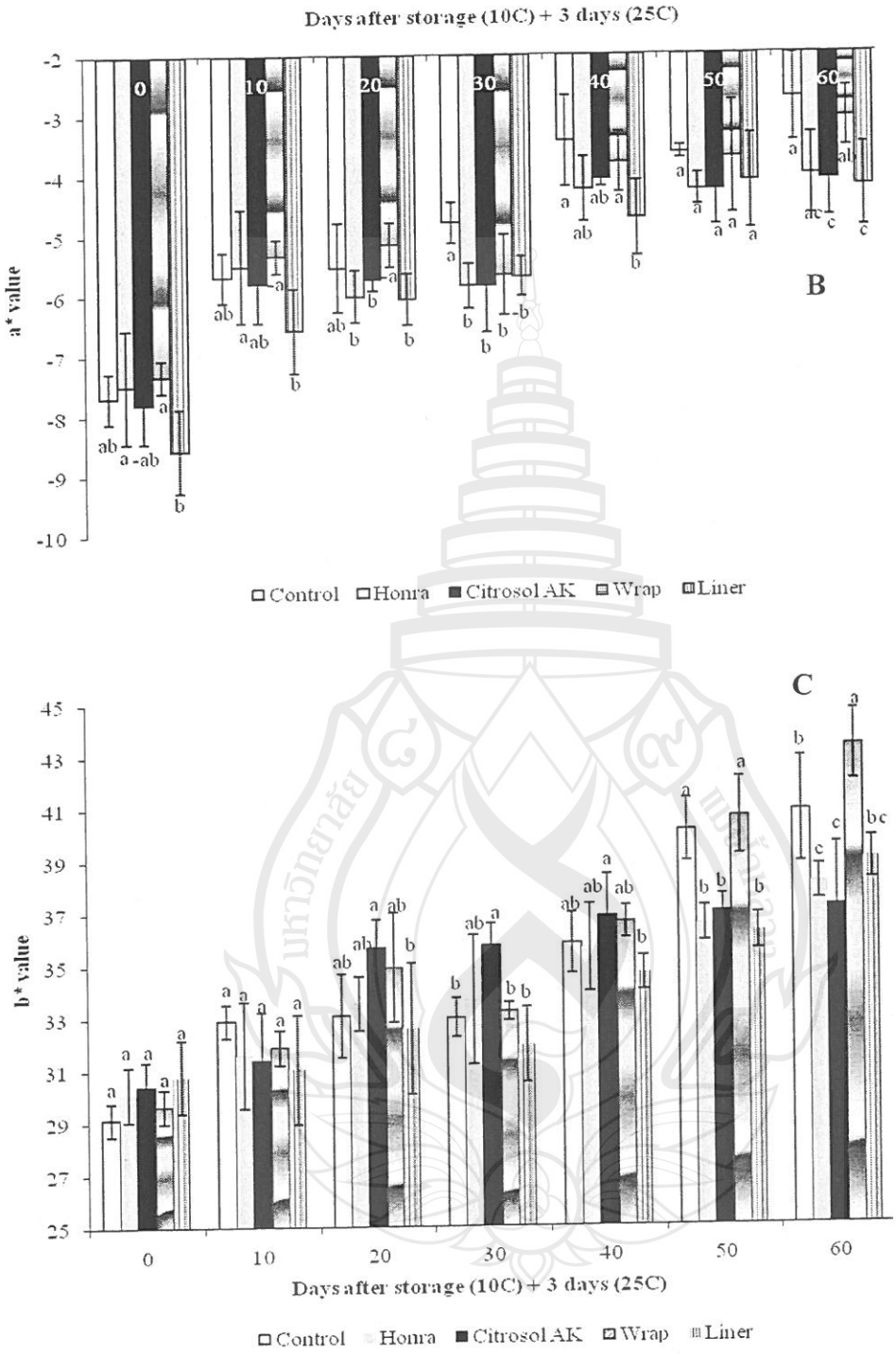
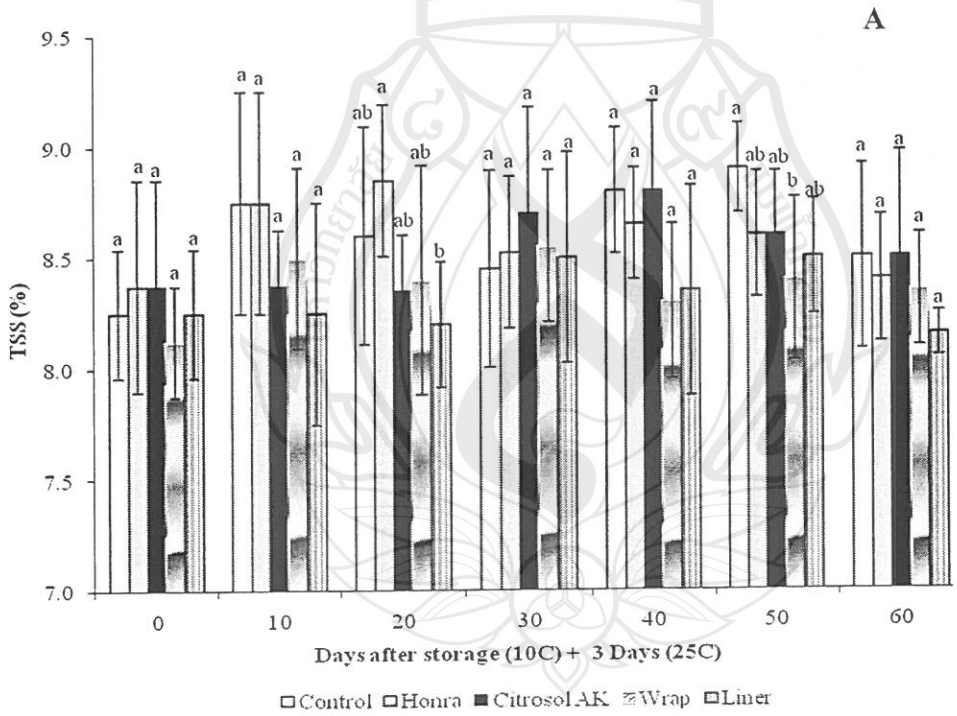


Figure 4.11: L* value (A), a* value (B) and b* value (C) of modified atmosphere of pummelos stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days

Figure 4.12: Control (A) coated pummelos with Honra (B) and Citrosol AK (C), wrapped pummel (D), and pummelo in liner packing (E) stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days

4.2.4 ปริมาณ TSS TA และอัตราส่วน TSS:TA

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS TA และอัตราส่วน TSS:TA ในช่วงสัปดาห์ 0-60 ที่อุณหภูมิ 10°C ของการเก็บรักษาพบว่า ปริมาณ TSS:TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (8:1 เป็น 9.5:1) เนื่องจากปริมาณกรดที่ลดลงเพียงเล็กน้อย (Figure 4.13A-C) สอดคล้องกับรายงานของ Davies and Albrigo (2003) พบว่า ปริมาณ TSS ปริมาณ TA และ TSS:TA ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°C นาน 9 สัปดาห์ โดยในช่วงสัปดาห์ 0-40 ของการเก็บรักษา ส้มโอในชุดควบคุมและการเก็บในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีปริมาณ TSS TA และอัตราส่วน TSS:TA ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามหลังการเก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 50-60 ของการเก็บรักษา ส้มโอในทุกทรีทเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน (Figure 4.13) สอดคล้องกับการเคลือบผิวส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งพบว่า การเคลือบผิวผลส้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีแต่ไม่มีผลต่อปริมาณ TSS ปริมาณ TA อัตราส่วนระหว่าง TSS:TA (ดนัย และคณะ, 2550)



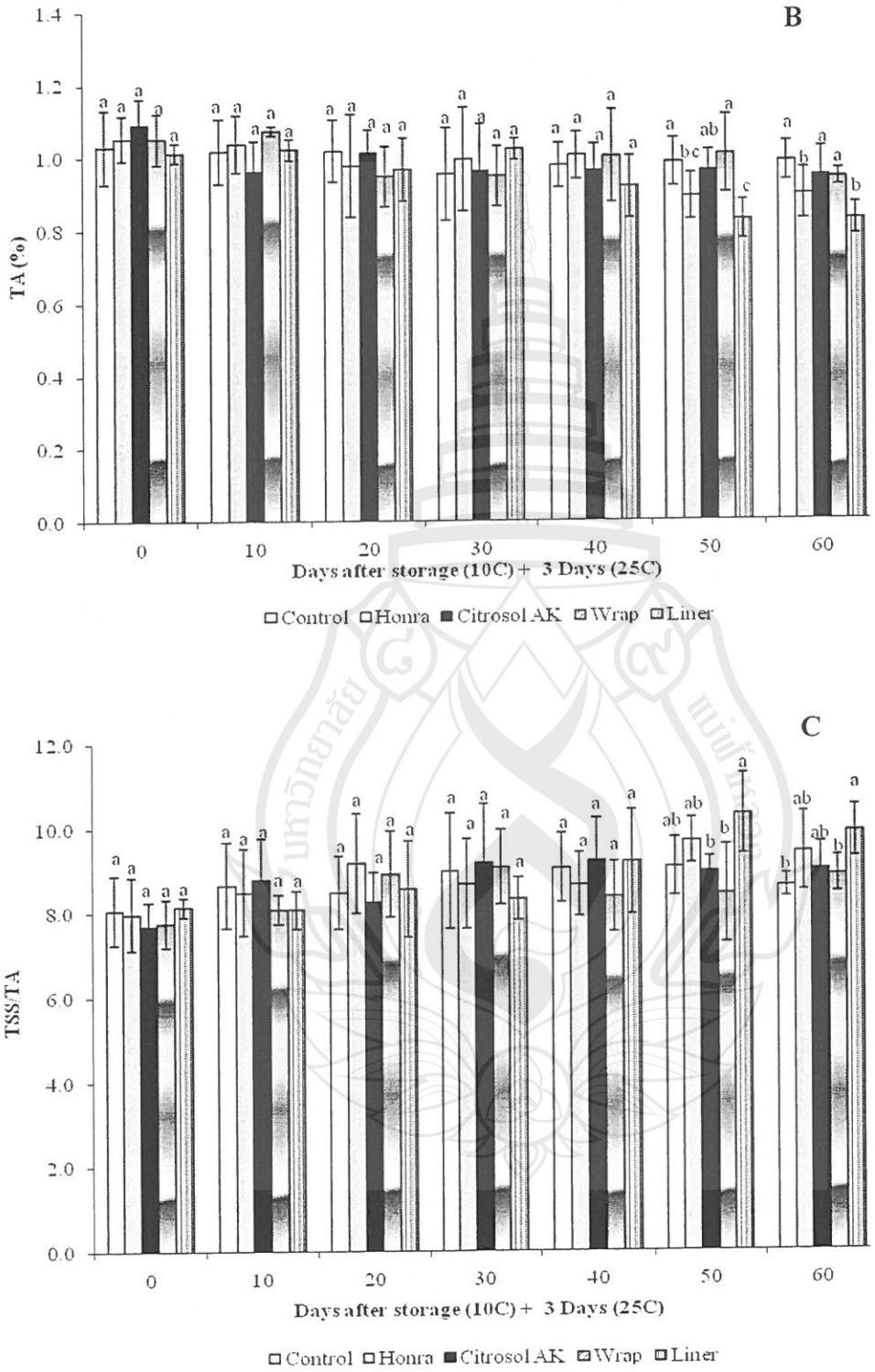


Figure 4.13: TSS (A), TA (B) and TSS:TA ratio (C) of modified atmosphere of pummelos stored at 10°C for 60 days and every 10 days followed by holding at 25°C for 3 days

4.2.5 ปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

Table 4.1 แสดงปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP-assay พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°Cนาน 40 สัปดาห์ ส้มโอในชุดควบคุมและที่เก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงมีปริมาณวิตามินซี ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าที่ใกล้เคียงกันและมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา เช่นเดียวกันการเก็บรักษาแครอทสีส้มตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ($5\%O_2$ + $5\%CO_2$) และ ($95\%O_2$ + $5\%CO_2$) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°C นาน 13 วัน พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Alasalcar et al., 2005) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 60 วัน และย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C พบว่า ส้มโอในชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการเคลือบผลและบรรจุแบบ liner ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาชนิดฟิล์ม Cryovac-MR และ Goglio-LDPE พบว่าปริมาณก๊าซภายในผลส้มเขียวหวานพันธุ์ Malvasio ($5\%O_2$ + $12\%CO_2$) และ ($3\%O_2$ + $20\%CO_2$) ตามลำดับ โดยพบปริมาณวิตามินซี 27.9 mg/100ml และ 23.2 mg/100ml ซึ่งน้อยกว่าการไม่เคลือบผล (32.1 mg/100ml) ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 42 วัน และย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 20°C นาน 7 วัน (Aquino et al., 2001)

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระพบว่าผลส้มโอที่บรรจุแบบ liner มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดและเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งปริมาณก๊าซในถุงที่บรรจุแบบ liner ค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษา ($11\%O_2$ + $5\%CO_2$) และคาดว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงน่าจะมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ดังมีรายงานของ Kim et al. (2007) ศึกษาการเก็บผลมะม่วงในสภาพบรรยากาศควบคุมพบว่า การเก็บรักษาในสภาพ $3\%O_2$ + $10\%CO_2$ มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการเก็บในสภาพอากาศปกติหรือในสภาพ $3\%O_2$ เพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลด้านการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงกับการเก็บรักษาในผักและผลไม้ทั้งผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระยังมีน้อยโดยเฉพาะยังไม่มีรายงานในพืชตระกูลส้มเพื่อบ่งบอกถึงผลของการเก็บรักษาดัดแปลงต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต เพื่อระบุว่าการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงมีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

Table 4.1 : Effect of modified atmosphere on antioxidant constituents and antioxidant capacities during storage at10°C for 60 days and every 20 days followed by holding at 25°C for 3 days[1,2]

Days after storage (10 °C) + 3 Days (25 °C)	Treatment	Vitamin C (mg/100ml)	Total phenolics (mg gallic acid /100g FW)	Total antioxidant capacity (µmol AA/100 FW)
0 Days	Control	45.27±0.30a	28.17±0.84a	323.99±0.30a
	Honra	45.35±0.55a	20.78±0.90b	295.16±13.92b
	Citrosol AK	45.71±4.19a	22.63±0.72c	249.83±24.72c
	Wrap	45.59±0.95a	28.33±1.01c	308.65±7.66ab
	Liner	44.31±1.34a	20.09±1.16d	234.46±8.49c
20 Days	Control	47.60±2.35a	25.05±1.25a	306.08±9.41ab
	Honra	46.37±2.81a	21.85±1.02c	310.79±8.43a
	Citrosol AK	45.83±2.69a	24.29±0.84ab	300.72±4.75ab
	Wrap	43.36±3.13a	22.83±1.36bc	302.01±9.22ab
	Liner	43.67±1.99a	22.24±0.73c	294.13±9.44b
40 Days	Control	40.87±2.83b	21.27±0.72a	300.49±19.72a
	Honra	44.47±1.71a	20.63±0.86a	291.78±9.29a
	Citrosol AK	42.63±2.40ab	21.62±1.49a	290.08±19.47a
	Wrap	41.25±2.16b	20.62±0.96a	296.81±10.39a
	Liner	40.94±1.26b	21.72±1.42a	291.51±15.20a
60 Days	Control	45.71±1.91a	24.04±0.50ab	268.50±9.44b
	Honra	42.25±1.10a	22.64±1.43b	282.77±16.05ab
	Citrosol AK	40.95±1.88ab	19.79±1.45c	279.59±24.85ab
	Wrap	39.64±1.82bc	22.51±1.2b	295.11±21.15ab
	Liner	37.42±1.30c	25.49±0.77a	300.91±10.42a

[1]Different letters in the same column for DMRT test indicate significant differences ($p \leq 0.05$)
[2]Mean ± SD obtain from analysis of four replicates

4.2.6 ประเมินผลทางประสาทสัมผัส (กลิ่นและรส)

ผลของคะแนนจากการชิม (กลิ่นและรส) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C นาน 60 วัน พบว่า คะแนนความชอบกลิ่นและรสส้มโอลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้น และส้มโอในชุดควบคุมและส้มโอที่เก็บรักษาภายใต้สภาพบรรยากาศมีคะแนนกลิ่นและรสไม่แตกต่างกันและมีระดับคะแนนมากกว่า 3-4 ซึ่งผู้ชิมมีความชอบระดับเฉยๆ ถึงชอบมาก อีกทั้งไม่พบกลิ่นและรสผิดปกติในส้มโอทุกทรีทเมนต์ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า การเคลือบผิวส้มโอหรือการเก็บในถุงพลาสติกไม่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของส้มโอ

Table 4.2 : Effect of modified atmosphere on sensory score (flavor) during storage at10°C for 60 days and every 20 days followed by holding at 25°C for 3 days[1,2]

Days after storage (10 °C) + 3 Days (25 °C)	Treatment	Flavor scores
0 Days	Control	4.45±0.65a
	Honra	4.41±0.70a
	Citrosol AK	4.50±0.63a
	Wrap	4.45±0.72a
	Liner	4.33±0.80a
10 Days	Control	4.25±0.83a
	Honra	4.20±0.75a
	Citrosol AK	4.29±0.75a
	Wrap	4.25±0.81a
	Liner	4.20±0.72a
20 Days	Control	3.90±0.73a
	Honra	4.15±0.47a
	Citrosol AK	4.00±0.62a
	Wrap	4.05±0.76a
	Liner	3.80±0.85a
30 Days	Control	3.00±0.78a
	Honra	3.05±0.76a
	Citrosol AK	3.00±0.91a
	Wrap	3.10±0.77a
	Liner	3.30±0.71a
40 Days	Control	3.78±0.77a
	Honra	3.67±0.63a
	Citrosol AK	3.57±0.87a
	Wrap	3.64±0.56a
	Liner	3.53±0.77a
50 Days	Control	4.00±0.67a
	Honra	3.95±0.75a
	Citrosol AK	3.63±1.02a
	Wrap	4.00±0.74a
	Liner	3.81±0.81a
60 Days	Control	3.34±0.71a
	Honra	3.19±0.59a
	Citrosol AK	3.11±0.68a
	Wrap	3.26±0.80a
	Liner	3.03±0.59a

[1]Different letters in the same column for DMRT test indicate significant differences ($p \leq 0.05$)
[2]Mean ± SD obtain from analysis of four replicates

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดี

การศึกษาการเจริญเติบโตของส้มโอพันธุ์ทองดีระหว่างการเจริญเติบโต 3-8 เดือน (14-35 สัปดาห์) หลังจากดอกบานเต็มที่ ในเขต อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย พบว่าช่วงแรกของการเจริญเติบโต (14-22 สัปดาห์) เป็นการของเปลือกส้มโอมากกว่าเนื้อผล หลังจากนั้นเนื้อผลเจริญอย่างรวดเร็ว และที่ระยะบริบูรณ์ (30-35 สัปดาห์) เปลือกส้มโอเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเหลือง (ค่า –a* ลดลง และค่า +b* เพิ่มขึ้น) และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน (ค่า +a* เพิ่มขึ้น) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TSS และอัตราส่วน TSS:TA เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณ TSS ของส้มโอพันธุ์ทองดีที่อายุ 30 สัปดาห์ (7.5 เดือน) มีค่า ~8% และเปอร์เซ็นต์น้ำคั้น ~60% แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดมาตรฐานส้มโอเพื่อการส่งออกของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร (มกอช.) ปี 2550 ที่กำหนดปริมาณ TSS ขั้นต่ำของส้มโอควรมีค่าอย่างน้อย 8% ซึ่งส้มโอในการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานขั้นต่ำของคุณภาพส้มโอ ดังนั้นจึงควรมีพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพของผลส้มโอในการผลิตเพื่อการส่งออกต่อไปในอนาคต

จากการวิเคราะห์ผลทั้งสมบัติกายภาพและเคมีเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาดัชนีการเก็บเกี่ยวในส้มโอที่ปลูก อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย เพื่อการพัฒนางานวิจัยต่อการถ่ายทอดองค์ความรู้ต่อเกษตรกรผู้ปลูกส้มโอ ควรมีการวิจัยด้านนี้ต่อไป โดยการทดลองซ้ำทั้งจำนวนปีที่ทดลองและสวนส้มโอเพื่อยืนยันตัวแปรที่สำคัญด้านกายภาพที่มีผลต่อตัวแปรด้านเคมี เพื่อพัฒนาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลส้มโอแบบไม่ทำลายผล ซึ่งจะเป็นวิธีการในการควบคุมคุณภาพส้มโอเพื่อการส่งออกและการบริโภคภายในประเทศ

5.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การศึกษาผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่อคุณภาพของส้มโอพันธุ์ทองดีในระหว่างการเก็บรักษา การเคลือบผลส้มโอพันธุ์ดีด้วยสาร Citrolsol AK มีปริมาณก๊าซ O_2 น้อยที่สุด (4-8%O_2) และ CO_2 มากที่สุด (9%CO_2) รองลงมาได้แก่ Honra (12%O_2 และ 7%CO_2) ซึ่งการเคลือบผลและถุงแอคทีฟสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของส้มโอได้ แต่อย่างไรก็ตามผลส้มโอที่เคลือบด้วยสาร Citrosol AK มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากการไม่เคลือบผลและถุง

แอคทีฟมีการสูญเสียน้ำได้น้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ การเคลือบผลด้วยสาร Honra และการหุ้มด้วยฟิล์ม M-wrap ตามลำดับ การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงไม่มีผลต่ออัตราส่วน TSS:TA และ TA และผลส้มโอที่บรรจุแบบ liner มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดและเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานในพืชตระกูลส้มเพื่อบ่งบอกถึงผลของการเก็บรักษาดัดแปลงต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2009. ข้อมูลนำเข้า-ส่งออก. Available: http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex.jsp (26 สิงหาคม, 2552).

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน,นครปฐม. 396 น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน,นครปฐม. 396 น.

ดนัย บุณยเกียรติ นิธิยา รัตนปนนท์ และพิมพ์ใจ สีหะนาม. 2550. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการผลของสารเคลือบผิวต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง, 184 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 224 น.

ทวีศักดิ์ ด้วงทอง. 2006. การปลูกส้มโอ. Available: http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/fruit.html. (26 พฤศจิกายน, 2549).

นิธิยา รัตนปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2548. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ. 236 น.

ปรีดา จิตตารมณ์. 2536. การพัฒนาสารเคลือบผิวสำหรับผลส้มเขียวหวาน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 81 น.

เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2545. การเจริญเติบโตและพัฒนาการของผลส้มโอขาวน้ำผึ้งและลักษณะของผลพันธุ์อื่น ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 54 น.

รวี เสรฐภักดี. 2523. เอกสารประกอบการสอนวิชาพืชสวน 542. ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 180 น.

รวี เสรฐภักดี. 2542. The pummelos and grapefruits, น. 24-25. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร "วิทยาการส้ม: ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต" 7-11 กรกฎาคม 2540. โรงแรมมารวยการ์เด้น. กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร. 2006. สถิติการปลูกส้มโอ (Pummelo) รายจังหวัด ปีการเพาะปลูก 2546. Available: http://www.doae.go.th/temp.asp?gpg=data /kasetfx. (1 พฤศจิกายน, 2549).

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2006. มาตรฐานส้มโอของประเทศไทย. Available:http://mail2.acfs.go.th/~web/standards.php?subtype=11&PHPSESSID =12c354d53c2f5d6da2e570aee2. (26 พฤศจิกายน, 2549).

สุภาพ ขำจินดา. 2531. ผลของการเคลือบผิวและอุณหภูมิที่มีต่อการเก็บรักษาส้มตรา. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 29 น.

Alasalvar, C., M. Al-Farsi, P.C. Quantick, F. Shahidi and R. Wiktorowicz. 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. Food. Chem. 89 : 69-76.

Aquino, S.D., A. Piga, M. Agabbio and T.G. McCollum. 1998. Film wrapping delays ageing of 'Minneola' tangelos under shelf-life conditions. Postharvest. Biol. Tec. 14 : 107-116.

Arpaia, M.L. and A.A. Kader. 2006. Grapefruit. Available: http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/grapefruit.shtml (26 November, 2006)

Bain, J.M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbesk. Aust. J. Bot. 6: 5-23.

Ben-Yenshua, S., S.P. Burg and R. Young. 1985. Resistance of citrus fruit to mass transport of water vapor and other gases. Plant Physiol. 79 : 1048-1053.

Burns, J.K. 2008. Grapefruit. Available: http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/072grapefruit.pdf (9 February 2008).

Colour of pummelo. 2006. Minimum maturity requirements. Available: http://www.unece.org/trade/agr/standard/fresh/fresh_e/14citfru.pdf (9 February 2008).

Grierson, W. and W.F. Wardowski. 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruit and vegetables. Hort. Sci. 13(5) : 22-26.

Gross, J. 1987. Pigment in fruit. Academic Press Ltd., London, pp 260.

Hagemaier, R.D. and R.A. Baker. 1995. Layered coating to control weight loss and preserve gloss of citrus fruit. Hortc. Sci. 30(2) : 296-298.

Hagenmaier, R.D. and P.F. Shaw. 1992. Gas permeability of fruit coating waxes. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117(1) : 105-109

Hagenmaier, R.D. and R.A. Baker. 1993. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coating. J. Agr. Food. Chem. 41 : 283+287

Ketsa, S. 1990. Effect of fruit size on weight loss and shelf-life of tangerine. J. Hortic. Sci. 65(4) : 485-488.

Kim, Y., J.K. Brecht, and S.T. Talcott. 2007. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in Mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. Food. Chem. 105 : 1327-1334.

Ladaniya, M.S. 2008. Citrus fruit, 1st ed., USA: Academic press, pp. 340.

Lee, S.K. and A.A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crop. Postharvest. Biol. Tec. 20 : 207-220.

Petracek, P.D., H. Dou and S. Pao. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. Postharvest. Biol. Tec. 14 : 99-106.

Pummelo standard. 2003. Pummelo. Available:http://www.acfs.go.th/standard/download/std-pomelo.pdf (9 February 2008).

Seymour, G.B., Taylor, J.E., and G.A. Tucker. 1993. Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, pp. 453.

Tripoli, E., M. L, Guardia, S. Giammanco, D.D. Majo and M. Giammanco. 2007. *Citrus* flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. Food. Chem. 104 : 466-479.

ประวัตินักวิจัยและคณะ

หัวหน้าโครงการวิจัย

NAME: Saowapa CHAIWONG

SEX: Female

DATE OF BIRTH: February 4, 1978

PLACE OF BIRTH: Chiang Mai, Thailand

NATIONALITY: Thai

MARITIAL STATUS: Single

OFFICE ADDRESS: Technology Management of Agricultural Produces and Packaging Program
School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University
Meung, Chiangrai, 57100 THAILAND
Phone: +66 -5391-6737 Fax: +66-5391-6739
E-mail address: saowapa_c@yahoo.com/ saowapa@mfu.ac.th

EDUCATION:

2000-2004	M.Sc. (Agriculture) Kasetsart University, Bangkok, THAILAND Thesis : Postharvest Physiology and Quality Differences between 'Nam Dok Mai' and 'Nam Dok Mai See Thong' Mangoes during storage
1996-2000	B.Sc. (Agriculture) (Second Class Honor) Chiang Mai University, Chiang Mai, THAILAND

EMPLOYMENT RECORD

2006-present	Lecturer, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiangrai, THAILAND ***Students under supervision*** 2 students (Master Program), 17 students (Bachelor Program)
2004-2006	Research Assistant, National Metal and Materials Technology Center (MTEC) , Pathumthani, THAILAND

TEACHING EXPERIENCE

2006-present — Lecturer, Program of Technology Management of Agricultural Produces and Packaging, Mae Fah Luang University

Bachelor Program

- Postharvest Technology and Handling of Plants (1407343)
- Postharvest Biology (1407212)
- Minimally Processed Fruits and Vegetables (1405432)
- Packaging for Fresh produces (1408343)
- Special Problem Proposal (1405497)

Master Program

- Postharvest Biology and Technology (1407740)

2002-2003 — Teaching Assistant, Department of Horticulture, Kasetsart University

- Postharvest Technology of Horticultural Commodity (007482)

OUTSTANDING AWARD

2010 — Oral presentation (Second Class : Fruit/Tree section) , "Variartion of Bioactive Flavonoids in Thai Pummelos", (The 9th National Horticulture Congress 2010)

Poster presentation (Third Class: Fruit/Tree section), (The 9th National Horticulture Congress 2010)

1) "Major Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pummelos cv. "Thong Dee" and "Chandler" during Maturation"
2) "Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Three Pummelo Peels"
3) "Preliminary Study of Fruit Scarring on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Tangerine cv."Sai Nam Pheung"

2005	Outstanding Technologist Awards from Foundation for the Promotion of Science and Technology under the Patronage of H.M. the King
2004	Silver Medal Invention Award in Packaging and Storage, Brussels Eureka, "Freshness preserving film for tropical" (53rd World Exhibition of Innovation, Research and New Technology)
2000	Second Class Honor in B.Sc. (Agriculture), Chiang Mai University
1997-2000	Outstanding Student Awards, Chiang Mai University

ENGLISH SKILL

2006-present	At Mae Fah Luang University English, English used as a medium of instructor
December 2010	IELTS Score (Overall 6.0)

PUBLICATIONS

*__Chaiwong, S.__ and T. Theppakorn. 2010. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pink Pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) cv. "Thong Dee" in Thailand. Journal of the International Society for SoutheastAsian Agricultural Sciences (ISSAAS). 16 (2): 10-16.

* **Chaiwong, S.** and Theppakorn, T. 2010. Review: Flavonoids in Thai Pummelo. The Journal of Applied Science. 9(2): 79-89.

* Theppakorn, T., and **Chaiwong, S.** "Evaluation of Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of Pomelo cv. "Thong Dee for Export", 35th Congress on Science and Technology of Thailand, Thailand, 2009.

* Chonhenchob, V., Chinsirikul, W., Fuongfuchat, A., **Chaiwong, S.**, Boonruang, K., and, Kerdddonfag, N. "High Permeable Film Used for Modified Atmosphere Packaging Improve Quality and Shelf life of Baby Corn", Journal of Applied Packaging Research, 3:2, 2009.

Pitukwong, P.,and **Chaiwong, S.** "Physico-chemical Properties of Pummelo cv. Thong Dee and Chandler during Growth and Development", Agricultural Sci. J. 40:3 (Suppl.) 396-399, Chiang Mai, Thailand, 2009.

Kufoh, P., and **Chaiwong, S.** "Comparison of Nutritive Values and Chemical Composition of Three Mandarins cv. "Special Honey", "Thanathon No.1" and "Ocean Honey" during Storage", Agricultural Sci. J. 40:3 (Suppl.) 626-629, Chiang Mai, Thailand, 2009.

Chaiwong, S., and Theppakorn, T. "Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pummelo cv. "Thong Dee" during Storage", Agricultural Sci. J. 39:3 (Suppl.) 287-290, Khonkean, Thailand, 2008.

Fuongfuchat, A., Chinsirikul, W., Kerdddonfag, N., Trongsattikul, T., Phiboonkulsumrit, S., **Chaiwong, S.**, and Chonhenchob, V. " The Utilization of Simple Mathematical Model in Developing Equilibrium Modified Atmosphere inside The Package of Fresh Produce" , Agricultural Sci. J. 37:5 (Suppl.) 62-65, Chiang Mai, Thailand, 2006.

Chaiwong, S., Leelaphiwat, P., Tipayatum, P., Chonhenchob, V., Chinsirikul, W., Fuongfuchat, A., Kerdddonfag, N., Trongsattikul, T., and Pattarapong, W. "Effect of Active Films on Quality and Shelf-life of Musa (AA Group) "Kluai Kai", Agricultural Sci. J. 36:2 (Suppl.) 497-500, Chon Buri, Thailand, 2005.

Chaiwong, S., and Siriphanich, J., "Quality Differences between "Nam Dok Mai" and "Nam Dok Mai See Thong" during Storage", Agricultural Sci. J. 34:1 (Suppl.) 271-274, Bangkok, Thailand, 2003.

Remark : * Publication with peer review

PRESENTATIONS

Chaiwong, S., Theeppakorn, T.,Sucharit Suanphairoch, Chanjirakul, K. 2010. "Bioactive Flavonoids in Thai Pummelo for Export", International Conference "Thai fruits-Functional fruits", Thaifex World of Food Asia 2010, IMPACT Challenger Hall, Muang Thong Thani, Bangkok, Thailand, July 1-2, 2010.

Chaiwong, S., Theeppakorn, T.,Chanjirakul, K. 2010. "Variation of Bioactive Flavonoids in Thai Pummelos", The 9th National Horticultural Congress 2010, Autthaya, Thailand, May 11-14, 2010.

Boonruang, P., Theeppakorn, T., and **Chaiwong, S.** 2010. "Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Three Pummelo Peels", The 9th National Horticultural Congress 2010, Autthaya, Thailand, May 11-14, 2010.

Sinlapason, P., Theeppakorn, T., and **Chaiwong, S.** 2010. "Major Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pummelos cv. "Thong Dee" and "Chandler" during Maturation", The 9th National Horticultural Congress 2010, Autthaya, Thailand, May 11-14, 2010.

Bergban, T., Theeppakorn, T., and **Chaiwong, S.** 2010. "Preliminary Study of Fruit Scarring on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Tangerine cv."Sai Nam Pheung", The 9th National Horticultural Congress 2010, Autthaya, Thailand, May 11-14, 2010.

Chaiwong, S., Theppakorn, T. "Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pink Pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) cv."Thong Dee" in Thailand", The International

Society for Southeast Asian Agricultural Sciences Congress (Agricultural for Better Living and Global Economy), Pattaya, Thailand, January 11-15, 2010

Thongjun, N., and **Chaiwong, S**. "Determination of Antioxidant Capacity of Pummelos cv. "Thong Dee" and "Chandler" during Storage at Low Temperature", The 8th National Horticultural Congress 2009, Chiang Mai, Thailand, May 6-9, 2009.

Chaiwong, S., and Theppakorn, T. "Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pummelo cv. 'Thong Dee' during Storage", 6th National Technical Seminar on Postharvest Technology, Khon Kaen, Thailand, August 14-15, 2008.

Itahchot, S., and **Chaiwong, S**. "Effects of Calcium lactate and Heat-Shock Treatments on Quality of Fresh-cut Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus* spp.), The 7th National Horticultural Congress 2008, Nakhon Sawan, Thailand, May 26-30, 2008.

Onsomkrit, J., SriJanthuek, B., **Chaiwong, S.,** and Sunthipabvivattana, N. "Effect of NaOCl Solution on Microbial Population and Quality of Fresh-cut Pineapple cv. "Poo Lae" , The 6th National Horticultural Congress, Chaing Mai, Thailand, November 7-10, 2006.

Chaiwong, S., Chonhenchob V., Chinsirikul, W., Fuongfuchat, A., Kerdddonfag, N., Trongsattikul, T., Phiboonkulsumrit, and Pattarapong, W. "Effect of Active Film on Quality and Shelf-life of Baby Corn "Zeba SG17", Postharvest & Postharvest Production Technology Conference 2005, Petchburi, Thailand, October 10-11, 2005.

Chinsirikul, W., Fuongfuchat, A., Kerdddonfag, N., Trongsattikul, T., Phiboonkulsumrit, S., **Chaiwong, S**., Chonhenchob, V.,and Pattarapong, W. "Equilibrium Modified Atmosphere (EMA) Packaging for Tropical Fresh Produce" , PROPAK Asia 2005, The 13th International Food Processing & Packaging Technology, Bangkok, Thailand, June 22-25, 2005.

TRAINING

International

2007 Research & Development in Postharvest Practices (Israel)
(19thFebruary-15th March, 2007)
- The Center of International Agriculture Development Cooperation (CINADCOO) and Ministry of Foreign Affairs Center for International Cooperation

National

2008 Global GAP Requirement and Interpretation (Thailand)
(25-26th February, 2008)
- Postharvest Technology Institute, Chiangmai University

ISO/IEC 17025 :2005 (Thailand)
(10-11th March, 2008)
- Mae Fah Luang University and Thailand Institute of Scientific and Technological Research

Techniques in Scientific Manuscript Preparation for International Publication in Postharvest Technology (Thailand)
(18-22th August, 2008)
- Postharvest Technology Institute, Chiangmai University

2009 GMP and HACCP (Thailand)
(4-6th July, 2009)
- Mae Fah Luang University and National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards

ผู้ร่วมวิจัย

Name	**Mr. Theerapong Theppakorn**
Address	School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University 333 Moo. 1, Tasud, Muang, Chiang Rai, Thailand 57100
Telephone	Office : 053-916750 (+66 53 91 6750) Mobile : 081- 5954272 (+66 81 595 4272)
E-mail	theerapong@mfu.ac.th ; peawic@hotmail.com

PERSONAL DATA

Date of birth	23 March 1977
Place of birth	Chainat, Thailand
Weight/height	63 kilograms/172 centimeters
Nationality	Thai
Marital status	Single

EDUCATIONAL BACKGROUND

1999-2003	Doctor of Philosophy in Biotechnology Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. Thesis title • Production, Stability and Behavior in Non-Conventional Media of Cysteine Proteases From Papaya (*Carica papaya* L.) Latex
1995-1998	Bachelor of Science in Industrial Chemistry (1st Class Honors) Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.

ACHIEVEMENT, AWARDS AND FELLOWSHIPS

1999	Top score award of Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University, awarded by Prof. Tab's Foundation, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
1999	Ph.D. student scholarship from the Royal Golden Jubilee (RGJ) Project, supported by Thailand Research Fund

WORKING EXPERIENCE

2007-present	*Lecturer* Food Technology Program, School of Agro-Industry,

	Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand
2005-2006	*Head of Chemistry Laboratory* The Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd. Chiang Mai Branch, Chiang Mai, Thailand
2004	*Lecturer* Food Technology Program, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand
2002	*Visiting Scientist* Department of Pure and Applied Science, University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, UK
2000-2001	*Teaching Assistant (Biochemistry)* Department of Chemistry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

TEACHING EXPERIENCE

Undergraduate

No.	Course name	Content
1	Food Analysis	Sampling, sample preparation, Data evaluation, Classical methods, Instrumental methods
2	Food Chemistry	Browning reactions, Pigments, Vitamins, Minerals, Flavors
3	Beverage Technology	Water treatment, Bottled water, Beverage composition, Fruit juices, Concentrated fruit juices, Carbonated and Non-carbonated beverage
4	Process Engineering	Unit and dimension, Thermodynamic, Mass balance, Energy balance
5	Quality characteristic of agricultural materials	Ash, Minerals, Vitamins, Pigments, Acidity, Toxin contamination

Graduate

No.	Course name	Content
1	Advanced Enzymes in Food Technology	Activity, Enzyme immobilization, Plant enzymes, Enzyme application in foods

SKILL AND SPECIALIST

- Complete knowledge of Chemistry, Food Chemistry, Analytical Chemistry, Biochemistry and Enzymology
- Experience in the instrumental laboratory such as HPLC (FLD, DAD, RI detector), LC-MS, GC (FID, ECD, NPD detector), GC-MS, Spectrophotometer, Auto titration, Karl Fisher, AAS (flame, graphite furnace)

- Methods of analysis such as proximate analysis, nutrition, food additive/preservative, mineral, heavy metal, mycotoxins, bioactive compiounds and residue analysis (antibiotic and pesticide).
- Skills in method validation, uncertainty measurement, ISO/IEC 17025, laboratory quality control and laboratory management.
- Research and development of methods/techniques for chemical and biochemical analysis

RESEARCH INTERESTS

- Antioxidant compounds and application in foods
- Chemical analysis of bioactive compounds from plants
- Tea

CURRENT RESEARCH PROJECT

1. **Technology Transfer project :** Production Development of Nam-Miang Powder (2010)
   Head of project, Granted by National Research Council of Thailand (NRCT)

COMPLETE RESEARCH PROJECT

1. **Comparison of Yields and Properties of Cysteine Proteases Separated from Peel and Latex of Papaya** (2004)
   Head of project, Granted by Thailand's National Science and Technology Development Agency (NSTDA)
2. **Rapid analysis of gallic acid, caffeine and catechins in tea** (2004-2006)
   Head of project, Granted by Mae Fah Luang University (MFU)
3. **Collection and specification on tea variety grown in the northern Thailand** (2006-2008) Collaborator, Granted by Thailand's National Science and Technology Development Agency (NSTDA)
4. **Effect of modified atmosphere packaging on quality of pummelo cv. "Tong Dee" during low temperature storage for export** (5005020034, 2006-2007)
   Collaborator, Granted by Mae Fah Luang University (MFU)
5. **A study on the current status of tea in Thailand** (PDG5020004 , 2007-2008)
   Collaborator, Granted by Thailand Research Fund (TRF)
6. **Test kit for total polyphenol in tea** (RDG5020068, 2008-2009)
   Head of project, Granted by Thailand Research Fund (TRF)
7. **A Study on Changes of Kind and Quantity of Antioxidants (Polyphenols) during Green and Oolong Tea Processing in Chiang Rai** (5005020018, 2007-2009)
   Head of project, Granted by Mae Fah Luang University (MFU)
8. **Product development of Nam-miang powder** (I351D03026, 2008-2009)
   Head of project, Granted by Industrial Projects for Undergraduate Students (IRPUS) from Thailand Research Fund (TRF)
9. **Product development of miang extracts and evaluation of antioxidant capacity** (I351D03027, 2008-2009)

Head of project, Granted by Industrial Projects for Undergraduate Students (IRPUS) from Thailand Research Fund (TRF)

10. **Composition and product development for safety level of sugar palm seed (*Arenga westerhoutii* Griff)** (2008-2009)
    Collaborator, Granted by National Research Council of Thailand (NRCT)
11. **Evaluation of bioactive compounds in groups of flavonoids and anthocyanins of pummel cv. "Tong Dee", "Kao Nam Phung", "Kao Tang Gwa", "Kao Yai" and "Tub Tim Siam" cultivated in Thailand** (RDG5120073, 2008-2009)
    Collaborator, Granted by Thailand Research Fund (TRF)
12. **Bioactive Compounds in Commercial Cultivated Cultivar of Pineapple in Thailand** (RDG5120085 , 2008-2009)
    Collaborator, Granted by Thailand Research Fund (TRF)
13. **Evaluation of the feasibility of using by-product from nam-miang processing in Chiang Rai** (UNRN-P/51, 2008-2009)
    Collaborator, Granted by Upper Northern Research Network Administration (UNRN)
14. **Development of total polyphenol test kit in teas for commercialization** (5310501004, 2009-2010)
    Head of project, Granted by Mae Fah Luang University (MFU)

PUBLICATIONS, PRESENTATION AND ABSTRACTS

Peer reviewed publications

1. RICHA KUSUMAWATI, **THEERAPONG THEPPAKORN**, SOOTTAWAT BENJAKUL, AND SAROAT RAWDKUEN (2010) Trypsin Inhibitor from 3 Legume Seeds: Fractionation and Proteolytic Inhibition Study, Journal of Food science, 75(3), 223-228.
2. A. Kongsuwan, P. Suthiluk, **T. Theppakorn**, V. Srilaong2 and S. Setha (2009) Bioactive compounds and antioxidant capacities of *phulae* and *nanglae* pineapple, *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, Special Issue, S44-S50.
3. Richa Kusuma Wati, **Theerapong Theppakorn**, and Saroat Rawdkuen (2009) Extraction of trypsin inhibitor from three legume seeds of the Royal Project Foundation, Asian Journal of Food and Agro-Industry 2(03), 245-254.
4. Wati, R. K., **Theppakorn, T.**, Benjakul, S. and Rawdkuen, S. (2009). "Three-phase partitioning of trypsin inhibitor from legume seeds." Process Biochemistry **44** (12): 1307-1314.
5. S. Ketnawa, S. Sai-Ut, **T. Theppakorn**, P. Chaiwut and Saroat Rawdkuen (2009) Partitioning of bromelain from pineapple peel (*Nang Lae* cultv.) by aqueous two phase system, *Asian Journal of Food and Agro-Industry* 2(04), 457-468
6. Chaiwong, S. and **Theppakorn, T.** (2008) Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pummelo cv. 'Thong Dee' during Storage, Agricultural Science Journal 39 : 3 (Suppl.) : 287-290.

Conference presentation

1. **Theppakorn, T** (2010) Development of test kit for total polyphnols in teas, International conference on Agriculture and Agro-Industry: Food, Health and Trade, November 2010, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. (poster)
2. **Theppakorn, T** and Rattanasopha, N. (2009) Product development of Nam-miang powder at household level, 1st National Conference on Industrial and Research Projects for Undergraduate Students IRPUSCON-01, March 27-29, Siam Paragon, Bangkok, Thailand. (oral)
3. **Theppakorn, T.** and Yamee, K. (2008) Chemical Qualities of Green Teas Produced in Chiang Rai, Thailand, International Conference on Tea production and Tea Products, November 26-28, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand. (poster)
4. **Theppakorn, T.,** Arna, J. and Kantasorn, R. (2008) Effect of Microwave Heating on Catechins and Antioxidant Activity of Green Tea, Food Innovation Asia 2008 , The 10th Agro-Industrial Conference. 12-13 June, BITEC Bangkok, Thailand. (poster)
5. **Theppakorn, T.** (2007) Rapid and Simple Systems for Simultaneous Analysis of Gallic acid, Caffeine, and 5 Catechins in Green Tea using HPLC, The 9th Agro-Industrial Conference, 14-15 June, BITEC Bangkok, Thailand. (poster).

Proceedings

1. Richa kusuma Wati, **Theerapong Theppakorn** and Saroat Rawdkuen (2009) Extraction of trypsin inhibitor from tree legume seeds from the royal project foundation, การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2 เมษายน 23-24 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: 615-622.
2. Richa kusuma Wati, **Theerapong Theppakorn** and Saroat Rawdkuen (2009) Trypsin inhibitor from three legume seeds: Fractionation and proteolytic inhibition study, การประชุมวิชาการของเครือข่ายการวิจัยสถาบันอุดมศึกษา ปี 2552 โรงแรมทวินโลตัส อ.เมือง จ. นครศรีธรรมราช : 154-162.
3. **Theppakorn, T.** and Yamee, K. (2008) Chemical Qualities of Green Teas Produced in Chiang Rai, Thailand, Proceedings of the International Conference on Tea production and Tea Products, November 26-28, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand: 151-158.
4. **Theppakorn, T.,** Arna, J. and Kantasorn, R. (2008) Effect of Microwave Heating on Catechins and Antioxidant Activity of Green Tea, Proceedings of Food Innovation Asia 2008 , The 10th Agro-Industrial Conference, June12-13, BITEC Bangkok, Thailand.

PATENT AND PETTY PATENT (INVENTOR)

1. ธีรพงษ์ เทพกรณ์ (2544) อุปกรณ์เก็บรวบน้ำยางมะละกอ อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 512 ออกให้ ณ วันที่ 7 ธันวาคม 2544
2. ธีรพงษ์ เทพกรณ์ (2546) ผงเนื้อนุ่ม อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 1111 ออกให้ ณ วันที่ 26 สิงหาคม 2546
3. ธีรพงษ์ เทพกรณ์ มานพ ปาลิวนิช และ ภาวิณี คณาสวัสดิ์ (2546) วิธีการทำแห้งน้ำยางมะละกอด้วยกระแสลมร้อนในแนวราบเพื่อการผลิตปาเปน สิทธิบัตรไทย เลขที่ 15664 ออกให้ ณ วันที่ 15 ตุลาคม 2546