

ผลของ 2-chloroethanlphosphonic acid (เอทธิฟอน) และแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อการสุก
ของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

Effect of 2-Chloroethanlphosphonic Acid (Ethephon) and Calcium Carbide
on Ripening of Mangosteen Fruit after Harvest

พัชร ปิริยะวินิต^{1/}

สายชล เกตุษา^{1/}

Phatchara Piriyaivinit^{1/}

Saichol Ketsa^{1/}

ABSTRACT

Mangosteen fruits can be harvested at various stages of maturity from stage 1 (green with trace of red) to stage 6 (dark purple) resulting in non-uniform and low eating quality of the fruit. The objective of the study was to stimulate ripening and improve quality of mangosteen fruits. Ethephon, 2-chloroethanlphosphonic acid and calcium carbide were used to stimulate ripening of mangosteen fruit at the Laboratory of the Faculty of Agriculture, Kamphaeng San Campus in 2006. Fruits at stage 1 were dipped with Ethephon at concentrations of 0, 250 and 500 ppm and treated with calcium carbide at concentrations of 0, 5 and 10 g/1 kg fruit at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature (29 ± 1 °C, 80-90% RH). It was found that changes in peel colour, firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), SSC:TA ratio, respiration rate and ethylene production were not significantly different among fruits with and without Ethephon or calcium carbide treatments.

Key words : mangosteen, 2-chloroethanlphosphonic acid, Ethephon, calcium carbide, ripening

บทคัดย่อ

ผลมังคุดสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่วัยสายเลือดจนถึงระยะผลสีม่วงดำ มีผลให้ได้ผลมังคุดมีคุณภาพของผลผลิตไม่สม่ำเสมอ การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อเร่งกระบวนการสุกของผลมังคุดให้มี

^{1/} ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กทม. 10900

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

ความสม่ำเสมอ โดยจุ่มผลมังคุดด้วยสายเลือดใน ปีพ.ศ. 2549 ด้วยสารละลายเอทิลพอนความเข้มข้น 250 และ 500 ppm และบ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ปริมาณ 5 และ 10 ก./ผลมังคุด 1 กก. ที่อุณหภูมิห้อง (29 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 %) นาน 24 ชม. แล้วนำผลมังคุดมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผล ความแน่นเนื้อของเปลือกผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ และอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ อัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างผลมังคุดที่บ่มและไม่บ่มด้วยเอทิลพอนและแคลเซียมคาร์ไบด์ แสดงว่าเอทิลีนและอะเซทิลีนไม่มีผลเร่งกระบวนการสุกของผลมังคุด

คำหลัก: มังคุด เอทิลพอน แคลเซียมคาร์ไบด์ การสุก

คำนำ

มังคุดเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี ผู้บริโภคทั่วไปนิยมรับประทาน และนิยมปลูกเป็นการค้ามากขึ้นเนื่องจากตลาดมีความต้องการสูงและมีตลาดรับซื้ออย่างไม่จำกัดทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ โดยมีการส่งออกทั้งในรูปแบบผลสดและแช่แข็ง และมีแนวโน้มของการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี (สมเกียรติ, 2543) ผลมังคุดมี

กระบวนการสุก การเปลี่ยนแปลงของสีผิวและคุณภาพภายในอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง ในทางปฏิบัติจะเก็บเกี่ยวผลมังคุดตั้งแต่วัยสายเลือด (ระยะสีที่ 1) จนถึงวัยที่ผลมีสีม่วงดำ (ระยะสีที่ 6) ทำให้ผลมังคุดที่ได้มีความสุกที่แตกต่างกัน การเก็บเกี่ยวผลมังคุดที่ยังไม่บริบูรณ์ และสีผลที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้คุณภาพของผลมังคุดส่งออกลดลง ดังนั้นจะต้องมีการเลือกเก็บเกี่ยวหรือคัดแยกผลที่อ่อนและแก่ออกจากกันตามการพัฒนาของสีผล ซึ่งอาจแยกได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ผลยังมีสีเขียว กลุ่มที่ผลมีสีแดงอ่อนจนถึงน้ำตาลแดง และกลุ่มที่ผลมีสีม่วงแดงจนถึงม่วงดำ ซึ่งสองพวกแรกนั้นเหมาะสำหรับส่งตลาดที่อยู่ไกล ส่วนกลุ่มสุดท้ายเหมาะสมสำหรับตลาดท้องถิ่นหรือตลาดที่อยู่ไม่ไกลนัก (กวิศร์, 2536) ดังนั้นการบ่มผลไม้เพื่อทำให้ผลไม้มีการสุกสม่ำเสมอ น่าจะช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตให้ดีขึ้น มีการใช้สารหลายประเภทที่สามารถกระตุ้นการสุกของผลไม้ (สายชล, 2549; Mahayothee *et al.*, 2004) เช่น เอทิลพอนมีชื่อสามัญว่า 2 chloroethanlphosphonic acid สามารถสลายตัวปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนได้ในสภาวะที่เป็นต่าง (Lahav and Gottreich, 1984) และแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นสารอนินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นผลึกสีเทาดำเมื่อได้รับความชื้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำให้ก๊าซอะเซทิลีน (acetylene) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายก๊าซเอทิลีน (Gesser, 1987) เป็นที่ทราบกันดีว่าเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสุกซึ่งจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระเกิดขึ้นตามมาอีกมาก (Wills and Ku, 2002) โดยพบว่าเมื่อบ่มด้วย

เอทิฟอนหรือแคลเซียมคาร์ไบด์มีผลต่อการกระตุ้นกระบวนการสุก ในการเปลี่ยนแปลงสี ลดความฝาดจากการเพิ่มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ลดความแน่นเนื้อของผล ทำให้ผลสุกสม่ำเสมอและมีคุณภาพดีในผลไม้หลายชนิด เช่น กล้วย (สุจริต, 2548; สุพจน์, 2538; สุภาพรรณ, 2538;), มะม่วง (กาญจนา, 2537; เรณู, 2527; อัญชลี, 2531; Mahayothee *et al.*, 2004; Shah *et al.*, 2002; Singh and Janes, 2001) ลองกอง (นพรัตน์, 2528) และแอปเปิ้ล (Jones, 1979; Larrigaudiere *et al.*, 1996, Li *et al.*, 2002) ซึ่งการใช้เอทิฟอนสามารถใช้ได้ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว (Lahav and Gottreich, 1984) ในผลมังคุดมีการใช้เอทิฟอนความเข้มข้น 200-400 ppm สำหรับฉีดพ่นไปบนต้นของมังคุดที่มีผลมังคุดอยู่ในวัยสายเลือดช่วยการชักนำให้ผลมังคุดเปลี่ยนสีได้เร็วขึ้น (อัมพิกาและคณะ, 2540) การทดลองในครั้งนี้จึงศึกษาผลของสารละลายเอทิฟอน และแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อการเร่งกระบวนการสุกของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลมังคุดที่ใช้ในการทดลองได้จากการเก็บเกี่ยวจากต้นมังคุดที่มีอายุประมาณ 30 ปี ที่สวนในท้องที่ อ. มะขาม จ. จันทบุรี ในช่วงปี พ.ศ. 2549 ทำการเก็บเกี่ยวและคัดเลือกผลมังคุดวัยสายเลือดที่มีความสม่ำเสมอทั้งขนาดและคุณภาพ แล้วขนส่งทันทีโดยรถยนต์ปรับอากาศ อุณหภูมิ 15°C. มายังห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนใช้เวลา

ประมาณ 5 ชม. เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการแล้วนำมาคัดเลือกผลมังคุดวัยสายเลือดที่ไม่มีตำหนิอีกครั้งหนึ่ง ก่อนเข้ากรรมวิธีทำการวิเคราะห์คุณภาพโดยบันทึกผลการเปลี่ยนสีของเปลือกผลด้วยเครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR-400 ในระบบ CIE รายงานผลเป็นค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* (สีเขียว-สีแดง) และ b^* (สีเหลือง-สีน้ำเงิน) ก่อนแล้วทำการวัดความแน่นเนื้อของเปลือกด้วยเครื่อง firmness tester ของ Effegi ที่รับแรงกด 10 กก. โดยใช้แท่งกดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 และ 0.5 ซม. ผลละ 2 ครั้งด้านตรงข้ามกัน คำนวณค่าที่ได้เป็นนิวตัน (Newtons) หลังจากปอกเปลือกผลมังคุดนำน้ำคั้นจากเนื้อมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solids content: SSC) ด้วยเครื่อง hand refractometer ของ Atago รุ่น ATC-1 และปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) โดยนำน้ำคั้นจากเนื้อของผลมังคุดมาไทเทรตกับ 0.1 N NaOH แล้วจัดหน่วยทดลองเป็น 3 ชั่วโมงการทดลอง (treatment) และมีหน่วยการทดลอง 18 หน่วย ๆ การทดลองละ 40 ผล (1) จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) (2) จุ่มในสารละลายเอทิฟอน 250 ppm (3) จุ่มในสารละลายเอทิฟอน 500 ppm (4) ไม่รมด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ (control) (5) รมด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ 5 ก./ผลมังคุด 1 กก. และ (6) รมด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ 10 ก./ผลมังคุด 1 กก.

ต่อมาแยกผลมังคุดออกเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 9 หน่วยทดลอง นำไปจุ่มในสารละลายเอทิฟอน ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น) 250 และ 500 ppm

กรรมวิธีละ 3 หน่วย โดยจุ่มผลมังคุดลงในสารละลายทั้งผลยกวันบริเวณขั้วของผลและกลีบเลี้ยงแล้วผึ่งจนแห้งแล้วปิดผลมังคุดที่บรรจุในตะกร้าด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ อีก 9 หน่วยทดลองบ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์อัตรา 0, 5 และ 10 ก./ผลมังคุด 1 กก. กรรมวิธีละ 3 หน่วย ซึ่งแคลเซียมคาร์ไบด์ใส่ห่อกระดาษหนังสือพิมพ์ห่อละ 1-2 ก. แล้ววางไว้ในกองของผลมังคุดพร้อมปิดกองของผลมังคุดที่บรรจุในตะกร้าขนาด 35x48x16 ซม. โดยวางผลมังคุดประมาณ 3 ชั้นบ่มเป็นเวลา 1 วัน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 % แล้วนำออกมาทำการวิเคราะห์คุณภาพครั้งละ 4 ผลทุกวันจนกระทั่งสีผลดำ (ระยะที่ 6) จึงหยุด โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD บันทึกผลการเปลี่ยนสีของเปลือกผล ก่อนแล้วทำการวัดความแน่นเนื้อของเปลือก หลังจากปอกเปลือกผลมังคุดนำน้ำคั้นจากเนื้อมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (SSC) และปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TA) เช่นเดียวกับก่อนเข้ากรรมวิธี แล้ววิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) จากการทดลอง ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ส่วนวัดการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจจากการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ใช้ flow board ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการควบคุมการไหลของก๊าซและอากาศผ่านผลิตผลอย่างสม่ำเสมอใช้ผลมังคุดโดยจัดหน่วยทดลองออกเป็น 5 ซ้ำ 6 กรรมวิธีเช่นกัน ซึ่งมีหน่วยการทดลองทั้งหมด 30 หน่วย

ใส่ในโหลแก้วหน่วยทดลองละ 2 ผลแล้วเก็บก๊าซโดยใช้เข็มฉีดยาแทงผ่านสายยางที่ปิดสนิทแล้วดูดอากาศเข้าออกกระหว่างที่เข็มฉีดยาแทงผ่านสายยาง 10-15 ครั้งตรวจสอบก๊าซจากตัวอย่างของอากาศภายในโหลทดลองด้วยเครื่อง gas chromatograph ของ Shimadzu รุ่น GC-8A

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลมังคุดในทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีแดงอย่างรวดเร็วภายใน 1 วันหลังจากได้รับการบ่ม แสดงจากค่าความสว่าง (L^*), ค่าของสีเหลือง (b^*) ที่ลดลงตลอด และค่า a^* เพิ่มขึ้นจนสูงสุดในวันที่ 1 แล้วกลับลดลง หลังจากนั้น แสดงว่าสีเปลือกผลมังคุดเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีม่วงแดงและดำในที่สุด (Tables 1, 2 and 3) ส่วนความแน่นเนื้อของผลลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการบ่มเป็นเวลา 24 ชม. (วันที่ 1 หรือวันก่อนทำการบ่มถึงวันที่ 0) แล้วมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหลังการบ่มและไม่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง ทั้งนี้ความแน่นเนื้อของผลมังคุดในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (Table 4) การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกผลมังคุดอย่างรวดเร็วพร้อมกับการลดลงอย่างรวดเร็วของความแน่นเนื้อของผลมังคุดซึ่งอาจเป็นช่วงเดียวกับช่วง 14-15 สัปดาห์หลังจากดอกบานซึ่งเป็นสัปดาห์ที่พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยวมารับประทาน (ศิริวรรณ, 2543) ซึ่งระยะที่เปลือกผลเริ่มมีการอ่อนตัวแล้วจะทำให้มีอาการแข็งตัวของเปลือกผลเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อถูกกระทบกระเทือน ซึ่งระยะของผลมังคุดที่ถูก

Table 1. Peel colour (L* values) of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		Peel colour (L value)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	57.33	42.68	34.72	27.11	26.28	25.43	25.29	24.84	24.01
	250	57.33	44.10	32.24	27.89	26.79	25.37	24.08	25.50	24.03
	500	57.33	43.58	31.75	27.72	25.65	25.64	24.95	24.91	24.38
Calcium carbide (g/kg)	0	57.33	41.59	35.31	28.29	25.84	24.94	24.83	24.67	25.71
	5	57.33	38.45	30.64	27.26	26.75	26.12	25.26	24.50	25.95
	10	57.33	38.94	32.21	28.05	25.64	25.88	25.98	25.83	25.07
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		8.69	9.22	7.83	3.07	2.75	3.82	3.70	4.69	4.65

NS = non significant

Table 2. Peel colour (a* values) of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		Peel colour (a* value)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	-1.38	18.67	24.66	17.59	11.84	8.88	7.37	5.26	4.27
	250	-1.38	20.29	21.15	16.49	12.74	8.36	7.01	5.60	4.93
	500	-1.38	18.19	20.88	17.42	13.31	10.94	6.20	5.54	4.67
Calcium carbide (g/kg)	0	-1.38	18.79	21.96	16.43	13.75	10.04	7.50	6.32	4.17
	5	-1.38	20.90	29.89	16.69	12.16	8.65	7.26	6.52	4.76
	10	-1.38	21.63	23.35	17.54	10.99	7.82	6.92	5.45	4.62
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		-309.04	11.20	9.24	18.43	24.14	12.74	13.00	19.04	13.15

NS = non significant

กระทบกระเทือนส่งผลต่อการแข็งตัวของเปลือกที่แตกต่างกันโดยระยะที่ผลมีสีม่วงดำ (ระยะที่ 6) จะเกิดแข็งตัวได้เร็วกว่าผลสีแดง (ระยะที่ 4) แสดงให้เห็นว่าการเก็บเกี่ยวผลมังคุดในระยะสายเลือด

ช่วยลดความเสียหายจากถูกกระทบกระเทือนได้ (Busiri *et al.*, 2003) การเปลี่ยนแปลงของสีและความแน่นเนื้อของเปลือกผลนั้นจะเกิดขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการทำลายและ

การผลิตเอทิลีนที่มีค่าสูงสุดในช่วง 1 วันแรก หลังได้รับการรมวิธี โดยเมื่อป่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ผลมั่งคุดมีอัตราการหายใจสูงสุดและการผลิตเอทิลีนเกิดขึ้นเร็วกว่าผลมั่งคุดที่ไม่ได้ป่ม (ชุดควบคุม) เล็กน้อย แล้วกลับลดลงจนกระทั่งต่ำสุดในวันที่ 5 และเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งในช่วงที่สีของเปลือกผลมั่งคุดเริ่มมีค่าความสว่างคงที่ ส่วนผลมั่งคุดที่ป่มด้วยเอทิลีนมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม นอกจากนี้อัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดในผลมั่งคุดชุดควบคุมที่จุ่มในน้ำกลั่นเกิดขึ้นเร็วกว่าผลมั่งคุดชุดควบคุมที่ไม่ได้จุ่มในน้ำกลั่นเล็กน้อย (Figure 1) แม้ว่าอัตราการหายใจสูงสุดมีค่าที่ไม่สูงอย่างเห็นได้ชัดเหมือนกับผลไม้ประเภท climacteric ทั่วไปลักษณะคล้ายกับในผลอะโวคาโดพันธุ์ 'Hass' (Herskovitz *et al.*, 2005) แต่ไม่พบการหายใจช่วง pre-climacteric เพราะอัตราการหายใจสูงสุดของผลมั่งคุดในระยะสายเลียดนี้เกิดได้เร็ว (สมโภชน์, 2534) และยังพบว่าผลมั่งคุดในชุดควบคุมที่จุ่มน้ำกลั่นจะมีการสังเคราะห์เอทิลีนเร็วกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้จุ่มในน้ำกลั่นเล็กน้อย ซึ่งโดยปกติแล้วเกษตรกรจะมีการให้น้ำกับผลมั่งคุดหลังการเก็บเกี่ยวโดยการพรมหรือฉีดพ่น เพื่อกระตุ้นอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีน (สมโภชน์, 2534) เช่นเดียวกับในต้นมั่งคุดภายหลังที่ฝนตกมั่งคุดจะมีการเปลี่ยนแปลงสีเร็วขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าสภาพที่ขาดน้ำแล้วได้รับน้ำในปริมาณมาก ทำให้พืชอยู่ในสภาวะเครียดจะไปกระตุ้นการสร้างเอทิลีน แล้วเอทิลีนไปมีผลต่อการสร้างแอนโทไซยานินมีผล

ให้มีการเปลี่ยนสีเร็วขึ้น (ศิริวรรณ, 2543; Yang and Hoffman, 1984; Yang, 1985) และการเกิดการสังเคราะห์เอทิลีนเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งในช่วงก่อนที่สีของเปลือกผลมั่งคุดเริ่มมีค่าความสว่างคงที่ อาจคล้ายกับลักษณะของการสังเคราะห์เอทิลีนในผลกล้วย ที่มีการสังเคราะห์เอทิลีนสูงในสองช่วงคือ ช่วงที่ผลมีการเปลี่ยนแปลงของสี และช่วงที่มีการหลุดร่วงของผล (Paull, 1996) ในมั่งคุดอาจเกิดจากช่วงที่ผลมีการเปลี่ยนแปลงสีในช่วงแรก และจากการเหี่ยวหรือการหลุดร่วงของกลีบเลี้ยงในช่วงหลัง

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (SSC) ของผลมั่งคุดทุกกรรมวิธีค่อนข้างคงที่ประมาณ 16-18 % เมื่อเก็บรักษานานขึ้น และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการป่มเป็นเวลา 24 ชม. (วันที่ -1 ถึงวันที่ 0) หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา โดยค่าปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ของมั่งคุดในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (SSC:TA) สูงขึ้นมากในช่วงระหว่างการป่มเป็นเวลานาน 24 ชม. (วันที่ -1 ถึงวันที่ 0) หลังจากนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา โดยทุกกรรมวิธีมีค่า SSC:TA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Tables 5, 6 and 7) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ค่อนข้างคงที่ ขณะที่ปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ (TA) มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการป่มซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง

Table 3. Peel colour (b* values) of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hour and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		Peel colour (b* value)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	33.41	15.93	11.14	5.68	2.99	1.82	1.21	0.52	0.56
	250	33.41	17.07	9.54	5.30	3.19	1.88	1.11	0.59	0.57
	500	33.41	17.18	9.33	5.71	3.40	2.37	0.94	0.74	0.74
Calcium carbide (g/kg)	0	33.41	14.99	12.08	5.63	3.80	2.10	1.17	0.84	0.39
	5	33.41	13.14	8.01	5.28	3.40	1.72	1.26	0.83	0.37
	10	33.41	13.66	9.89	6.09	2.62	1.59	1.16	0.64	0.53
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		14.97	15.19	17.06	25.72	36.74	11.58	18.21	34.27	38.61

NS = non significant

Table 4. Flesh firmness of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		Peel colour (firmness value)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	582.96	141.10	76.22	55.01	52.16	50.60	42.53	37.19	34.98
	250	582.96	149.44	81.73	57.37	49.67	44.65	45.17	42.23	39.90
	500	582.96	145.10	76.56	57.04	51.45	47.87	41.86	38.15	35.83
Calcium carbide (g/kg)	0	582.96	144.32	92.77	60.54	54.38	43.67	45.35	44.44	39.63
	5	582.96	119.39	73.72	56.87	55.58	35.06	41.87	37.34	35.77
	10	582.96	116.58	76.56	58.81	48.87	37.91	40.93	40.66	32.09
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		2x10 ⁻⁶	14.10	15.15	8.59	13.48	13.05	12.09	12.90	12.70

NS = non significant

ของกวิศร์ (2522) ที่รายงานว่ามีปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ลดลงเมื่อผลมังคุดสุกเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ มีค่าเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงรสชาติของ

มังคุดเมื่อสุกเกิดจากการลดลงของปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้ ดังนั้นการวัดอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้จะมีความสัมพันธ์กับวัยและคุณภาพการรับประทานของ

มังคุดมากกว่าการวัดเพียงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำหรือปริมาณกรดที่สามารถไทเทรตได้อย่างเดียว (จริงแท้, 2546)

ผลไม้ประเภท climacteric ที่ยังไม่มีความบริบูรณ์ มีความต้านทานมากต่อผลของเอทิลีน ทำให้ไม่ไวต่อเอทิลีนเมื่อผลยังไม่บริบูรณ์ (จริงแท้, 2546) ซึ่งผลมังคุดที่ยังไม่บริบูรณ์จะไม่มี การเปลี่ยนแปลงของสีจากสีเขียวเป็นสีแดงของเปลือกผลทำให้เกษตรกรสามารถคัดแยกผลมังคุดที่อ่อนเกินไปหลังปล่อยมังคุดทิ้งไว้ได้ สอดคล้องกับรายงานของสายชล (2549) ซึ่งกล่าวถึงปัจจัยในการบ่มผลไม้ว่าต้องเลือกผลไม้ที่มีความบริบูรณ์เต็มที่แล้วก่อน แม้การเก็บผลมังคุดที่บริบูรณ์ไม่เต็มที่จะสามารถสุกได้แต่คุณภาพการรับประทานจะไม่ดี (สมโภชน์, 2535) แต่ถ้าผลมีความบริบูรณ์ความต้านทานต่อเอทิลีนลดลงทำให้ไวต่อการตอบสนองต่อเอทิลีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลไม้ประเภท climacteric มีการสังเคราะห์เอทิลีนเป็นสองระบบ ในระบบ System I เป็นการสังเคราะห์เอทิลีนในปริมาณน้อยและพบในผลไม้ทั้งประเภท climacteric และ non-climacteric ส่วนระบบ System II เป็นการสังเคราะห์เอทิลีนในปริมาณมากและพบเฉพาะในผลไม้ประเภท climacteric ซึ่งการผลิตเอทิลีนจะเกิดจากการกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีนจากเอทิลีนเพียงเล็กน้อยในระบบ System I เรียกว่า กระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนในระบบ System II นี้ว่า autocatalysis (McMurchie *et al.*, 1972; Liberman, 1979) เอทิลีนเพียงเล็กน้อยที่ผลมังคุดผลิตขึ้นเองก็อาจเพียงพอสำหรับกระตุ้น

การสุกและการเปลี่ยนแปลงสีของผลได้ ทำให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และการสังเคราะห์สารสีอื่นๆ (Abeles, 1973) หรือการสลายตัวของคลอโรฟิลล์มีอิทธิพลจากการสังเคราะห์เอทิลีนภายในเนื้อผลโดยกระตุ้นให้เอนไซม์ chlorophyllase มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้น chlorophyllase เป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง (Dominguez and Vendrell, 1993; Trebitsh *et al.*, 1993) ทำให้เอทิลีนจากภายนอกไม่ช่วยกระตุ้นการสุกของผลมังคุดให้เร็วกว่านี้ แสดงให้เห็นว่าผลไม้เมื่อเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุกแล้ว การเพิ่มเอทิลีนเข้าไปในช่วงนี้จะไม่มีผลเร่งการสุกให้เร็วได้อีก และในทำนองเดียวกันก็ไม่อาจยับยั้งการสุกนั้นได้ (นพดล, 2537; Gazit and Blumenfeld, 1970)

การเร่งการสุกด้วยเอทิลอนนั้นอาจช่วยกระตุ้นกระบวนการสุกในผลไม้หลายชนิดและในการฉีดพ่นไปบนต้นของมังคุดที่มีผลมังคุดอยู่ในระยะสายเลือดชักนำให้ผลมังคุดเปลี่ยนสี (อัมพิกาและคณะ, 2540) แต่ไม่มีผลกระตุ้นเมื่อบ่มผลมังคุดหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้ว อาจเป็นไปได้ว่าผลมังคุดที่ได้รับเอทิลีนตั้งแต่ยังอยู่บนต้นตอบสนองต่อการบ่มได้ดีกว่าเมื่อเก็บผลมังคุดมาแล้ว ส่วนแคลเซียมคาร์ไบไบต์มีการใช้กับผลมังคุดที่ยังเขียวและที่เริ่มเป็นสายเลือดพบว่าผลมังคุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงภายใน 1-2 วัน แต่คุณภาพผลไม่ดี (สนทรศรินทร์, 2536) ขณะที่การทดลองพบว่า ผลมังคุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงอย่างรวดเร็วเช่นกัน แต่คุณภาพไม่แตกต่างกับชุดควบคุม

Table 5. Soluble solids content (SSC) of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		SSC (%)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	16.65	16.53	16.97	17.03	17.31	16.87	16.50	16.58	17.10
	250	16.65	16.72	16.47	16.97	16.57	16.15	17.23	16.63	16.70
	500	16.65	16.95	17.47	16.87	16.50	16.00	16.47	16.80	16.63
Calcium carbide (g/kg)	0	0.95	0.67	0.71	0.77	0.81	0.73	0.72	0.66	0.70
	5	0.95	0.64	0.72	0.65	0.76	0.73	0.69	0.65	0.71
	10	0.95	0.63	0.70	0.72	0.65	0.69	0.66	0.65	0.67
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		2.60	10.08	3.86	3.51	6.23	5.45	3.01	3.95	3.17

NS = non significant

Table 6. Titratable acidity (TA) of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		TA (%)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	0.95	0.66	0.72	0.78	0.76	0.69	0.70	0.69	0.69
	250	0.95	0.66	0.75	0.81	0.87	0.77	0.76	0.70	0.77
	500	0.95	0.68	0.77	0.77	0.76	0.69	0.72	0.70	0.68
Calcium carbide (g/kg)	0	16.65	16.67	16.75	16.9	16.47	16.25	16.37	16.10	17.15
	5	16.65	17.05	17.03	17.13	17.70	16.43	16.08	16.08	16.65
	10	16.65	16.60	16.85	16.13	16.15	15.95	16.33	16.33	17.35
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		16.70	10.49	8.39	14.63	11.10	8.57	8.05	8.24	8.24

NS = non significant

สรุปผลการทดลอง

การจุ่มสารละลายผลมังคุดในว้ายสายเลือด ด้วยเอทิฟอนที่ความเข้มข้น 250 และ 500 ppm และบ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ 5 และ 10 กก./

มังคุด 1 กก. ที่อุณหภูมิห้อง $29 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90 % นาน 24 ชม. ไม่ช่วยเร่งกระบวนการสุกของผลเมื่อเปรียบเทียบกับผลมังคุดที่ไม่ได้จุ่มและบ่ม

Table 7. Soluble solids content: titratable acidity (SSC: TA) ratio of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon and calcium carbide at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6.

Treatment		SSC (%)								
		Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
Ethephon (ppm)	0	17.92	24.95	23.62	22.12	23.41	24.37	23.53	24.09	24.71
	250	17.92	25.37	22.07	21.15	19.22	21.16	22.79	24.06	21.67
	500	17.92	25.21	22.83	21.99	21.77	23.08	22.99	24.33	24.55
Calcium carbide (g/kg)	0	17.92	25.64	23.12	22.27	20.76	21.74	23.25	24.11	24.34
	5	17.92	26.58	23.78	25.27	23.31	22.61	23.57	24.72	23.36
	10	17.92	26.51	24.36	23.24	24.68	23.01	25.28	25.42	26.23
F-test		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)		21.29	5.70	10.47	15.17	13.61	8.54	6.25	7.55	9.59

NS = non significant

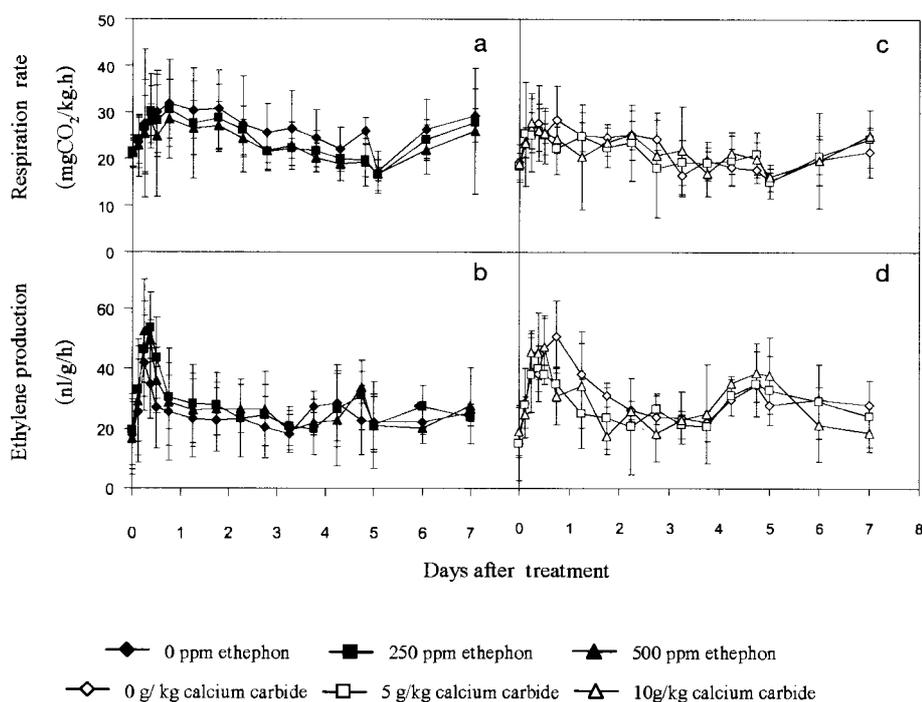


Figure 1. Respiration (a, c) and ethylene production (b, d) of mangosteen fruits treated with different concentrations of Ethephon (a, b) and calcium carbide (c, d) at room temperature for 24 hours and then stored at room temperature until stage 6. Vertical bars are SD of the mean of five replications, when absent, the SD bars fall within the dimensions of the symbol

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทุนวิจัยจากโครงการบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา เหลืองสุวาลัย. 2537. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีดัชนีการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการบ่มผลมะม่วง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 81 หน้า.
- กวีศรี วานิชกุล. 2522. 1. การเจริญเติบโตของผลมังคุด (*Garcinia mangostana* L.) 2. ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวของมังคุด (*Garcinia mangostana* L.). ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 26 หน้า.
- กวีศรี วานิชกุล. 2536. 35 คำถามกับการปลูกมังคุด เอกสารเผยแพร่ลำดับที่ 53 (เอกสารอิเล็กทรอนิกส์). ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 28 หน้า.
- จริงแท้ ศิริพานิช. 2546. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่พิมพ์ 5. กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- นพรัตน์ พันธุนิช. 2528. ผลของ ethephon ที่มีต่อการเปลี่ยนสีของผลลองกอง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 15 หน้า.
- นภดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. สำนักพิมพ์รั้วเขียว กรุงเทพฯ. 128 หน้า.
- เรณู ขำเลิศ. 2527. การเร่งและชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์อร่ามทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 73 หน้า.
- สนทรรคนัน นันทะไชย. 2536. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวทุเรียนและมังคุด. หน้า 42-53. ใน : เอกสารประกอบการฝึกอบรมเทคโนโลยีการผลิตและการเก็บเกี่ยว พืชสวนในภาคใต้ เพื่อการส่งออก. สุรกิตติ ศรีกุลมนตรี อิศรโกศล และเที่ยง ตู่แก้ว (บรรณาธิการ) ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี.
- สมเกียรติ เสริมภักดี. 2543. การปลูกมังคุด. พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 71 หน้า.
- สมโภชน์ น้อยจินดา. 2534. ผลของ GA3 ต่อผลมังคุด (*Garcinia mangostana* L.) ้วยสายเลือด. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 22 หน้า.
- สมโภชน์ น้อยจินดา. 2535. ผลของสภาพบรรยากาศตัดแปลงที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมังคุด (*Garcinia mangostana* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 74 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2549. การบ่มผลไม้ให้สุก. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 31(4): 1177-1186.

- สุจริต ส่วนไพโรจน์. 2548. *บทบาทของอนุหภูมิ และเอทิลฟอนต่อการสุกและการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกกล้วยหอมทอง และกล้วยหอมแกรนด์แนน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 136 หน้า.
- สุพจน์ ปิ่นพงษ์. 2538. *การบ่มกล้วยไข่ด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์และเอทิลีน*. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 39 หน้า.
- สุภาพรรณ ธรรมสุวรรณ. 2538. *ผลของแคลเซียมคาร์ไบด์และเอทิลีนในการบ่มผลกล้วยหอมพันธุ์แกรนด์แนน*. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 34 หน้า.
- ศิริวรรณ แดงจ๋า. 2543. *กลไกการเกิดเนื้อแก้วของผลมังคุด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 83 หน้า.
- อัญชลี เมืองเจริญ. 2531. *คุณสมบัติทางการภาพเคมีและการบ่มผลมะม่วงพันธุ์แก้วสีม่วง*. ปัญหาพิเศษปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 26 หน้า.
- อัมพิกา ปูนนจิต, เสริมสุข สลักเพชร และสุขวัฒน์ จันทรปรณิก. 2540. การเพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพ, หน้า 13-26. ใน: *เอกสารวิชาการเรื่องเทคโนโลยีการผลิตมังคุดให้มีคุณภาพ*. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ชุมชนุสมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ.
- Abels, S.D. 1973. *Ethylene in Plant Biology*. Economic Press, New York. 302 p.
- Bunsiri, A., S. Ketsa and R.E. Paull. 2003. Phenolic metabolism and lignin synthesis in damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. *Postharvest Biol. Technol.* 29: 61-71.
- Dominguez, M. and M. Vendrell. 1993. Ethylene biosynthesis in banana fruit: evolution of EFE activity and ACC level in peel and pulp during ripening. *J. Hortic. Sci.* 60: 63-70.
- Gazit, S. and A. Blumenfeld. 1970. Response of mature avocado fruits to ethylene treatment before and after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95(2): 229-231.
- Gessner, G.H. 1987. *The Condensed Chemical Dictionary*. V.N.R. Company (London) Lit. Educ. Pub. Inc., London. 149 p.
- Hershkovitz, V., S.I. Saguy and E. Pesis. 2005. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. *Postharvest Biol. Technol.* 37: 252-264.
- Jones, K. M. 1979. The use of ethephon in advancing red colour in the apple cultivar Tydemman Early. *Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb.* 19: 251-256.
- Lahav, E. and M. Gottreich. 1984. The effect of growth hormones on bananas : a review. *Plant Growth Reg.* 2 :15-30.

- Larrigaudiere, C., E. Pinto and M. Vendrell. 1996. Differential effect of ethephon and seniphos on colour development of 'Starking Delicious' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121: 746-750.
- Li, Z.H., H. Gemma and S. Iwahori. 2002. Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus-calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scient. Hortic.* 94 : 193-199.
- Lieberman, M. 1979. Biosynthesis and action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 30: 533-591.
- Mahayothee, B., W. Mühlbauer, S. Neidhart and R. Carle. 2004. Influence of postharvest ripening processes on appropriate maturity for drying mangoes 'Nam Dokmai' and 'Kaew'. *Acta Hortic.* 645: 241-248.
- McMurchie, E.J., W.B. McGlasson and I.L. Eaks. 1972. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature* 237: 235-236.
- Paull, R.E. 1996. Ethylene, storage and ripening temperatures affect Dwarf Brazilian banana finger drop. *Postharvest Biol. Technol.* 8: 65-74.
- Shah, H.R.A., G.A. Chatta, I.A. Hafiz, S. Ahmad and M. Khan. 2002. Nitrogen concentration at various growth stages of mango and effect of calcium carbide on fruit quality. *Asian J. Plant Sci.* 1(2): 164-166.
- Singh, Z. and J. Janes. 2001. Effect of postharvest application of ethephon on fruit ripening, quality and shelf life of mango under modified atmosphere packaging. *Acta Hortic.* 553(2): 599-602.
- Trebitsh, T., E.E. Goldschmidt and J. Riov. 1993. Ethylene induces de novo synthesis of chlorophyllase, a chlorophyll degrading enzyme, in citrus fruit peel. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 90: 9441-9445.
- Wills, R.B.H. and V.V.V. Ku. 2002. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 85-90.
- Yang, S.F. 1985. Biosynthesis and Action of Ethylene. *HortScience* 20(1): 41-45.
- Yang, S.F and N.E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plant. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 155-189.